

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра химии

О.И. Болдырева, О.П. Кушнарера, П.А. Пономарева

# **СБОРНИК ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ ПО ХИМИИ**

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» в качестве методических указаний для студентов, обучающихся по программам высшего образования по нехимическим направлениям подготовки

Оренбург  
2016

УДК 54(076.5)

ББК 24я7

Б 79

Рецензент – кандидат технических наук, доцент Т.Ф.Тарасова

- Б 79**      **Болдырева, О.И.**  
Сборник индивидуальных заданий по химии: методические указания / О.И. Болдырева, О.П. Кушнарера, П.А. Пономарева; Оренбургский гос. ун-т – Оренбург; ОГУ, 2016. - 75с.

В методических указаниях приводятся задания для контроля усвоения студентами материала по основным разделам химии.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по программам ФГОС ВО по нехимическим направлениям - бакалавриат.

УДК 54(075.8)

ББК 24я73

© Болдырева О.И.,  
Кушнарера О.П.,  
Пономарева П.А., 2016  
© ОГУ, 2016

## Содержание

Введение.....	4
1 Классы неорганических соединений.....	5
2 Основные понятия и законы химии. Стехиометрия.....	8
3 Строение атома. Периодические свойства атомов и ионов.....	12
4 Эквивалент.....	15
5 Химическая термодинамика и термохимия.....	21
6 Кинетика и химическое равновесие.....	27
7 Концентрация растворов.....	30
8 Свойства разбавленных растворов неэлектролитов.....	35
9 Растворы электролитов.....	39
10 Водородный показатель (рН). Гидролиз солей.....	45
11 Комплексные соединения.....	48
12 Окислительно-восстановительные реакции.....	51
13 Химия конструкционных материалов и сплавов.....	54
14 Электрохимия.....	56
15 Коррозия металлов и защита от коррозии.....	61
16 Жесткость воды.....	64
17 Литература, рекомендуемая для решения задач.....	68
Список использованных источников.....	69
Приложение А Значения некоторых величин.....	70
Приложение Б Свойства некоторых кислот и оснований.....	71
Приложение В Свойства комплексных соединений.....	72
Приложение Г Гальванический элемент.....	73
Приложение Д Окислительно-восстановительные реакции.....	74

## Введение

Предлагаемые задания могут частично или полностью по некоторым разделам заменить задания, выдаваемые по «Сборникам задач и упражнений...» разных авторов.

По усмотрению преподавателя ряд тем можно опустить или сократить число задач в варианте. Можно комбинировать задания, объединяя темы, использовать эти задания при проведении контрольных работ. При необходимости можно усложнить, выдавая творческие индивидуальные задания, имеющиеся в данном пособии.

Для выполнения и отчета по индивидуальным заданиям (ИЗ) подготовьте тетрадь (12-18 листов).

На первой странице тетради составьте таблицу по форме:

Таблица 1- Форма отчета по заданию

Тема	№ варианта	Получено ИЗ (дата)	Выполнено (дата)	Отметка преподавателя

Все записи ведите аккуратно, расчеты делайте полностью, подставляя в формулы значения всех величин и их размерности.

# 1 Классы неорганических соединений

Задание по данной теме выдается для повторения школьного курса химии; может быть использовано для проведения «входного контроля».

В работе имеется пять вопросов-заданий, которые нужно выполнить для своего варианта.

Вопросы:

1 Назовите вещества, укажите степени окисления всех элементов в молекулах.

2 Для кислоты, указанной в вопросе 1 напишите соответствующий ей оксид. Напишите уравнения реакций нейтрализации (для многоосновной кислоты по каждой ступени). Подсчитайте молярную массу кислоты  $M(X)$  в реакции полной нейтрализации.

3 Для соли, полученной в результате полной нейтрализации (вопрос 2) предложите еще три метода получения. Напишите уравнения реакций.

4 Напишите пять формул различных соединений элемента X:

а) оксида;

б) гидроксида (кислоты или основания);

в) соли средней;

г) соли основной;

д) соли кислой.

Назовите все вещества.

5 Для схем превращений:

а) напишите уравнения реакций соответствующих данному переходу;

б) укажите тип каждой реакции;

в) назовите все вещества;

Таблица 1.1- Варианты заданий к вопросам 1,2,3,4

Вариант	Вопросы				
	1, 2, 3				4
1	Mn <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	AlOHCl <sub>2</sub>	CuSO <sub>4</sub>	Fe (II)
2	CrO <sub>3</sub>	HNO <sub>3</sub>	Cu(HSO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	ZnOHCl	Fe (II)
3	SiO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	FeCl <sub>3</sub>	Zn(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Ba
4	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	NaHCO <sub>3</sub>	ZnS	Mg
5	CO <sub>2</sub>	HNO <sub>3</sub>	KHS	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Al
6	SnO	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	MgCO <sub>3</sub>	Mn (II)
7	Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	NaNO <sub>3</sub>	Cr (III)
8	SnO <sub>2</sub>	HPO <sub>3</sub>	Mg(HSO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	KMnO <sub>4</sub>	Zn
9	Cl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S	CrCl <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	Ni
10	GeO <sub>2</sub>	HMnO <sub>4</sub>	CuOHCl	Al <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Cd
11	WO <sub>3</sub>	HClO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>	NaHCO <sub>3</sub>	Co
12	PbO	H <sub>2</sub> SnO <sub>3</sub>	FePO <sub>4</sub>	AlOHCl <sub>2</sub>	Pb (II)
13	PbO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> ZnO <sub>2</sub>	KBrO <sub>3</sub>	Ca(HS) <sub>2</sub>	Sn
14	BeO	H <sub>3</sub> VO <sub>4</sub>	Cr <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	NaHSiO <sub>3</sub>	Cu(II)
15	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	HClO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	CuOHNO <sub>3</sub>	Hg (II)
16	NO <sub>2</sub>	HAIO <sub>2</sub>	AlF <sub>3</sub>	Fe(HSO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Al
17	ZnO	HNO <sub>2</sub>	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Cu(HSO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Mn(YII)
18	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	CaCl <sub>2</sub>	Ti
19	CrO <sub>3</sub>	HClO <sub>3</sub>	CuCl <sub>2</sub>	FeOHNO <sub>3</sub>	Cr (YI)
20	SO <sub>2</sub>	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Ca(HSO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Cd
21	SO <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Na <sub>3</sub> VO <sub>3</sub>	CuOHCl	Sn (IY)
22	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Hg (II)
23	CaO	HNO <sub>2</sub>	CuF <sub>2</sub>	AlOH(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Cu(I)
24	MnO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	CoCl <sub>2</sub>	As (III)
25	CuO	H <sub>2</sub> WO <sub>4</sub>	Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CrOHCl	Ag

Таблица 1.2 - Варианты заданий к вопросу 5

Вариант	К вопросу 5.
1	$C \rightarrow CO_2 \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CaO \rightarrow Ca(NO_3)_2$
2	$Ca \rightarrow CaO \rightarrow Ca(OH)_2 \rightarrow CaCl_2 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2$
3	$CuO \rightarrow CuSO_4 \rightarrow Cu(OH)_2 \rightarrow CuO \rightarrow Cu(NO_3)_2$
4	$S \rightarrow SO_2 \rightarrow SO_3 \rightarrow H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4$
5	$CaCO_3 \rightarrow CaO \rightarrow Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$
6	$Cu \rightarrow Cu(NO_3)_2 \rightarrow Cu(OH)_2 \rightarrow CuCl_2 \rightarrow CuCO_3$
7	$I_2 \rightarrow HI \rightarrow KI \rightarrow HgI_2 \rightarrow K_2[HgI_4]$
8	$Mg \rightarrow MgO \rightarrow MgCl_2 \rightarrow MgCO_3 \rightarrow MgO$
9	$Pb \rightarrow Pb(NO_3)_2 \rightarrow PbSO_4 \rightarrow Pb(OH)_2 \rightarrow PbO$
10	$K \rightarrow KOH \rightarrow K_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2$
11	$Zn \rightarrow ZnO \rightarrow Zn(OH)_2 \rightarrow ZnSO_4 \rightarrow ZnS$
12	$Al \rightarrow Al_2O_3 \rightarrow AlCl_3 \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3$
13	$BaO \rightarrow Ba(OH)_2 \rightarrow BaCl_2 \rightarrow BaCO_3 \rightarrow BaO$
14	$Mg \rightarrow Mg(OH)_2 \rightarrow Mg(NO_3)_2 \rightarrow MgSO_3 \rightarrow MgO$
15	$Cr \rightarrow CrCl_3 \rightarrow Cr(OH)_3 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 \rightarrow CrPO_4$
16	$Sn \rightarrow SnO \rightarrow SnCl_2 \rightarrow Sn(OH)_2 \rightarrow SnO$
17	$P \rightarrow P_2O_5 \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow Na_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2$
18	$Co \rightarrow CoCl_2 \rightarrow Co(OH)_2 \rightarrow Co(OH)_3 \rightarrow Co_2O_3$
19	$Fe \rightarrow Fe_2O_3 \rightarrow Fe(OH)_3 \rightarrow FeCl_3 \rightarrow FePO_4$
20	$SO_2 \rightarrow SO_3 \rightarrow H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 \rightarrow BaCO_3$
21	$Cu \rightarrow CuO \rightarrow CuSO_4 \rightarrow Cu(OH)_2 \rightarrow CuO$
22	$MgCO_3 \rightarrow MgO \rightarrow MgCl_2 \rightarrow Mg(OH)_2 \rightarrow MgO$
23	$B \rightarrow B_2O_3 \rightarrow H_3BO_3 \rightarrow Na_3BO_3 \rightarrow Na_2B_4O_7$
24	$Cl_2 \rightarrow Cl_2O_5 \rightarrow HClO_3 \rightarrow KClO_3 \rightarrow KCl$
25	$Zn \rightarrow ZnCl_2 \rightarrow Zn(OH)_2 \rightarrow Na_2ZnO_2 \rightarrow Zn(OH)_2$

## 2 Основные понятия и законы химии. Стехиометрия

Первое задание составлено для повторения разделов химии, включающих законы количественных соотношений между реагирующими веществами.

Задание состоит из четырех задач, для решения которых необходимо повторить основные законы и понятия химии.

### Задача 1.

Сколько молей ( $n$ ) составляют  $N$  частиц (атомов, молекул, ионов) вещества  $X$ . Вычислите массу получившегося вещества в граммах.

Таблица 2.1 - Варианты заданий к задаче 1

Вариант	$N \cdot 10^{23}$	X	Вариант	$N \cdot 10^{23}$	X
1	6,02	HNO <sub>3</sub>	14	3,01	Ag <sup>+</sup>
2	3,01	KCl	15	12,04	ZnCl <sub>2</sub>
3	1,55	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	16	6,02	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
4	12,04	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	17	1,55	NH <sub>4</sub> OH
5	6,02	O <sub>2</sub>	18	3,01	Al(OH) <sub>3</sub>
6	3,01	NaCl	19	12,04	Bi(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>
7	6,02	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	20	6,02	Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
8	1,55	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21	12,04	CoSO <sub>4</sub>
9	12,04	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	22	3,01	AgNO <sub>3</sub>
10	6,02	NaOH	23	1,55	CuSO <sub>4</sub>
11	3,01	Ca(OH) <sub>2</sub>	24	6,02	BaCl <sub>2</sub>
12	1,55	NO <sub>2</sub>	25	12,04	N <sub>2</sub> O
13	6,02	MnSO <sub>4</sub>	26	3,01	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>

## Задача 2

Определите количество вещества  $n(X)$ , содержащегося в  $m$  г. вещества (X).

Таблица 2.2 - Варианты заданий к задаче 2

Вариант	X	$m(X)$ , г	Вариант	X	$m(X)$ , г
1	O <sub>2</sub>	48	14	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16
2	CO <sub>2</sub>	24	15	CaCO <sub>3</sub>	0,5
3	N <sub>2</sub>	3,5	16	AgNO <sub>3</sub>	8,5
4	SO <sub>2</sub>	128	17	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	7,1
5	Cl <sub>2</sub>	14,2	18	BaO	7,67
6	Br <sub>2</sub>	0,16	19	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1,06
7	NaCl	10,7	20	HgCrO <sub>4</sub>	0,316
8	KCl	75,5	21	Rb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	2,67
9	MgO	8,0	22	PbBr <sub>2</sub>	7,34
10	Ca(OH) <sub>2</sub>	14,8	23	SeO <sub>2</sub>	22,1
11	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,4	24	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,41
12	MgCl <sub>2</sub>	9,53	25	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,47
13	SiO <sub>2</sub>	12,2	26	UF <sub>6</sub>	0,704

### Задача 3

Рассчитать массовую долю ( $\omega$ , %) каждого элемента в веществе X.

Таблица 2.3 - Варианты заданий к задаче 3

Вариант	X	Вариант	X
1	KCl	15	$K_2[PtCl_6]$
2	CaO	16	$KNO_3$
3	$KClO_4$	17	$H_3PO_4$
4	NaCl	18	$Fe_2(SO_4)_3$
5	$CaCl_2$	19	$Na_3PO_4$
6	$Na_2[Cu(OH)_4]$	20	$Na_2B_4O_7$
7	$H_2O$	21	$NiSO_4 \cdot 7H_2O$
8	HCl	22	$FeOHCl_2$
9	$H_2SO_4$	23	$Sr(NO_3)_2$
10	$Na_2[Ag(CN)_2]$	24	$PbCrO_4$
11	$CdCl_2$	25	$Na_3AlF_6$
12	$HNO_3$	26	$H_2MoO_4$
13	NaOH	27	$NH_4OH$
14	$Fe_2O_3$	28	$(NH_4)_2SO_4$

#### Задача 4

Какой объем газ (X) массой  $m$ (г) при данных условиях (P, T)?

Таблица 2.4 – Варианты заданий к задаче 4

Вариант	X	м, г	P, кПа	T, К
1	NO <sub>2</sub>	6	101,3	283
2	CO <sub>2</sub>	2,2	101,3	298
3	SO <sub>3</sub>	40	101,3	298
4	NO <sub>2</sub>	48	202,6	373
5	CO <sub>2</sub>	88	303,9	298
6	SO <sub>3</sub>	80	202,6	373
7	N <sub>2</sub>	28	506,5	273
8	N <sub>2</sub>	140	101,3	273
9	PCl <sub>3</sub>	13,75	101,3	298
10	PCl <sub>3</sub>	275	506,5	273
11	CO	28	101,3	298
12	CO	56	202,6	298
13	CH <sub>4</sub>	160	506,5	1273
14	CH <sub>4</sub>	80	303,9	373
15	O <sub>2</sub>	16	101,3	298
16	O <sub>2</sub>	32	202,6	298
17	N <sub>2</sub>	28	202,6	273
18	N <sub>2</sub>	14	1015,5	273
19	H <sub>2</sub>	200	2023	298
20	H <sub>2</sub>	1	2023	1273
21	Cl <sub>2</sub>	71	101,3	298
22	Cl <sub>2</sub>	355	506,5	273
23	Br <sub>2</sub>	80	202,3	298
24	Br <sub>2</sub>	160	506,5	273
25	NO	30	101,3	273

### 3 Строение атома. Периодические свойства атомов и ионов

На каждый вопрос этой темы дайте развернутый письменный ответ, хорошо обдумав его обоснование.

Вопросы:

1 Напишите электронные формулы в виде цифр и букв и в виде квантовых ячеек, выделите валентные электроны атомов указанных элементов.

Принятые обозначения: 4 – VI A

4 – номер периода; VI – номер группы; A – главная подгруппа;

B – побочная подгруппа.

2 Составьте электронную формулу атома с условным зарядом.

3 Первый потенциал ионизации какого атома больше и почему?

4 Радиус атома какого элемента больше и почему?

5 Атом какого элемента обладает большим сродством к электрону и почему?

6 Электроотрицательность какого атома больше и почему?

7 Какие степени окисления наиболее характерны для данного атома?

Составьте формулы соответствующих оксида и гидроксида, укажите их характер.

8 Укажите характер связей в молекуле. Наблюдается ли гибридизация атомных орбиталей при образовании этой молекулы?

Таблица 3.1 - Варианты заданий к вопросам 1, 2, 3, 4, 5

Вариант	Вопросы				
	1	2	3	4	5
1	4 – VI A	Li <sup>+</sup>	Be – C; Ca – Ba	Mg – S; F – Cl	B – N
2	4 – V A	As <sup>5+</sup>	As – Bi; Br – J	Mg – P; C – Si	C – B
3	3 – I A	As <sup>3+</sup>	C – N; Sc – Te	Mg – Si; N – P	B – F
4	3 – II A	Br <sup>-</sup>	B – C; As – Sb	Al – Si; O – Se	B – O
5	3 – III A	Mn <sup>2+</sup>	Li – B; Ge – Sn	Mg – Al; Cs – Fr	O – F
6	4 – IB	B <sup>3+</sup>	Be – Li; Ga – Zn	Na – Mg; Cl – Br	C – O
7	4 – II B	C <sup>4+</sup>	Mg – Al; Zn – Cd	B – F; Se – S	C – Si
8	4 – III B	N <sup>3-</sup>	Li – C; Cu – Ag	B – O; P – As	F – Cl
9	2 – IV	P <sup>3+</sup>	Li – Ni; Be – Ca	B – N; Si – Ge	Si – P
10	2 – V	S <sup>2-</sup>	Li – O; Na – K	Be – F; Al – Ga	S – Se
11	2 – VI	Mn <sup>7+</sup>	Li – F; B – Al	Be – O; Mg – Ca	O – S
12	2 – VII	Zn <sup>2+</sup>	Be – Ni; Li – K	Li – F; B – Al	C – F
13	4 – I A	O <sup>2-</sup>	Be – O; Mg – Ca	Be – N; Li – K	P – Cl
14	4 – II A	F <sup>-</sup>	Be – F; Al – Ga	Li – O; Na – K	Se – P
15	4 – III A	Na <sup>+</sup>	B – Ni; Se – Ge	Li – N; Ca – Be;	B – C
16	4 – IV A	Br <sup>5+</sup>	B – O; P – As	Li – C; Ag – Cu	S – Cl
17	3 – VII	Ca <sup>2+</sup>	B – F; Se – Si	Li – B; Zn – Cd	Cl – Br
18	3 – VI	K <sup>+</sup>	Na – Mg; Cl – Br	Li – Bt; Sc – Y	P – Br
19	3 – VI	Ti <sup>4+</sup>	Al – Si; O – S	B – C; As – Sb	Ge – Si
20	4 – VII B	V <sup>5+</sup>	Mg – Si; N – P	Mg – Al; Se – Te	As – Br
21	4 – VI B	Cl <sup>-</sup>	Mg – P; C – Sc	N – O; J – Br	Cl – P
22	4 – V B	Al <sup>3+</sup>	Mg – Si; P – N	Be – C; Bi – P	O – N
23	4 – IV B	Cl <sup>+1</sup>	Si – Cl; Mg – Be	C – N; Sn – Ge	J – Br
24	3 – V	Sc <sup>3+</sup>	Mg – Al; Cs – Fr	Be – B; Ca – Ba	Cl – F
25	4 – VII A	Be <sup>2+</sup>	O – N; Na – Li	Si – Cl; Be – Br	N – F

Таблица 3.2 - Варианты заданий к вопросам 6,7,8

Вариант	Вопросы		
	6	7	8
1	K	C – CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>
2	S	Mn – MnSO <sub>4</sub> , HMnO <sub>4</sub> , MnO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
3	Ca	O – H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub>	BF <sub>3</sub>
4	Zn	Cr – CrCl <sub>3</sub> , Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	CCl <sub>4</sub>
5	P	Cl – Cl <sub>2</sub> O, KClO <sub>3</sub> , HCl	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
6	N	P – PH <sub>3</sub> , H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , NaPO <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>
7	Al	S – SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
8	Mg	Br – HBr, KBrO <sub>3</sub> , CH <sub>3</sub> Br	O <sub>2</sub>
9	Ca	Cl – Cl <sub>2</sub> , ClF <sub>3</sub> , NaClO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O
10	Sr	Cr – CrCl <sub>3</sub> , CrO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	Cl <sub>2</sub>
11	Ba	O – Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , OF <sub>2</sub>	JCl <sub>3</sub>
12	C	N – NH <sub>2</sub> OH, HNO <sub>3</sub> , Li <sub>3</sub> N	CHCl <sub>3</sub>
13	Na	C - Na <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , CH <sub>3</sub> COOH, CO	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
14	Mn	Mn - KMnO <sub>4</sub> , Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MnO	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
15	Cr	P – P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , HPO <sub>3</sub> , PCl <sub>3</sub>	BCl <sub>3</sub>
16	V	S – SO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	SiH <sub>4</sub>
17	W	Cl – KClO <sub>3</sub> , HClO, MnCl <sub>2</sub>	CO
18	Fe	V – VO, V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , HVO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
19	Cl	Cl – HCl, CuCl <sub>2</sub> , Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	H <sub>2</sub> S
20	Br	O – CaO, Ba(OH) <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub>	PCl <sub>3</sub>
21	J	Mn – MnSO <sub>4</sub> , Mn <sub>2</sub> O <sub>7</sub> , MnO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
22	P	N – N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>
23	N	B – B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> , BF <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O
24	Cu	C – CO, CO <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	PCl <sub>3</sub>
25	Ni	N – NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> , HNO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>

## 4 Эквивалент

Индивидуальное задание содержит пять вопросов, два из них – расчетные задачи.

Для выполнения задания используйте материал лекции по данной теме.

### Задача 1

Определите молярную массу эквивалента соли  $M(1/z X)$ .

Таблица 4.1- Варианты заданий к задаче 1

Вариант	Вещество	Вариант	Вещество
1	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	14	$Al_2(SiO_3)_3$
2	$Ca_3(PO_4)_2$	15	$Mg(ClO_4)_2 \cdot 6H_2O$
3	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	16	$(NH_4)_2MoO_4$
4	$Fe(OH)_2Cl$	17	$(NH_4)_2MoO_4$
5	$Mg_2P_2O_7$	18	$Ti_2(SO_4)_3$
6	$Mg_3(PO_4)_2$	19	$K_2CrO_4$
7	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	20	$Ca(ClO)_2$
8	$CaHPO_4$	21	$Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$
9	$Pd(ClO_4)_2 \cdot 4H_2O$	22	$Cr_2(SO_4)_3$
10	$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	23	$(NH_4)_2Cr_2O_7$
11	$Zn(BrO_3)_2 \cdot 6H_2O$	24	$Bi_2(SO_4)_3$
12	$Cu(CNS)_2$	25	$NaHS$
13	$NaHCO_3$	26	$Ca(H_2PO_4)_2$

## Задача 2

Определите молярную массу эквивалента металла  $M(1/z X)$ , если  $m$  г его вытеснит из разбавленного раствора  $HCl$  водород, объем которого при н. у. равен  $V(H_2)$   $dm^3$ .

Таблица 4.2 - Варианты заданий к задаче 2

Вариант	$m(Me)$ , г	$V(H_2)$ , $dm^3$	Вариант	$m(Me)$ , г	$V(H_2)$ , $dm^3$
1	2,00	1,12	14	0,87	0,56
2	3,00	2,80	15	14,05	2,80
3	16,9	2,80	16	1,00	0,56
4	8,80	2,24	17	1,50	1,40
5	9,00	11,2	18	33,80	5,60
6	8,18	2,80	19	2,20	0,56
7	9,30	3,73	20	4,50	5,60
8	9,83	3,73	21	4,09	1,40
9	2,30	5,60	22	3,10	1,24
10	2,55	1,12	23	4,92	1,87
11	5,89	2,24	23	1,15	2,80
12	9,17	3,73	25	0,26	0,12
13	5,93	1,12	26	2,95	1,12

### Задача 3

Определите фактор эквивалентности (f), число эквивалентности (z) и молярную массу эквивалента (M(1/z)) первого из исходных веществ в реакциях:

Таблица 4.3 - Варианты заданий к задаче 3

Вариант	Уравнения реакций
1	$\text{KHSO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4 + \text{KCl} + \text{HCl}$
2	$\text{KHSO}_4 + \text{KOH} = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
3	$\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
4	$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KOH} = \text{KHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
5	$\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{HCl} = \text{CuOHCl} + \text{H}_2\text{O}$
6	$\text{NaHSO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4 + \text{NaCl} + \text{HCl}$
7	$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{CaCl}_2 = \text{CaHPO}_4 + 2\text{HCl}$
8	$2\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Al}_2\text{O}_3 = 2\text{AlPO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
9	$\text{KH}_2\text{PO}_4 + 2\text{KOH} = \text{K}_3\text{PO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
10	$2\text{K}_2\text{HPO}_4 + 2\text{AlCl}_3 = 2\text{AlPO}_4 + 2\text{KCl} + 4\text{HCl}$
11	$\text{Fe}(\text{OH})_2\text{Cl} + \text{HCl} = \text{FeOHCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
12	$\text{Fe}(\text{OH})_2\text{Cl} + \text{NaOH} = \text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{NaCl}$
13	$\text{CuOHCl} + \text{H}_2\text{S} = \text{CuS} + \text{HCl} + \text{H}_2\text{O}$
14	$\text{CaHPO}_4 + \text{H}_3\text{PO} = \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$
15	$3\text{CaHPO}_4 + 3\text{NaOH} = \text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
16	$\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl} + \text{HCl} = \text{AlOHCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
17	$2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O}$
18	$2\text{KMnO}_4 + 16\text{HCl} = 2\text{MnCl}_2 + 2\text{HCl} + 5\text{Cl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$
19	$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{KOH} = \text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
20	$\text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{HPO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
21	$\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{HCl} = \text{Fe}(\text{OH})_2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$
22	$\text{CuOHCl} + \text{H}_2\text{S} = \text{CuS} + \text{HCl} + \text{H}_2\text{O}$
23	$\text{KHSO}_3 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_3 + \text{KCl} + \text{HCl}$
24	$\text{Fe}(\text{OH})_3 + 2\text{HCl} = \text{Fe}(\text{OH})\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
25	$\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} = \text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

## Задача 4

а) какое значение имеет фактор эквивалентности (f) и число эквивалентности (Z) для исходных веществ в окислительно-восстановительных переходах?

Таблица 4.4 - Варианты заданий к задаче 4(а)

Вариант	Реакция	Вариант	Реакция
1	$\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4$	16	$\text{NaCrO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4$
1	$\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4$	16	$\text{NaCrO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4$
2	$\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{MnO}_2$	17	$\text{CrCl}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
3	$\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{MnCl}_2$	18	$\text{SnCl}_2 \rightarrow \text{Sn}(\text{SO}_4)_2$
4	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$	19	$\text{Sn} \rightarrow \text{H}_2\text{SnO}_3$
5	$\text{K}_2\text{CrO}_4 \rightarrow \text{CrCl}_3$	20	$\text{H}_3\text{AsO}_3 \rightarrow \text{AsH}_3$
6	$\text{FeSO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	21	$\text{Na}_2\text{S} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4$
7	$\text{HCl} \rightarrow \text{HClO}_4$	22	$\text{H}_3\text{AsO}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_3$
8	$\text{Br}_2 \rightarrow 2\text{Br}^-$	23	$(\text{NH}_4)_2\text{S} \rightarrow \text{S}$
9	$\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$	24	$\text{I}_2 \rightarrow \text{HIO}_3$
10	$\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}^+$	25	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{SO}_3$
12	$\text{KIO}_3 \rightarrow \text{I}_2$	27	$\text{PbO}_2 \rightarrow \text{PbCl}_2$
13	$\text{P} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4$	28	$\text{Bi}_2\text{S}_3 \rightarrow \text{Bi}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{SO}_4^{2-}$
14	$\text{Na}_2\text{S} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3$	29	$\text{As}_2\text{S}_3 \rightarrow (\text{AsO}_4)^{3-} + \text{SO}_4^{2-}$
15	$\text{I}_2 \rightarrow \text{KI} + \text{KIO}_3$	30	$\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag}$

б) рассчитайте молярную массу эквивалента элемента окислителя или восстановителя в следующих переходах:

Таблица 4.5 - Варианты заданий к задаче 4(б)

Вариант	Реакция	Вариант	Реакция
1	$(\text{Cr}_2\text{O}_7)^{2-} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}$	16	$(\text{CrO}_2)^- \rightarrow (\text{CrO}_4)^{2-}$
2	$2\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2$	17	$\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}^+$
3	$(\text{ClO}_3)^- \rightarrow \text{Cl}^-$	18	$\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}^{2-} + 2\text{H}^+$
4	$\text{MnO}_2 \rightarrow \text{NO}$	19	$(\text{NO}_2)^- \rightarrow (\text{NO}_3)^-$
5	$(\text{NO}_3)^- \rightarrow \text{NO}$	20	$(\text{MnO}_4)^- \rightarrow \text{MnO}_2$
6	$(\text{ClO}_3)^- \rightarrow (\text{ClO}_4)^-$	21	$\text{S}^{2-} \rightarrow \text{S}^0$
7	$(\text{IO}_3)^- \rightarrow \text{I}_2$	22	$\text{P}^0 \rightarrow (\text{PO}_4)^{3-}$
8	$(\text{SO}_3)^{2-} \rightarrow (\text{SO}_4)^{2-}$	23	$\text{PbO}_2 \rightarrow \text{Pb}^{2+}$
9	$(\text{MnO}_4)^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$	24	$(\text{SO}_4)^{2-} \rightarrow \text{SO}_2$
10	$(\text{MnO}_4)^{2-} \rightarrow (\text{MnO}_4)^-$	25	$\text{I}_2 \rightarrow (\text{IO}_2)^-$
11	$\text{I}_2 \rightarrow 2\text{I}^-$	26	$(\text{BrO}_4)^- \rightarrow (\text{BrO}_3)^-$
12	$(\text{VO}_2)^+ \rightarrow \text{V}$	27	$(\text{BiO})^+ \rightarrow \text{Bi}$
13	$(\text{IO}_6)^{5-} \rightarrow (\text{IO}_3)^-$	28	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
14	$(\text{MoO}_4)^{2-} \rightarrow \text{Mo}$	29	$(\text{ReO}_4)^- \rightarrow \text{Re}$
15	$(\text{PbO}_3)^{2-} \rightarrow (\text{PbO}_2)^{2-}$	30	$(\text{CO}_3)^{2-} \rightarrow \text{CO}$

## Задача 5

На полную нейтрализацию  $m$  г вещества  $X_1$  расходуется  $m_2$  г вещества  $X_2$ .

Рассчитайте молярную массу эквивалента вещества  $X_2$ .

Таблица 4.6 - Варианты заданий к задаче 5

Вариант	$m$ , г.	$X_1$	$m_2$ , г.
1	0,560	KOH	0,365
2	0,857	Ba(OH) <sub>2</sub>	0,630
3	0,112	KOH	0,120
4	0,198	NaOH	0,241
5	0,116	Bi(OH) <sub>3</sub>	0,063
6	1,750	BiOH(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,63
7	0,134	Fe(OH) <sub>2</sub> Cl	0,183
8	0,626	KOH	0,085
9	0,560	Al(OH) <sub>3</sub>	0,327
10	20,0	NaOH	10,3
11	0,994	Al(OH) <sub>2</sub> Cl	0,365
12	0,540	Al(OH) <sub>3</sub>	0,980
13	0,292	Mg(OH) <sub>2</sub>	0,365
14	0,370	Cu(OH) <sub>2</sub>	0,365
15	0,497	Zn(OH) <sub>2</sub>	0,490
16	0,116	CuOHCl	0,036
17	0,241	Pb(OH) <sub>2</sub>	0,073
18	0,732	Cd(OH) <sub>2</sub>	0,365
19	0,825	Cd(OH)Cl	0,182
20	0,216	Al(OH) <sub>3</sub>	0,504
21	0,560	Ni(OH)Cl	0,184
22	0,153	NH <sub>4</sub> HS	0,120
23	0,567	H <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	0,240
24	0,930	Co(OH) <sub>2</sub>	0,730
25	0,485	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,200

## 5 Химическая термодинамика и термохимия

Индивидуальное задание содержит три расчетные задачи. Выполнение их требует серьезного предварительного изучения теоретического материала лекционного курса или указанных тем в литературе [3, 7, 9].

Кроме этого можно воспользоваться приведенными ниже формулами и краткими указаниями, а также решением нулевого варианта для некоторых задач.

### Задача 1

Вычислите разницу тепловых эффектов в изобарных и изохорных условиях для процессов, протекающих при известном давлении  $P$  или температуре  $T$ .

Пример решения.

$\Delta H$  – теплота изобарного процесса

$\Delta U$  – теплота изохорного процесса

$$\Delta H = \Delta U + p\Delta V$$

$$\Delta H - \Delta U = p\Delta V \text{ (изобарный процесс);}$$

$\Delta V$  рассчитывается по уравнению реакции путем сравнения объемов газообразных исходных веществ и продуктов реакции.

$$\Delta H - \Delta U = \Delta nRT \text{ (изотермический процесс);}$$

$\Delta n$  – изменение числа молей газа в ходе реакции.

Решение варианта «0»:

$$\Delta H - \Delta U = \Delta nRT = -0.5 \cdot 8.314 \cdot 263 \text{ Дж}$$

Таблица 5.1- Варианты заданий к задаче 1

Вариант	Процесс	T, °C	P, Н/м <sup>2</sup>
1	$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$		$2,026 \cdot 10^5$
2			$1,013 \cdot 10^5$
3			$10,13 \cdot 10^5$
4			$1,013 \cdot 10^4$
5			$101,3 \cdot 10^5$
6	$2SO_2 + O \rightarrow 2SO_3$	0	
7		20	
8		25	
9		50	
10		-10	
11	$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$		$1,013 \cdot 10^5$
12			$10,13 \cdot 10^5$
13			$20,26 \cdot 10^4$
14			$20,26 \cdot 10^4$
15			$1,013 \cdot 10^4$
16	$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$	-20	
17		0	
18		5	
19		50	
20		300	
21	$2CO_2 + O \rightarrow 2CO_3$		$2,026 \cdot 10^5$
22			$1,013 \cdot 10^5$
23			$10,13 \cdot 10^5$
24			$1,013 \cdot 10^4$
25			$101,3 \cdot 10^5$

## Задача 2

Определите тепловой эффект реакции в расчете на указанную массу первого из исходных веществ, используя термохимические данные процесса: X – первое из исходных веществ.

Пример решения.

Согласно закону Гесса тепловой эффект химической реакции равен разности между суммой теплот образования продуктов и суммой образования исходных веществ:

$$\Delta H_{\text{х.р.}} = \sum \Delta H^0_{\text{прод}} - \sum \Delta H^0_{\text{исх. в-в}}$$

Учитывая массу вещества, вступившего в реакцию, получим:

$$\Delta H_{\text{х.р.}} = n(\sum \Delta H^0_{\text{прод}} - \sum \Delta H^0_{\text{исх. в-в}})$$

где n – количество вещества, моль.

$$n = m(X)/M(X)$$

Решение варианта «0»:

$$\Delta H_{\text{х.р.}} = n \cdot (3\Delta H_{(\text{H}_2\text{O})} + 2\Delta H_{(\text{CO}_2)} - \Delta H_{(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})}) = (3(-285,6) + 2(-394) - 278,2) = 115,46 \text{ кДж}$$

Таблица 5.2 - Варианты заданий к задаче 2

Вариант	m(X), г.	Процесс
0	115	$C_2H_5OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$
1	46	а) $C + O_2 = CO_2$ $\Delta H^0 = -394 \text{ кДж/моль}$
2	92	б) $H_2 + 1/2O_2 = H_2O$ $\Delta H^0 = 285,6 \text{ кДж/моль}$
3	23	в) $2C + 3H_2 + 1/2O_2 = C_2H_5OH$ $\Delta H^0 = +278,2 \text{ кДж/моль}$
4	138	
5	230	
6	34	$2PH_3 + 4O_2 \rightarrow P_2O_5 + 3H_2O$
7	68	а) $P + 3/2 H_2 = PH_3$ $\Delta H^0 = +48,7 \text{ кДж/моль}$
8	17	б) $2P + 5/2 O_2 = P_2O_5$ $\Delta H^0 = -1508,4 \text{ кДж/моль}$
9	8,5	в) $H_2 + 1/2O_2 = H_2O$ $\Delta H^0 = -285,6 \text{ кДж/моль}$
10	51	
11	100	$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$
12	60	а) $Ca + C + 3/2 O_2 = CaCO_3$ $\Delta H^0 = +1208,6 \text{ кДж/моль}$
13	200	б) $Ca + O = CaO$ $\Delta H^0 = -636,9 \text{ кДж/моль}$
14	400	в) $C + O_2 = CO_2$ $\Delta H^0 = -394 \text{ кДж/моль}$
15	1200	
16	232	$Fe_3O_4 + CO = 3FeO + CO_2$
17	116	а) $Fe + O = FeO$ $\Delta H^0 = -263,7 \text{ кДж/моль}$
18	464	б) $3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4$ $\Delta H^0 = -1117,7 \text{ кДж/моль}$
19	58	в) $C + 1/2O_2 = CO$ $\Delta H^0 = -110,5 \text{ кДж/моль}$
21	142	$P_2O_5 + H_2O \rightarrow 2HPO_3$
22	284	а) $2P + 5/2 O_2 = P_2O_5$ $\Delta H^0 = -1508,4 \text{ кДж/моль}$
23	71	б) $H_2 + 1/2O_2 = H_2O$ $\Delta H^0 = -285,6 \text{ кДж/моль}$
24	35,5	в) $2P + H_2 + 3O_2 = 2HPO_3$ $\Delta H^0 = -1912,3 \text{ кДж/моль}$
25	566	

### Задача 3

Докажите термодинамическую вероятность процесса при температуре  $T$ , °C, используя значения  $\Delta H^{\circ}_{298}$  (кДж/моль) и  $S^{\circ}_{298}$  (Дж/моль·К), данные под формулами веществ.

Пример решения.

Согласно следствию из закона Гесса необходимо рассчитать изменение энтальпии и энтропии в ходе процесса:

$$\Delta H_{\text{х.р.}} = \sum \Delta H^{\circ}_{\text{прод}} - \sum \Delta H^{\circ}_{\text{исх. в-в}}$$

$$\Delta S_{\text{х.р.}} = \sum S^{\circ}_{\text{прод}} - \sum S^{\circ}_{\text{исх. в-в}}$$

Затем по второму закону термодинамики:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S,$$

определить знак  $\Delta G$  и сделать вывод о термодинамической вероятности процесса при данной температуре.

Таблица 5.3 - Варианты заданий к задаче 3

Вариант	T, °C	Процесс
1	-20	$N_2 + 2H_2O \rightarrow NH_4NO_2$
2	0	$\Delta H^\circ$ 0 -285,6 -283,14 кДж/моль
3	10	$S^\circ$ 191,5 69,95 112,4 Дж/моль·град
4	70	
5	90	
6	-20	$3C_2H_2 \rightarrow C_6H_6$
7	0	$\Delta H^\circ$ 226,8 82,93 кДж/моль
8	10	$S^\circ$ 200,82 269,2 Дж/моль·град
9	100	
10	500	
11	0	$C_2H_5OH + CH_3COOH \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + H_2O$
12	10	$\Delta H^\circ$ -277 -434,8 -479 -285,6 кДж/моль
13	20	$S^\circ$ 160,7 282,5 259 70 Дж/моль·град
14	30	
15	90	
16	0	$2Al + Fe_2O_3 \rightarrow Al_2O_3 + 2Fe$
17	50	$\Delta H^\circ$ 0 -822,2 -1675,7 0 кДж/моль
18	500	$S^\circ$ 28,3 87,5 50,92 27,2 Дж/моль·град
19	300	
20	1200	
21	-20	$CH_4 + Cl_2 \rightarrow CHCl_3 + HCl$
22	-30	$\Delta H^\circ$ -74,9 0 -86,3 -92,3 кДж/моль
23	0	$S^\circ$ 186,3 222,9 234,5 186,8 Дж/моль·град
24	50	
25	70	
26	-10	$3Fe + 2O_2 \rightarrow Fe_3O_4$
27	0	$\Delta H^\circ$ 0 0 -1117,7 кДж/моль
28	10	$S^\circ$ 27,2 205 151,5 Дж/моль·град
29	20	
30	30	

## 6 Кинетика и химическое равновесие

### Задача 1:

- а) сформулируйте принцип Ле-Шателье;
- б) обоснуйте с помощью принципа Ле-Шателье ответы в задаче 2;
- в) приведите по два примера реакций эндо- и экзотермических, причем, равновесие одной (из каждой двух) не должно зависеть от изменения давления.

### Задача 2:

- а) напишите уравнение реакции между веществами  $X_1$  и  $X_2$  с получением вещества  $X_3$ ;
- б) расставьте коэффициенты и вычислите исходные концентрации веществ  $X_1$  и  $X_2$ , если исходная концентрация  $X_3$  равна нулю, а равновесные – известны;
- в) вычислите константу равновесия  $K_{\text{рав}}$ .

### Задача 3

Используя уравнение реакции задачи 2, ответьте на вопросы:

- а) в каком направлении сместится равновесие при увеличении температуры системы;
- б) в каком направлении сместится равновесие при увеличении объема системы;
- в) рассчитайте, во сколько раз изменится скорость реакции при увеличении температуры на  $\Delta T$ , если температурный коэффициент  $\gamma$ .

Таблица 6.1 - Варианты заданий к задаче 2(а, б, в)

Вариант	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Равновесные концентрации, моль/дм <sup>3</sup>		
				C(X <sub>1</sub> )	C(X <sub>2</sub> )	C(X <sub>3</sub> )
1	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	0,01	7,2	0,4
2				0,02	7,2	0,8
3				0,35	1,0	0,5
4				0,7	2,0	1,0
5				0,25	0,30	0,25
	$\Delta H^{\circ} = -92,38 \text{ кДж/моль}$					
6	CO	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	2,0	0,5	2,0
7				1,2	1,1	0,2
8				5,0	3,0	4,0
9				0,5	0,3	0,4
10				0,2	0,1	0,1
	$\Delta H^{\circ} = -566,2 \text{ кДж/моль}$					
11	NO	Cl <sub>2</sub>	NOCl	1,5	1,0	0,5
12				2,0	1,0	0,7
13				7,0	3,0	5,0
14				3,0	1,5	2,0
15				1,5	1,0	1,0
	$\Delta H^{\circ} = +73,6 \text{ кДж/моль}$					
16	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	0,4	0,3	0,2
17				0,7	0,5	0,5
18				1,5	0,7	1,0
19				2,5	2,0	2,0
20				0,5	0,4	0,4
	$\Delta H^{\circ} = -163,1 \text{ кДж/моль}$					
21	Cl <sub>2</sub>	CO	COCl <sub>2</sub>	0,25	0,18	0,32
22				0,4	0,35	0,15
23				5,0	3,6	6,4
24				1,67	1,62	1,5
25				2,5	1,8	3,2
	$\Delta H^{\circ} = -112,5 \text{ кДж/моль}$					

Таблица 6.2 - Варианты заданий к задаче 3

Вариант	$\Delta T$	$\gamma$	Вариант	$\Delta T$	$\gamma$
1	50	2,2	14	100	4,1
2	70	2,5	15	50	3,1
3	90	1,7	16	30	2,1
4	110	3,0	17	20	2,5
5	20	3,5	18	40	3,5
6	100	2,5	19	60	2,2
7	20	4,0	20	30	3,2
8	30	2,7	21	30	4,2
9	50	2,8	22	40	2,5
10	60	3,1	23	50	3,5
11	50	2,0	24	50	2,5
12	70	2,2	25	70	2,7
13	40	2,5	26	90	3,1

## 7 Концентрация растворов

### Задача 1

Определите массовую долю ( $\omega$ , %) вещества (X) в растворе с заданной плотностью ( $\rho$ ) и молярной концентрацией ( $C(X)$ ).

Таблица 7.1 - Варианты заданий к задаче 1

Вариант	Вещество (X)	$C(X)$ моль/л	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>
1	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,66	1,04
2	HNO <sub>3</sub>	11,27	1,33
3	HCl	6,15	1,10
4	NH <sub>3</sub>	9,75	0,93
5	NaOH	8,91	1,30
6	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,60	1,06
7	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	10,02	1,54
8	HCl	12,50	1,19
9	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	9,10	1,44
10	KOH	10,07	1,40
11	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3,03	1,180
12	HCl	0,97	1,17
13	CH <sub>3</sub> COOH	3,96	1,03
14	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	2,01	1,10
15	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	16,09	1,80
16	HClO <sub>4</sub>	4,01	1,23
17	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	2,80	1,14
18	KOH	5,87	1,25
19	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,11	1,01
20	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	4,01	1,20
21	NH <sub>3</sub>	6,71	0,95
22	KOH	10,07	1,40
23	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	17,37	1,80
24	HClO <sub>4</sub>	10,27	1,60
25	CH <sub>3</sub> COOH	2,61	1,02

## Задача 2

Вычислите массу  $m$  (г) вещества (X), необходимую для приготовления определенного объема ( $V$ ) раствора заданной концентрации. Рассчитайте титр ( $T$ , г/см<sup>3</sup>) получившегося раствора.

Таблица 7.2 - Варианты заданий к задаче 2

Вариант	Вещество (X)	$C(1/z X)$ , моль/дм <sup>3</sup>	$V$ , см <sup>3</sup>
1	ZnSO <sub>4</sub>	2	1000
2	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0,2	100
3	AgNO <sub>3</sub>	0,1	500
4	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,01	1000
5	NaOH	0,1	150
6	CuSO <sub>4</sub>	1,0	500
7	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	0,1	50
8	FeCl <sub>3</sub>	1,0	250
9	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	0,2	150
10	KOH	2,5	200
11	CH <sub>3</sub> COOH	0,5	300
12	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,2	450
13	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ·10H <sub>2</sub> O	0,2	500
14	FeSO <sub>4</sub>	1,0	1500
15	MgCl <sub>2</sub>	0,01	200
16	Ba(OH) <sub>2</sub>	1,5	250
17	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	0,01	100
18	HNO <sub>3</sub>	2,0	2000
19	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,1	100
20	NH <sub>4</sub> OH	2,0	1500
21	H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0,1	500
22	NaOH	3,0	250
23	KCl	0,3	2500
24	KClO <sub>3</sub>	0,1	200
25	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	2,0	250

### Задача 3

Рассчитайте объем ( $V$ ) раствора вещества ( $X$ ) с концентрацией  $C_1(X)$ , требуемого для приготовления  $V_2$  объема этого же вещества с концентрацией  $C_2(X)$ . Вычислите массу вещества  $m(X)$  в приготовленном растворе. Напишите, какая посуда нужна для приготовления этого раствора.

Таблица 7.3 - Варианты заданий к задаче 3

Вариант	Вещество (X)	$C_1(X)$ , моль/ дм <sup>3</sup>	$C_2(X)$ , моль/дм <sup>3</sup>	$V_2$ , см <sup>3</sup>
1	NaOH	2,0	0,2	400
2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5,0	0,15	5000
3	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,05	0,01	200
4	HNO <sub>3</sub>	0,1	0,05	300
5	CuSO <sub>4</sub>	1,0	0,03	1000
6	Ba(OH) <sub>2</sub>	1,2	0,012	1500
7	MgSO <sub>4</sub>	0,1	0,05	250
8	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,5	0,50	500
9	KI	5,0	0,05	250
10	FeCl <sub>2</sub>	1,0	0,05	250
11	CdSO <sub>4</sub>	1,0	0,001	1000
12	MgCl <sub>2</sub>	2,2	0,11	500
13	Na <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,1	0,01	50
14	KMnO <sub>4</sub>	0,1	0,01	100
15	FeSO <sub>4</sub>	0,2	0,01	250
16	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5	0,01	100
17	NaBr	2,0	0,02	1000
18	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	10,0	0,10	100
19	NaOH	5,0	0,02	250
20	HCl	2,0	0,15	1500
21	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	2,5	0,15	550
22	CH <sub>3</sub> COOH	1,5	0,30	250
23	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,6	0,20	100
24	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	2,0	0,15	220
25	KOH	1,5	0,20	100

## Задача 4

Рассчитайте массу вещества  $m(X_1)$  в растворе, если на титрование его расходуется  $V$  мл. раствора вещества  $X_2$  с концентрацией  $C(1/z X_2)$ .

Прежде чем решать эту задачу, напишите уравнение реакции между веществами  $X_1$  и  $X_2$ . Это поможет подсчитать  $M(1/z X)$ , что необходимо для решения. В реакциях между кислотой и основанием берите случаи полной нейтрализации.

Таблица 7.4 - Варианты заданий к задаче 4

Вариант	Вещество $X_1$	Вещество $X_2$	$V, \text{ см}^3$	$C(1/z X_2), \text{ моль/дм}^3$
1	NaOH	HCl	10,0	0,175
2	KOH	HCl	12,5	0,105
3	LiOH	HCl	5,7	0,125
4	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaOH	17,5	0,153
5	HCl	LiOH	22,4	0,103
6	HNO <sub>3</sub>	KOH	12,3	0,503
7	NaOH	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	5,7	0,100
8	KOH	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	12,5	1,024
9	BaCl <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	13,7	1,253
10	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	10,2	0,123
11	FeSO <sub>4</sub>	NaOH	4,3	0,050
12	NH <sub>3</sub>	HCl	26,0	0,100
13	NaCl	AgNO <sub>3</sub>	12,7	0,015
14	KOH	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	10,5	0,107
15	LiOH	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	11,3	0,050
16	H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	KOH	5,7	0,052
17	FeSO <sub>4</sub>	BaCl <sub>2</sub>	10,2	0,105
18	NaCl	AgNO <sub>3</sub>	12,3	0,153
19	HCl	KOH	15,1	0,151
20	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	NaOH	12,5	0,502
21	NaOH	CH <sub>3</sub> COOH	23,5	0,108
22	KOH	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	17,3	0,125
23	KCl	AgNO <sub>3</sub>	12,7	0,100
24	FeCl <sub>2</sub>	HCl	22,5	0,050
25	AgNO <sub>3</sub>	NaCl	10,5	0,100

## Задача 5

Сколько  $\text{см}^3$  воды нужно добавить к  $V \text{ см}^3$  раствора вещества X с массовой долей  $\omega$  и плотностью  $\rho$ , чтобы получить раствор с концентрацией  $C(X)$ ?

Таблица 7.5 - Варианты заданий к задаче 5

Вариант	Вещество X	$V, \text{ см}^3$	$\omega, \%$	$\rho, \text{ г/см}^3$	$C(X), \text{ моль/дм}^3$
1	$\text{HNO}_3$	100	7,53	1,04	0,124
2	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	100	7,88	1,08	0,4
3	$\text{H}_2\text{SO}_4$	150	7,7	1,05	0,8
4	$\text{HCl}$	25	26,2	1,13	0,81
5	$\text{NaOH}$	50	17,3	1,19	1,0
6	$\text{HNO}_3$	50	14,3	1,08	0,25
7	$\text{KOH}$	100	16,3	1,15	0,35
8	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	20	9,75	1,10	0,5
9	$\text{H}_2\text{SO}_4$	200	14,7	1,10	0,5
10	$\text{CH}_3\text{COOH}$	150	40,2	1,05	0,7
11	$\text{HNO}_3$	30	22,4	1,13	0,4
12	$\text{H}_3\text{PO}_4$	50	11,2	1,06	0,12
13	$\text{NaOH}$	180	12,0	1,13	1,0
14	$\text{HCl}$	25	20,4	1,10	0,62
15	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	75	11,6	1,12	0,12
16	$\text{HCl}$	100	4,4	1,02	0,12
17	$\text{NaOH}$	150	32,1	1,35	2,0
18	$\text{CH}_3\text{COOH}$	200	15,4	1,02	0,25
19	$\text{KOH}$	25	40,4	1,40	2,0
20	$\text{H}_2\text{SO}_4$	20	30,2	1,22	0,4
21	$\text{HNO}_3$	50	33	1,20	0,63
22	$\text{HClO}_4$	40	13,1	1,08	0,15
23	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	150	6,0	1,06	0,30
24	$\text{H}_2\text{SO}_4$	100	12	1,08	0,05
25	$\text{H}_3\text{PO}_4$	100	17,9	1,10	0,20

## 8 Свойства разбавленных растворов неэлектролитов

### Задача 1

Вычислите осмотическое давление водного раствора вещества X при температуре T, если V см<sup>3</sup> этого раствора содержит m граммов вещества.

Таблица 8.1 - Варианты заданий к задаче 1

Вариант	Вещество X	V, см <sup>3</sup>	m, г	T, °C
1	Сахар C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	150	2,4	20
2		25	0,8	25
3		300	3,2	30
4		100	0,4	35
5		500	1,8	40
6	Этанол C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	75	2,5	20
7		200	7,4	25
8		80	0,9	30
9		75	0,5	35
10		100	1,2	40
11	Мочевина (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	250	1,4	20
12		40	0,3	25
13		30	0,03	30
14		100	1,2	35
15		60	0,08	40
16	Метанол CH <sub>3</sub> OH	50	0,9	20
17		100	1,5	25
18		150	2,0	30
19		240	2,2	35
20		300	0,9	40
21	Глицерин C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> (OH) <sub>3</sub>	100	2,4	20
22		180	0,8	25
23		20	3,2	30
24		200	0,4	35
25		160	1,8	40
26	Глюкоза C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	250	1,4	20
27		40	0,3	25
28		30	0,03	30
29		100	1,2	35
30		60	0,08	40

## Задача 2

Вычислите давление пара  $p$  водного раствора вещества X с массовой долей  $\omega(X)$  при температуре T. Давление пара при данной температуре T равно  $P_0$ .

Таблица 8.2 - Варианты заданий к задаче 2

Вариант	Вещество X	$\omega(X)$ , %	T, °C	$P_0$ , кПа
1	Сахар $C_{12}H_{22}O_{11}$	2,4	20	2,34
2		0,8	100	101,3
3		3,2	100	101,3
4		0,4	100	101,3
5		1,8	20	2,34
6	Этанол $C_2H_5OH$	1,4	20	2,34
7		0,3	20	2,34
8		0,03	20	2,34
9		1,2	50	12,33
10		0,08	50	12,33
11	Мочевина $(NH_2)_2CO$	1,4	40	7,37
12		0,3	40	7,37
13		0,03	30	4,24
14		1,2	100	101,3
15		0,08	100	101,3
16	Метанол $CH_3OH$	2,4	20	2,34
17		0,8	20	2,34
18		3,2	40	7,37
19		0,4	50	12,33
20		1,8	30	4,24
21	Глицерин $C_3H_5(OH)_3$	0,9	100	101,3
22		1,5	50	12,33
23		2,0	40	7,37
24		2,2	30	4,24
25		0,9	20	2,34
26	Глюкоза $C_6H_{12}O_6$	0,9	40	7,37
27		1,5	40	7,37
28		2,0	30	4,24
29		2,2	100	101,3
30		0,9	100	101,3

### Задача 3

Вычислите массовую долю вещества X в водном растворе, если известна температура кипения раствора  $T_{\text{кип}}$  или температура замерзания  $T_{\text{зам}}$ . Криоскопическая постоянная воды  $K_k = 1,86$ , эбулиоскопическая –  $K_3 = 0,52$ .

Таблица 8.3 - Варианты заданий к задаче 3

Вариант	Вещество X	$T_{\text{зам}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
0		-5.2	
1	Сахар $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	-1.1	
2		-1.25	
3		-3.2	
4		-10.0	
5		-7.2	
6	Анилин $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$		100.5
7			102.3
8			110
9		-5.2	
10		-4.1	
11	Этанол $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	-0.4	
12		-2.5	
13			105.1
14			112.3
15			107.2
16	Этиленгликоль $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$	-10.1	
17		-7.6	
18		-5.4	
19			105.2
20			107.1
21	Глицерин $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$		110
22			108.4
23		-4.3	
24		-2.7	
25		-0.5	
26	Глюкоза $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$		100.5
27			102.3
28			110
29		-5.2	
30		-4.1	

## Задача 4

Вычислите молярную массу вещества X, если известна массовая доля его в растворе  $\omega(X)$ , температура кипения  $T_{\text{кип.}}$  или температура замерзания  $T_{\text{зам}}$  этого раствора.

Криоскопическая постоянная воды  $K_k = 1,86$  град., эбулиоскопическая –  $K_e = 0,52$  град.

Таблица 8.4 - Варианты заданий к задаче 4

Вариант	$\omega(X),\%$	$T_{\text{кип.}},^\circ\text{C}$	$T_{\text{зам}},^\circ\text{C}$	Вариант	$\omega(X),\%$	$T_{\text{кип.}},^\circ\text{C}$	$T_{\text{зам}},^\circ\text{C}$
1	3,0	100,35		16	5,4	100,32	
2	6,2	100,75		17	0,7	100,04	
3	12,0	101,54		18	3,5	100,20	
4	2,0		-0,21	19	10,1		- 6,53
5	4,6		- 0,50	20	4,3		- 2,61
6	7,2		- 0,80	21	0,7		- 0,41
7	3,2	100,05		22	0,8	100,13	
8	5,0	100,08		23	2,7	100,45	
9	10,6	100,18		24	8,3	101,47	
10	1,8	100,16		25	1,6		- 0,49
11	2,4	100,21		26	3,2		- 0,99
12	8,5	100,80		27	0,7		-0,21
13	2,0		- 0,41	28	8,2	100,75	
14	4,3		- 0,90	29	4,0	100,35	
15	9,5		- 2,10	30	5,6	100,50	

## 9 Растворы электролитов

Данное задание содержит шесть вопросов, четыре первых требуют повторения школьного курса химии.

### Задача 1

1 Назовите вещества. Какие из них являются слабыми электролитами? Найдите в справочнике и выпишите значения констант их диссоциации. (см. приложение Б)

2 Какие из приведенных электролитов диссоциируют ступенчато? Напишите уравнения их ступенчатой диссоциации и выражения констант диссоциации по каждой ступени.

3 Пользуясь таблицей растворимости, составьте молекулярные и ионные уравнения реакций получения следующих веществ.

4 Напишите в молекулярном и ионном виде уравнения реакций между данными веществами.

5 Для электролитов типа АВ вычислите неизвестную величину по известным данным.

6 Для предложенных веществ:

а) определите, выпадет ли осадок вещества  $X_1$  при сливании равных объемов растворов веществ  $X_2$  и  $X_3$  указанных концентраций. Разбавление учитывать;

б) напишите уравнение реакции между веществами  $X_2$  и  $X_3$  в молекулярном и ионном (полном и сокращенном) видах;

в) подберите вместо вещества  $X_2$  или  $X_3$  другое так, чтобы ионное сокращенное уравнение осталось прежним.

Таблица 9.1- Варианты заданий к вопросам 1 и 2

Вариант	Вопросы 1 и 2				
1	HNO <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> COOH	HBr	Fe(OH) <sub>2</sub>	BaCl <sub>2</sub>
2	NaOH	Zn(OH) <sub>2</sub>	HI	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	CuI <sub>2</sub>
3	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub>	Fe(OH) <sub>2</sub>
4	Ca(OH) <sub>2</sub>	Al(OH) <sub>3</sub>	MgCl <sub>2</sub>	HCl	KNO <sub>2</sub>
5	HNO <sub>2</sub>	Cu(OH) <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> OH	MgSO <sub>4</sub>	KI
6	HClO	HCl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Fe(OH) <sub>2</sub>	CuSO <sub>4</sub>
7	HNO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> Se	KOH	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Fe(OH) <sub>3</sub>
8	MgSO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S	Cd(OH) <sub>2</sub>	NaNO <sub>3</sub>
9	NH <sub>4</sub> OH	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Co(OH) <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> TeO <sub>4</sub>	LiOH
10	Ba(OH) <sub>2</sub>	Mn(OH) <sub>2</sub>	HNO <sub>3</sub>	AgCl	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>
11	Cu(OH) <sub>2</sub>	KCl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	NaOH
12	NaOH	Ni(OH) <sub>2</sub>	HCl	CuSO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S
13	KCl	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Pb(OH) <sub>2</sub>	NaOH	HNO <sub>3</sub>
14	CH <sub>3</sub> COOH	KNO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Cr(OH) <sub>3</sub>	KOH
15	NaOH	HCl	ZnCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Zn(OH) <sub>2</sub>
16	Al(OH) <sub>3</sub>	FeCl <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	NaOH	HNO <sub>3</sub>
17	Fe(OH) <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> OH	HCN	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KOH
18	KOH	KCl	Fe(OH) <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	HNO <sub>3</sub>
19	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S	NaOH	Fe(OH) <sub>3</sub>	KNO <sub>3</sub>
20	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	HCN	KOH	ZnSO <sub>4</sub>	Cd(OH) <sub>2</sub>
21	KCl	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	NaOH	Mn(OH) <sub>2</sub>	FeSO <sub>4</sub>
22	FeCl <sub>3</sub>	HCl	Cu(OH) <sub>2</sub>	KOH	HNO <sub>3</sub>
23	NaOH	Cr(OH) <sub>3</sub>	FeSO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HCN
24	Zn(OH) <sub>2</sub>	HNO <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	KOH	MgCl <sub>2</sub>
25	HCl	Pb(OH) <sub>2</sub>	BaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NaOH

Таблица 9.2 - Варианты заданий к вопросам 3 и 4

Вариант	Вопрос 3		Вопрос 4	
1	SnS	Mn(OH) <sub>2</sub>	FeCl <sub>2</sub>	AgNO <sub>3</sub>
2	PbI <sub>2</sub>	Fe(OH) <sub>3</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub>	HCl
3	BaCO <sub>3</sub>	Cu(OH) <sub>2</sub>	ZnCl <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> S
4	Pb <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Zn(OH) <sub>2</sub>	CH <sub>3</sub> COOH	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
5	ZnClO <sub>4</sub>	CH <sub>3</sub> COOH	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	CaCl <sub>2</sub>
6	Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> OH	FeBr <sub>2</sub>	AgNO <sub>3</sub>
7	BaSO <sub>3</sub>	Fe(OH) <sub>2</sub>	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
8	AgI	Cr(OH) <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> COOK	HNO <sub>3</sub>
9	SrSO <sub>4</sub>	Pb(OH) <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	BaCl <sub>2</sub>
10	MnSiO <sub>3</sub>	ZnCrO <sub>4</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
11	HgS	Al(OH) <sub>3</sub>	FeI <sub>2</sub>	AgNO <sub>3</sub>
12	ZnSO <sub>3</sub>	Mg(OH) <sub>2</sub>	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> S
13	HgI <sub>2</sub>	Fe(OH) <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> COONa	HCl
14	PbSO <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> COOH	ZnCl <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
15	PbSO <sub>4</sub>	Zn(OH) <sub>2</sub>	K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	FeCl <sub>2</sub>
16	Fe <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Cu(OH) <sub>2</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub>	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
17	CaCO <sub>3</sub>	Al(OH) <sub>3</sub>	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	BaCl <sub>2</sub>
18	MnI <sub>2</sub>	Fe(OH) <sub>2</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>
19	ZnCO <sub>3</sub>	Pb(OH) <sub>2</sub>	Cr(OH) <sub>3</sub>	NaOH
20	FeSiO <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> COOH	M(OH) <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
21	MnS	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	SnBr <sub>2</sub>	NaOH
22	Bi(OH) <sub>3</sub>	BaSO <sub>4</sub>	FeCl <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
23	Fe <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Cu(OH) <sub>2</sub>	Bi(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> S
24	Fe <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Cr(OH) <sub>3</sub>	AgNO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> S
25	MnCrO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub>	NaOH

Таблица 9.3- Варианты заданий к вопросу 5

Вариант	C, моль/л	$\alpha$ , %	$K_{\text{дис}}$	$C_i$ , моль/л
1	0,1	1,3		
2	0,1	80		
3	1	0,41		
4		3,3	$1,8 \cdot 10^{-5}$	
5		0,11	$7,5 \cdot 10^{-8}$	
6		0,001	$5 \cdot 10^{-13}$	
7	0,1	0,007		
8		26	$8 \cdot 10^{-3}$	
9		4,2	$1,76 \cdot 10^{-4}$	
10		6,4	$4,10 \cdot 10^{-4}$	
11	0,01	27		
13	0,1	1,3		
14	0,005	0,001		
15	0,1	6,4		
16		20	$1,7 \cdot 10^{-2}$	
17		0,07	$4,8 \cdot 10^{-8}$	
18		0,009	$7,1 \cdot 10^{-10}$	
19		0,05	$2,5 \cdot 10^{-8}$	
20		1,3	$1,7 \cdot 10^{-5}$	
21	0,1		$5,8 \cdot 10^{-10}$	
22	0,1		$8 \cdot 10^{-3}$	
23	1,0		$6,7 \cdot 10^{-1}$	
24	0,005		$5 \cdot 10^{-13}$	
25	0,1		$1,7 \cdot 10^{-5}$	

*Примечания*

1  $C_i$  – концентрация иона А или В.

2 Отсутствие данных в графе значит, что эту величину надо рассчитать.

Таблица 9.4 - Варианты заданий к вопросу 6

Вариант	$X_1$	$IP(X_1)$	$C(X_2)$ , моль/л	$C(X_3)$ , моль/л
0	$Bi_2S_3$	$10^{-97}$	$5 \cdot 10^{-10}$ $BiCl_3$	$8 \cdot 10^{-7}$ $K_2S$
1	$Fe(OH)_3$	$6.3 \cdot 10^{-39}$	0.005 NaOH	$10^{-5}$ $FeCl_3$
2	$MnS$	$2.5 \cdot 10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-4}$ $MnCl_2$	$10^{-5}$ $Na_2S$
3	$Li_3PO_4$	$3.2 \cdot 10^{-9}$	$3 \cdot 10^{-3}$ LiCl	0,1 $Na_3PO_4$
4	$PbSO_4$	$1.6 \cdot 10^{-8}$	$10^{-4}$ $Pb(NO_3)_2$	0,001 $H_2SO_4$
5	$Mn(OH)_2$	$1.9 \cdot 10^{-13}$	$10^{-5}$ $MnCl_2$	$10^{-7}$ NaOH
6	$Ni(IO_3)_2$	$1.4 \cdot 10^{-8}$	0.001 $NiCl_2$	0,002 $KIO_3$
7	$Fe(OH)_2$	$8 \cdot 10^{-16}$	$2 \cdot 10^{-5}$ $FeSO_4$	$2 \cdot 10^{-5}$ KOH
8	$SrSO_3$	$4 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-3}$ $SrCl_2$	$10^{-4}$ $Na_2SO_3$
9	$PbI_2$	$1.1 \cdot 10^{-9}$	$10^{-3}$ $Pb(NO_3)_2$	$10^{-3}$ KI
10	$BaSO_4$	$1.1 \cdot 10^{-10}$	$2 \cdot 10^{-4}$ $BaCl_2$	$5 \cdot 10^{-5}$ $H_2SO_4$
11	$Ni(OH)_2$	$2 \cdot 10^{-15}$	$5 \cdot 10^{-4}$ $Ni(NO_3)_2$	$7 \cdot 10^{-5}$ NaOH
12	$Ag_3PO_4$	$1.3 \cdot 10^{-20}$	$10^{-3}$ $AgNO_3$	$5 \cdot 10^{-6}$ $H_3PO_4$
13	$SrSO_4$	$3.2 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-3}$ $SrCl_2$	$5 \cdot 10^{-5}$ $H_2SO_4$
14	$CaSO_3$	$3.2 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-5}$ $CaCl_2$	$10^{-3}$ $Na_2SO_3$
15	$Mg(OH)_2$	$6 \cdot 10^{-10}$	$3 \cdot 10^{-3}$ $MgCl_2$	$2 \cdot 10^{-4}$ NaOH
16	$NiCO_3$	$1.3 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-5}$ $NiSO_4$	$4 \cdot 10^{-4}$ $Na_2CO_3$
17	$Co(OH)_3$	$4 \cdot 10^{-45}$	$10^{-10}$ $CoCl_2$	$2 \cdot 10^{-5}$ NaOH
18	$AgI$	$8.3 \cdot 10^{-17}$	$10^{-5}$ $AgNO_3$	$2 \cdot 10^{-5}$ KI
19	$Zn(OH)_2$	$1.2 \cdot 10^{-17}$	$3 \cdot 10^{-6}$ $ZnCl_2$	$10^{-6}$ NaOH
20	$CdCO_3$	$1.1 \cdot 10^{-12}$	$0.5 \cdot 10^{-5}$ $CdCl_2$	$10^{-6}$ $K_2CO_3$
21	$SrF_2$	$2.5 \cdot 10^{-9}$	$10^{-4}$ $SrCl_2$	$2 \cdot 10^{-3}$ NaF
22	$CoCO_3$	$1 \cdot 10^{-15}$	$10^{-4}$ $CoCl_2$	$3 \cdot 10^{-3}$ $Na_2CO_3$
23	$CuCrO_4$	$3.6 \cdot 10^{-6}$	$3.6 \cdot 10^{-3}$ $CuCl_2$	$10^{-3}$ $K_2CrO_4$
24	$CaCO_3$	$3.8 \cdot 10^{-9}$	$1.8 \cdot 10^{-5}$ $CaCl_2$	$2 \cdot 10^{-4}$ $Na_2CO_3$
25	$Fe(OH)_2$	$8 \cdot 10^{-16}$	$4 \cdot 10^{-5}$ $FeSO_4$	$10^{-7}$ NaOH

Пример решения варианта «0» вопроса б(а):

$$ПР(\text{Bi}_2\text{S}_3) = C^2(\text{Bi}^{3+}) \cdot C^3(\text{S}^{2-})$$

При сливании равных объемов растворов данных концентраций происходит разбавление в два раза. С учетом этого, а также диссоциации каждого вещества, концентрации ионов после сливания будут:

$$C(\text{Bi}^{3+}) = 2,5 \cdot 10^{-10} \text{ моль/дм}^3$$

$$C(\text{S}^{2-}) = 4 \cdot 10^{-7} \text{ моль/ дм}^3$$

Вычислим произведение концентраций ионов висмута ( $\text{Bi}^{3+}$ ) и сульфид-ионов ( $\text{S}^{2-}$ ) в растворе после сливания:

$$C^2(\text{Bi}^{3+}) \cdot C^3(\text{S}^{2-}) = (2,5 \cdot 10^{-10})^2 \cdot (4 \cdot 10^{-7})^3 = 6,25 \cdot 10^{-20} \cdot 64 \cdot 10^{-21} = 4 \cdot 10^{-39}$$

Сравним полученное произведение концентраций с величиной произведения растворимости сульфида висмута:

$$ПР(\text{Bi}_2\text{S}_3) < 4 \cdot 10^{-39}$$

Произведение концентраций ионов осадка в полученном растворе превышает произведение растворимости, осадок выпадает.

## 10 Водородный показатель (рН). Гидролиз солей

Индивидуальное задание состоит из четырех задач, три из которых (1, 3, 4) требуют расчета. Конечный результат расчета рН округлите до сотых.

### Задача 1

Рассчитайте  $C(H^+)$ ,  $C(OH^-)$ ; рН и рОН в растворе кислоты или основания с известной концентрацией  $C(X)$ .

Таблица 10.1 - Варианты заданий к задаче 1

Вариант	Вещество X	C(X)	Вариант	Вещество X
1	NaOH	0,03	16	HCl
2	KOH	0,1	17	HNO <sub>3</sub>
3	Ba(OH) <sub>2</sub>	0,001	18	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
4	NH <sub>4</sub> OH	0,01	19	CH <sub>3</sub> COOH
5	LiOH	0,001	20	HNO <sub>3</sub>
6	RbOH	0,1	21	H <sub>2</sub> S
7	CsOH	0,02	22	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
8	HCN	0,002	23	HCN
9	Ba(OH) <sub>2</sub>	0,02	24	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
10	NaOH	0,001	25	HNO <sub>3</sub>
11	Sr(OH) <sub>2</sub>	0,01	26	LiOH
12	NH <sub>4</sub> OH	0,002	27	HCN
13	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,01	28	Cd(OH) <sub>2</sub>
14	KOH	0,001	29	AgOH
15	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,2	30	H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>

*Примечание - При расчете рН и рОН в растворах слабых электролитов необходимо использовать значения величин  $K_d$ , приведенных в приложении Б.*

## Задача 2

Напишите в молекулярной и сокращенной ионной форме уравнения реакций гидролиза пяти солей.

Таблица 10.2 - Варианты заданий к задаче 2

Вариант	Соли				
1	FeCl <sub>3</sub>	Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	KCN	Al <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
2	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> Cl	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> COONa	Cr <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
3	Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	SnI <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> S	CH <sub>3</sub> COOLi	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
4	Bi(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	MnCl <sub>2</sub>	Ba(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S
6	CuSO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	KNO <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub>
7	NiSO <sub>4</sub>	SnI <sub>2</sub>	Li <sub>2</sub> S	CH <sub>3</sub> COOK	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
8	ZnSO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub> Cl	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> COONa	Cr <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
9	FeCl <sub>3</sub>	MnSO <sub>4</sub>	CH <sub>3</sub> COOLi	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S
11	Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CdCl <sub>2</sub>	Ba(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	Fe(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>
12	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	NiSO <sub>4</sub>	KNO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub>
13	Bi(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	CuCl <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> S	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	Fe(CN) <sub>2</sub>
14	NH <sub>4</sub> Cl	MnSO <sub>4</sub>	Li <sub>2</sub> S	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
15	Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	AlCl <sub>3</sub>	BaS	Na <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S
16	CoCl <sub>2</sub>	Mn(NO <sub>3</sub> )	CH <sub>3</sub> COOK	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
17	CuI <sub>2</sub>	NiSO <sub>4</sub>	KCN	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Pb(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>
18	MnCl <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> Br	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> S	Fe(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>
19	AgNO <sub>3</sub>	MgCl <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> HSO <sub>3</sub>	KNO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
20	NiCl <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Ca <sub>3</sub> (BO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Mg <sub>3</sub> N <sub>2</sub>
21	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	FeCl <sub>2</sub>	Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	KCN	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S
22	CrCl <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Li <sub>2</sub> S	KNO <sub>2</sub>	Mn(CN) <sub>2</sub>
23	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> Cl	Ba(CN) <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> S	Al <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
24	Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	SnCl <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S
25	Hg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CuCl <sub>2</sub>	KCN	Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> S <sub>3</sub>

### Задача 3

Рассчитайте константу гидролиза ( $K_r$ ) соли и степень гидролиза ( $h$ ) в растворе указанной концентрации  $C(X)$ .

Таблица 10.3 - Варианты заданий к задаче 3

Вариант	Соль (X)	$C(X)$ , моль/дм <sup>3</sup>	Вариант	Соль (X)	$C(X)$ , моль/дм <sup>3</sup>
1	NH <sub>4</sub> Cl	0.1	14	Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.01
2	CH <sub>3</sub> COOK	0.01	15	FeSO <sub>4</sub>	0.005
3	CuCl <sub>2</sub>	0.002	16	Cr(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	0.003
4	K <sub>2</sub> S	0.001	17	CH <sub>3</sub> COOLi	0.001
5	FeCl <sub>3</sub>	0.01	18	NiSO <sub>4</sub>	0.03
6	ZnSO <sub>4</sub>	0.1	19	CuCl <sub>2</sub>	0.1
7	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.003	20	KCN	0.1
8	MnCl <sub>2</sub>	0.005	21	ZnCl <sub>2</sub>	0.002
9	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.001	22	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.001
10	NH <sub>4</sub> Br	0.01	23	CoCl <sub>2</sub>	0.01
11	CrCl <sub>3</sub>	0.1	24	Mn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.1
12	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0.004	25	NiSO <sub>4</sub>	0.003
13	MnCl <sub>2</sub>	0.02	26	NH <sub>4</sub> Br	0.005

*Примечание - При расчете  $K_r$  необходимо использовать значения величин  $K_d$ , приведенных в приложении Б.*

## 11 Комплексные соединения

Индивидуальное задание по этой теме содержит 7 основных вопросов и несколько дополнительных. На последние ответы даются в случае специального указания преподавателя. Они потребуют изучения материала, который можно найти в рекомендуемой литературе [1, 2, 3].

### Вопросы

#### Основные:

1. Дайте названия комплексным соединениям и комплексным ионам.
2. Определите, чему равны заряд комплексного иона, степень окисления и координационное число комплексообразователя.
3. Напишите уравнения реакций получения двух комплексных соединений вашего варианта в молекулярном и ионном виде, укажите тип реакции.
4. Укажите типы связи между частицами в комплексном соединении.
5. Напишите уравнения электролитической диссоциации соединений 1 и 2 и выражение констант нестойкости ( $K_n$ )
6. Сравнивая значения  $K_n$  ионов 3 и 4, укажите более прочный ион.

#### Дополнительные:

1. Вычислите концентрацию иона-комплексообразователя в 0,1 М раствора комплексной соли, используя значения  $K_n$ . (см. приложение В)
2. Опишите электронную конфигурацию атома элемента-комплексообразователя и иона ( $n^+$ ) комплексообразователя.
3. Объясните характер химической связи в комплексном ионе, используя метод валентных связей (МВС).
4. Укажите число неспаренных электронов и магнитные свойства вещества.

Таблица 11.1- Варианты заданий к вопросам

Вариант	1	2	3	4
1	[Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ]SO <sub>4</sub>	K[AgBr <sub>2</sub> ]	[Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sup>3-</sup>	[Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sup>4-</sup>
2	K[Ag(CNS) <sub>2</sub> ]	Rb[SbBr <sub>6</sub> ]	[Zn(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup>	[Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup>
3	K <sub>2</sub> [Zn(CN) <sub>4</sub> ]	[Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ]Cl <sub>3</sub>	[CdBr <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	[Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] <sup>+</sup>
4	[Cd(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ]SO <sub>4</sub>	K <sub>3</sub> [Co(CN) <sub>6</sub> ]	[FeF <sub>6</sub> ] <sup>3-</sup>	[AlF <sub>6</sub> ] <sup>3-</sup>
5	K <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	H <sub>2</sub> [PtCl <sub>6</sub> ]	[Zn(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup>	[Zn(CN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>
6	[Cr(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ]Cl <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> [Zn(OH) <sub>4</sub> ]	[AgI <sub>2</sub> ] <sup>-</sup>	[Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] <sup>+</sup>
7	K <sub>2</sub> [CdI <sub>4</sub> ]	[Ni(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ]Cl <sub>2</sub>	[Al(OH) <sub>4</sub> ] <sup>-</sup>	[Zn(OH) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>
8	[Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ](OH) <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> [PtCl <sub>4</sub> ]	[FeF <sub>6</sub> ] <sup>3-</sup>	[Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sup>3-</sup>
9	K <sub>3</sub> [Co(NO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ]	[Ni(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ]Cl <sub>2</sub>	[Hg(CN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	[Zn(CN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>
10	K[Ag(CN) <sub>2</sub> ]	Na <sub>2</sub> [Zn(OH) <sub>4</sub> ]	[Cd(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup>	[Zn(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup>
11	H <sub>2</sub> [SnCl <sub>4</sub> ]	[Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]Cl	[Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ] <sup>3+</sup>	[Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup>
12	K <sub>2</sub> [CdBr <sub>4</sub> ]	K[Fe(CNS) <sub>4</sub> ]	[Ag(CN) <sub>2</sub> ] <sup>-</sup>	[Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] <sup>+</sup>
13	[Pt(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub> ]Cl <sub>2</sub>	Na <sub>3</sub> [AlF <sub>6</sub> ]	[Zn(OH) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	[Zn(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup>
14	K <sub>2</sub> [HgBr <sub>4</sub> ]	[Zn(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ](OH) <sub>2</sub>	[Co(CN) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup>	[Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sup>4-</sup>
15	[Cr(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub> ]Cl <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> [PbI <sub>4</sub> ]	[HgCl <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	[Hg(CN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>
16	Na <sub>3</sub> [Al(OH) <sub>6</sub> ]	K <sub>2</sub> [HgI <sub>4</sub> ]	[Ni(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup>	[Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup>
17	K <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	K <sub>2</sub> [PtCl <sub>6</sub> ]	[Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup>	[Cd(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup>
18	K <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	[Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> Br]Br <sub>2</sub>	[HgI <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	[HgBr <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>
19	[Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ]SO <sub>4</sub>	Na[Al(OH) <sub>4</sub> ]	[Ni(CN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	[Zn(CN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>
20	[Cr(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ]Cl <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> [HgBr <sub>4</sub> ]	[Cd(CN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	[Cd(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup>
21	[Cd(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ]SO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> [Zn(OH) <sub>4</sub> ]	[HgCl <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	[Hg(CN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>
22	K <sub>2</sub> [HgI <sub>4</sub> ]	K[Pd(NH <sub>3</sub> )Cl <sub>3</sub> ]	[Cu(CN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	[Ni(CN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>
23	[Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ]Cl <sub>2</sub>	K <sub>4</sub> [TiCl <sub>8</sub> ]	[Cd(CN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	[Hg(CN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>
24	[Pt(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ]Cl <sub>4</sub>	Na <sub>3</sub> [Al(OH) <sub>6</sub> ]	[HgBr <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	[Hg(CN) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>
25	[Cd(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ]SO <sub>4</sub>	Na <sub>3</sub> [FeF <sub>6</sub> ]	[Al(OH) <sub>4</sub> ] <sup>-</sup>	[Zn(OH) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>

Таблица 11.2 - Примеры некоторых лигандов

Лиганды	Название	Лиганды	Название
$\text{CN}^-$	циано	$\text{Cl}^-$	хлоро
$\text{OH}^-$	гидроксо	$\text{Br}^-$	бromo
$\text{CH}_3\text{COO}^-$	ацетато	$\text{I}^-$	йодо
$\text{NO}_3^-$	нитрато	$\text{H}_2\text{O}$	акво
$\text{NO}_2^-$	нитро	$\text{NH}_3$	аммино
$\text{F}^-$	фторо	$\text{CO}$	карбонил

## 12 Окислительно-восстановительные реакции

Индивидуальные задания по данной теме содержит по три уравнения ОВР (I, II) в каждом варианте.

К первому уравнению относятся вопросы 1, 2а – б, ко II – только вопросы 1, 2б и 3.

Вопросы:

В данных уравнениях реакции (I) и (II):

1. Определите степени окисления всех атомов в молекулах. Укажите окислитель и восстановитель,

2. Напишите уравнения процессов окисления и восстановления и подберите коэффициенты:

а) методом электронного баланса;

б) электронно-ионным методом.

3. Укажите тип ОВР.

4. Рассчитайте молярную массу эквивалента окислителя и восстановителя.

5. Найдите  $\Delta E^0$  реакции, используя стандартные значения окислительно-восстановительных потенциалов (приложение Д)

6. Рассчитайте константу равновесия ( $K_p$ ) реакции, сделайте вывод о смещении равновесия.

Таблица 12.1- Варианты заданий к вопросам

Вариант	Уравнение реакции I
1	$\text{KI} + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{NO} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
2	$\text{SO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$
3	$\text{HIO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{I}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$
4	$\text{I}_2 + \text{Cl}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaIO}_3 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
5	$\text{Cu} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
6	$\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$
7	$\text{SO}_2 + \text{HClO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$
8	$\text{Ca} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$
9	$\text{P} + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NO}$
10	$\text{HClO} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{HCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
11	$\text{HCl} + \text{MnO}_2 \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
12	$\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SeO}_3 \rightarrow \text{S} + \text{Se} + \text{H}_2\text{O}$
13	$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{S}^0 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
14	$\text{Au} + \text{HNO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{AuCl}_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
15	$\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3$
16	$\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$
17	$\text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
18	$\text{Ni}(\text{OH})_3 + \text{Cd} \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{Cd}(\text{OH})_2$
19	$\text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Pb} + \text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$
20	$\text{Mg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
21	$\text{Ni}(\text{OH})_3 + \text{Fe} \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{Fe}(\text{OH})_2$
22	$\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HBr}$
23	$\text{KClO}_3 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HIO}_3 + \text{KCl}$
24	$\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{FeO}_4 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
25	$\text{K}_2\text{FeO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$

Таблица 12.2 - Варианты заданий к вопросам

Вариант	Уравнение реакции II
1	$\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{KClO}_4$
2	$\text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HIO} + \text{HI}$
3	$\text{KBrO} \rightarrow \text{KBr} + \text{KBrO}_3$
4	$\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
5	$\text{KClO}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KClO}_3 + \text{KClO} + \text{H}_2\text{O}$
6	$\text{NH}_4\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$
7	$\text{I}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaIO}_3 + \text{NaI} + \text{H}_2\text{O}$
8	$\text{HNO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
9	$\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \text{HClO}_3$
10	$\text{S} + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
11	$\text{KIO}_3 \rightarrow \text{KI} + \text{O}_2$
12	$\text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KClO}_3 + \text{KClO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
13	$(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{N}_2 + \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$
14	$\text{KBrO}_2 \rightarrow \text{KBr} + \text{KBrO}_3$
15	$\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{HNO}_3$
16	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbO} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$
17	$\text{NaNO}_3 \rightarrow \text{NaNO}_2 + \text{O}_2$
18	$\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{O}_2$
19	$\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HBrO} + \text{HBr}$
20	$\text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{S}$
21	$\text{Cl}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{NaClO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
22	$\text{HClO}_3 \rightarrow \text{ClO}_2 + \text{HClO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
23	$\text{CrCl}_3 + \text{HMnO}_4 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
24	$\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag} + \text{NO} + \text{O}_2$
25	$\text{H}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

### 13 Химия конструкционных металлов и сплавов

При ответах на вопросы задания используйте приложение Г.

Уравнения реакций приведите со стехиометрическими коэффициентами.

При характеристике сплавов укажите их качественный состав.

В каждом варианте дается четыре металла, свойства которых Вы должны описать, ответив на ниже приведенные вопросы.

Вопросы:

1. Напишите уравнения возможных реакций металлов с перечисленными кислотами. Укажите условия их проведения.

2. Для соединений каких металлов характерна амфотерность? Какой металл может взаимодействовать со щелочью? Напишите уравнение реакции.

3. Назовите пассивирующую среду для конкретного металла.

4. Для первых двух металлов назовите конструкционные сплавы и их применение в вашей отрасли

5. Для третьего и четвертого металла назовите их природные соединения.

6. Расположите металлы вашего варианта в ряд по возрастанию электродного потенциала. Укажите как изменяется окислительная активность их ионов в полученном ряду.

7. Опишите примечательные свойства металлов вашего варианта.

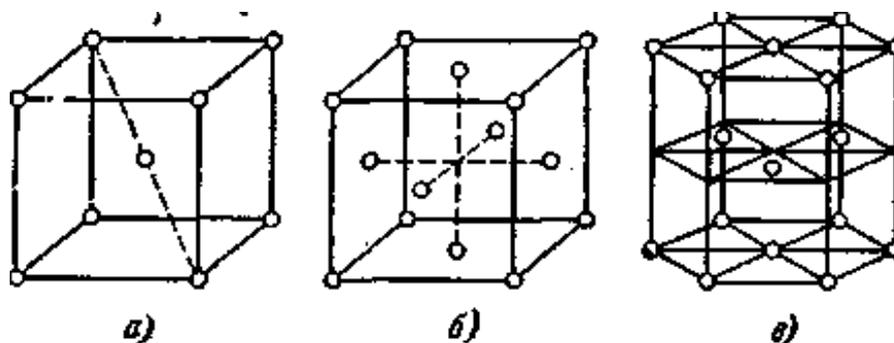


Рисунок 13.1 – Некоторые виды кристаллических решеток

Таблица 13.1- Варианты заданий к вопросам

Вариант	Серная		Азотная	
	Разб.	Конц.	Разб.	Конц.
1	Барий	Медь	Никель	Цинк
2	Магний	Хром	Кадмий	Кобальт
3	Кобальт	Железо	Бериллий	Ртуть
4	Алюминий	Серебро	Медь	Вольфрам
5	Никель	Кадмий	Алюминий	Ванадий
6	Ртуть	Кальций	Цинк	Медь
7	Цинк	Титан	Хром	Магний
8	Калий	Марганец	Никель	Олово
9	Свинец	Магний	Серебро	Кобальт
10	Титан	Натрий	Цинк	Железо
11	Бериллий	Железо	Ртуть	Кадмий
12	Свинец	Титан	Молибден	Золото
13	Медь	Никель	Хром	Барий
14	Кадмий	Барий	Кобальт	Алюминий
15	Железо	Цинк	Магний	Никель
16	Молибден	Олово	Кальций	Кадмий
17	Ванадий	Никель	Марганец	Золото
18	Кальций	Кобальт	Олово	Молибден
19	Хром	Ртуть	Натрий	Никель
20	Серебро	Бериллий	Ванадий	Железо
21	Кадмий	Молибден	Свинец	Натрий
22	Олово	Ванадий	Кобальт	Медь
23	Натрий	Алюминий	Молибден	Хром
24	Медь	Свинец	Титан	Бериллий
25	Марганец	Золото	Железо	Свинец

## 14 Электрохимия

Индивидуальное задание по данной теме содержит несколько вопросов по ГЭ и задачи по электролизу.

В задаче 1 под химическими символами даны молярные концентрации (М) ионов в электролите гальванического элемента (моль/дм<sup>3</sup>).

### Задача 1

В данном гальваническом элементе:

а) укажите анод и катод, воспользовавшись таблицей стандартных электродных потенциалов металлов (приложение Г);

б) запишите уравнения анодного и катодного процессов, протекающих на электродах;

в) рассчитайте ЭДС гальванического элемента при данных концентрациях ионов;

г) измените состав гальванического элемента таким образом, чтобы анод данного элемента стал катодом (для этого используйте приложение Г).

### Задача 2

Какой ион из смеси восстанавливается первым? Все ли ионы можно восстановить из раствора путем электролиза? Ответ обоснуйте.

Напишите уравнения процессов, протекающих на катоде и аноде для раствора смеси солей. К каждому катиону подберите подходящий анион так, чтобы все соли оставались в растворе.

Таблица 14.1- Варианты заданий к задачам 1 и 2

Вариант	Схема ГЭ	Металлы
1	Zn Zn <sup>2+</sup>    Cd <sup>2+</sup>  Cd 0,1M <sup>3</sup> 0,01M	Cu <sup>2+</sup> , Sn <sup>2+</sup> , Hg <sup>2+</sup>
2	Mg Mg <sup>2+</sup>    Cd <sup>2+</sup>  Cd 1,0M 0,1M	Ni <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Pb <sup>2+</sup>
3	Zn Zn <sup>2+</sup>    Pb <sup>2+</sup>  Pb 0,1M 0,01M	Cu <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> , Co <sup>2+</sup>
4	Mg Mg <sup>2+</sup>    Zn <sup>2+</sup>  Zn 0,1M 0,01M	Sn <sup>2+</sup> , Ag <sup>+</sup> , Zn <sup>2+</sup>
5	Ag Ag <sup>+</sup>    Zn <sup>2+</sup>  Zn 1,0M 0,1M	Mg <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup>
6	Ag Ag    H <sup>+</sup>  H <sub>2</sub> (Pt) 0,1M 1,0M	Co <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup>
7	Al Al <sup>3+</sup>    Ni <sup>2+</sup>  Ni 0,01M 0,1M	Zn <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> , Ag <sup>+</sup>
8	Cu Cu <sup>2+</sup>    Zn <sup>2+</sup>  Zn 0,1M 0,001M	Ag <sup>+</sup> , Hg <sup>2+</sup> , Ni <sup>2+</sup>
9	Fe Fe <sup>2+</sup>    H <sup>+</sup>  H <sub>2</sub> (Pt) 1,0M 1,0M	Cu <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup>
10	Sn Sn <sup>2+</sup>    Fe <sup>2+</sup>  Fe 0,1M 0,001M	Pb <sup>2+</sup> , Al <sup>3+</sup> , Cu <sup>2+</sup>
11	Au Au <sup>3+</sup>    Al <sup>3+</sup>  Al 0,1M 0,001M	Sn <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup>
12	Mn Mn <sup>2+</sup>    Co <sup>2+</sup>  Co 0,01M 1,0M	Au <sup>3+</sup> , Al <sup>3+</sup> , Hg <sup>2+</sup>
13	Ag Ag <sup>+</sup>    Ag <sup>+</sup>  Ag 0,1M 0,001M	Cu <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup> , Co <sup>2+</sup>

Продолжение таблицы 14.1

Вариант	Схема ГЭ	Металлы
14	Mg  Mg <sup>2+</sup>    Pb <sup>2+</sup>  Pb 0,01M 0,1M	Ag <sup>+</sup> , Mn <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup>
15	Ni  Ni <sup>2+</sup>    Pb <sup>2+</sup>  Pb 0,1M 0,01M	Mg <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup>
16	Zn  Zn <sup>2+</sup>    Ni <sup>2+</sup>  Ni 1,0M 2,0M	Ag <sup>+</sup> , Sn <sup>2+</sup> , Cd <sup>2+</sup>
17	Zn  Zn <sup>2+</sup>    Zn <sup>2+</sup>  Zn 0,01M 2,0M	K <sup>+</sup> , Ag <sup>+</sup> , Ni <sup>2+</sup>
18	Ni  Ni <sup>2+</sup>    Ag <sup>+</sup>  Ag 0,1M 1,0M	Cd <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup>
19	Cd  Cd <sup>2+</sup>    Sn <sup>2+</sup>  Sn 0,1M 1,0M	Cu <sup>2+</sup> , Ag <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup>
20	Cd  Cd <sup>2+</sup>    Cu <sup>2+</sup>  Cu 0,1M 2,0M	Fe <sup>2+</sup> , Co <sup>2+</sup> , Hg <sup>2+</sup>
21	Cu Cu <sup>2+</sup>   Ag <sup>+</sup>  Ag 0,1M 2,0M	Sn <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Ni <sup>2+</sup>
22	Sn Sn <sup>2+</sup>   Ag <sup>+</sup>  Ag 0,2M 1,0M	Cu <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> , Ni <sup>2+</sup>
23	Ni Ni <sup>2+</sup>   Co <sup>2+</sup>  Co 1,0M 2,0M	Zn <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> , Sn <sup>2+</sup>
24	Fe  Fe <sup>2+</sup>   Ni <sup>2+</sup>  Ni 0,1M 2,0M	Ni <sup>2+</sup> , Co <sup>2+</sup> , Ag <sup>+</sup>
25	Cd  Cd <sup>2+</sup>    Ni <sup>2+</sup>  Ni 0,01M 1,0M	Zn <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup>

### Задача 3

Рассчитайте время  $t$  (ч), необходимое для выделения  $m$  (г) металла из расплава вещества  $X$  путем электролиза при силе тока  $I$  (А). Напишите уравнение реакций на аноде и катоде. Число Фарадея  $F = 26,8 \text{ А} \cdot \text{ч}/\text{моль}$ .

Таблица 14.2- Варианты заданий к задаче 3

Вариант	X	m, г	I, А
1	NaCl	2,3	2,68
2	MgCl <sub>2</sub>	2,4	1,34
3	Cu(OH) <sub>2</sub>	6,5	5,36
4	FeCl <sub>2</sub>	0,56	1,0
5	Ba(OH) <sub>2</sub>	13,7	2,0
6	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4,6	1,0
7	NiSO <sub>4</sub>	5,9	1,34
8	CuCl <sub>2</sub>	3,2	2,0
9	ZnSO <sub>4</sub>	6,5	1,0
10	KOH	3,9	2,68
11	CaCl <sub>2</sub>	0,4	1,34
12	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,7	1,34
13	CrCl <sub>3</sub>	0,52	2,0
14	MgCl <sub>2</sub>	1,2	2,68
15	LiOH	0,69	1,0
16	Ca(OH) <sub>2</sub>	4,0	1,0
17	BaCl <sub>2</sub>	1,37	2,0
18	BeO	0,9	1,0
19	NaOH	2,3	5,0
20	AlF <sub>3</sub>	2,7	2,0
21	NaF	0,23	1,0
22	CaF <sub>2</sub>	0,40	2,0
23	FeCl <sub>3</sub>	0,56	1,34
24	PbCl <sub>2</sub>	2,07	2,0
25	ZnCl <sub>2</sub>	6,5	1,0

## Задача 4

Вычислите теоретический потенциал разложения водного раствора вещества X с инертными электродами.

Таблица 14.3- Варианты заданий к задаче 4

Вариант	X	Вариант	X	Вариант	X
1	FeCl <sub>2</sub>	9	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	17	NaCl
2	ZnSO <sub>4</sub>	10	CoSO <sub>4</sub>	18	CuBr <sub>2</sub>
3	KI	11	ZnI <sub>2</sub>	19	Hg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
4	NiCl <sub>2</sub>	12	ZnBr <sub>2</sub>	20	FeI <sub>2</sub>
5	AgNO <sub>3</sub>	13	NiSO <sub>4</sub>	21	ZnCl <sub>2</sub>
6	BaI <sub>2</sub>	14	MnCl <sub>2</sub>	22	FeSO <sub>4</sub>
7	FeCl <sub>3</sub>	15	CuCl <sub>2</sub>	23	AlI <sub>3</sub>
8	CaCl <sub>2</sub>	16	MnSO <sub>4</sub>	24	Ni(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>

## Задача 5

Сколько (г) вещества X разложится при пропускании через раствор (расплав) тока силой I (А) в течение одного часа? F = 26,8 А·ч/моль.

Таблица 14.4- Варианты заданий к задаче 5

Вариант	X	I, А	Вариант	X	I, А
1	CuCl <sub>2</sub>	1,0	14	NaOH	0,5
2	NaOH	2,0	15	CuCl <sub>2</sub>	0,7
3	MgCl <sub>2</sub>	5,0	16	MgCl <sub>2</sub>	6,0
4	ZnSO <sub>4</sub>	1,0	17	NiCl <sub>2</sub>	2,5
5	CoCl <sub>2</sub>	3,5	18	ZnCl <sub>2</sub>	0,5
6	FeCl <sub>3</sub>	2,0	19	FeCl <sub>2</sub>	3,0
7	ZnCl <sub>2</sub>	4,0	20	NaOH	2,0
8	NiCl <sub>2</sub>	1,5	21	MgCl <sub>2</sub>	0,5
9	KOH	0,5	22	NaOH	1,5
10	Mg(OH) <sub>2</sub>	3,0	23	CuCl <sub>2</sub>	3,5
11	NaOH	0,2	24	ZnSO <sub>4</sub>	3,0
12	CoCl <sub>2</sub>	2,0	25	MgCl <sub>2</sub>	3,0
13	ZnSO <sub>4</sub>	2,5			

## 15 Коррозия металлов и защита от коррозии

Индивидуальное задание по этой теме требует хорошего усвоения материала по предыдущим разделам курса химии: окислительно-восстановительные реакции, химические свойства металлов, гальванические элементы. При необходимости обращайтесь к литературе, указанной в рекомендуемом списке по названным выше темам. Отвечая на вопросы 1(д) и 2(г), учитывайте использование рассматриваемых металлов и сплавов в отраслях Вашей специальности и, соответственно, возможность защиты их от коррозии.

### Задание 1:

а) для пары металлов составьте уравнения анодного и катодного процессов электрохимической коррозии в данной среде;

б) укажите процесс окисления и восстановления; анод и катод в гальванопаре;

в) сделайте рисунок, представляющий схему коррозионного процесса, с указанием катодного и анодного участков; покажите на схеме переход электронов с одного участка на другой (см. рисунок 15.1);

г) запишите уравнение реакции образования конечных продуктов коррозии;

д) предложите метод защиты корродируемого металла.

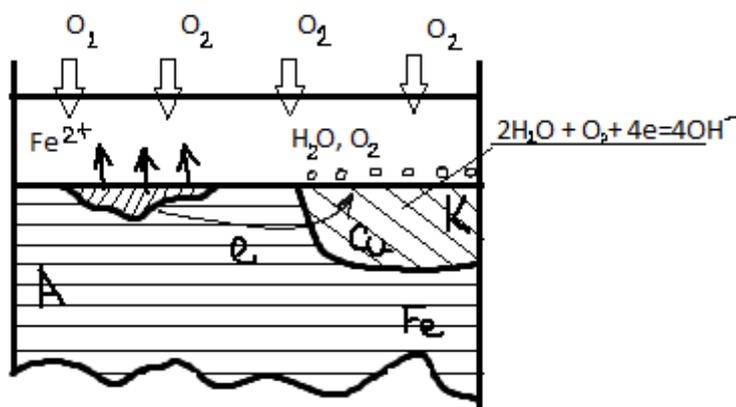


Рисунок 15.1 – Схема коррозионного процесса

Таблица 15.1- Варианты к заданию 1

Вариант	Металлы	Среда
1	Ni, Ag	p-p H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
2	Fe, Zn	H <sub>2</sub> O + O <sub>2</sub>
3	Fe, Cd	p-p HCl
4	Fe, Sn	H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> S
5	Zn, Ni	H <sub>2</sub> O + CO <sub>2</sub>
6	Cu, Ag	SO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O
7	Cu, Fe	H <sub>2</sub> O + CO <sub>2</sub>
8	Cu, Au	H <sub>2</sub> O, SO <sub>2</sub>
9	Cu, Pt	p-p HNO <sub>3</sub>
10	Al, Cu	p-p NaOH
11	Pb, Sn	O <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O
12	Pb, Zn	HCl + H <sub>2</sub> O
13	Pb, Fe	p-p H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
14	Cu, Pb	p-p H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
15	Fe, Cr	p-p HNO <sub>3</sub>
16	Zn, Cd	p-p KOH
17	Zn, Co	H <sub>2</sub> O + NH <sub>3</sub>
18	Zn, Cu	p-p HNO <sub>3</sub>
19	Fe, Co	H <sub>2</sub> O + O <sub>2</sub>
20	Fe, Ni	H <sub>2</sub> O + CO <sub>2</sub>
21	Al, Ni	p-p NaOH
22	Al, Mg	p-p Ba(OH) <sub>2</sub>
23	Be, Cu	p-p NaOH
24	Be, Sn	H <sub>2</sub> O + CO <sub>2</sub>
25	Cu, Mn	H <sub>2</sub> O + SO <sub>2</sub>

## Задание 2:

а) дайте понятие газовой коррозии, укажите условия ее протекания;

б) исходя из свойств металлов и агрессивности среды, а также, учитывая свойства возможных продуктов коррозии, опишите процесс газовой коррозии данных металлов в указанных средах (\*);

в) напишите уравнения химических реакций;

г) предложите методы защиты для каждого случая коррозии.

Таблица 15.2 - Варианты заданий к задаче 2

Вариант	Металлы и сплавы	Газовая среда				
		O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O пары	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S
1	Mg Au Fe и стали Al и сплавы	*	*		*	
2			*	*		*
3		*	*			*
4		*		*	*	
5				*	*	*
6	Zn Pt Fe и стали Sn и сплавы		*	*	*	
7		*	*			*
8		*		*		*
9			*		*	*
10		*		*	*	
11	Pb Ag Fe и стали Mg и сплавы	*	*	*		
12			*	*	*	
13			*	*		*
14		*			*	*
15		*			*	*
16	Sn Au Fe и стали Cu и сплавы	*	*	*		
17			*	*	*	
18				*	*	*
19		*			*	*
20		*	*			*
21	Cr Ag Fe и стали Ni и сплавы		*	*		*
22		*	*		*	
23		*			*	*
24			*	*	*	
25		*		*		*

## 16 Жесткость воды

Индивидуальное задание содержит четыре расчетных задачи, решать которые легче в порядке их расположения. Рекомендуется повторить разделы: «Эквивалент, закон эквивалентов» и «Концентрация растворов».

### Задача 1

В  $V$  (л) воды обнаружено  $m_1$  (г) вещества  $X_1$  и  $m_2$  (г) вещества  $X_2$ .  
Рассчитайте жесткость воды (ммоль-л).

Таблица 16.1- Варианты заданий к задаче 1

Вариант	$V$ , л	$m_1$ , г	$X_1$	$m_2$ , г	$X_2$
1	0,1	0,0301	$MgSO_4$	0,0081	$Ca(HCO_3)_2$
2	0,5	0,0366	$Mg(HCO_3)_2$	0,0458	$CaCl_2$
3	1,0	0,0476	$MgCl_2$	0,0405	$Ca(HCO_3)_2$
4	1,0	0,146	$Mg(HCO_3)_2$	0,068	$CaSO_4$
5	0,25	0,091	$CaCl_2$	0,0732	$Mg(HCO_3)_2$
6	10,0	0,455	$CaCl_2$	1,46	$Mg(HCO_3)_2$
7	5,0	0,9	$CaCl_2$	0,0732	$Mg(HCO_3)_2$
8	2,0	0,366	$CaCl_2$	0,146	$Mg(HCO_3)_2$
9	100,0	9,0	$CaCl_2$	3,66	$Mg(HCO_3)_2$
10	1000,0	45,8	$CaCl_2$	36,6	$Mg(HCO_3)_2$
11	1,0	0,089	$Fe(HCO_3)_2$	0,068	$CaSO_4$
12	0,2	0,0445	$Fe(HCO_3)_2$	0,0034	$CaSO_4$
13	3,0	0,356	$Fe(HCO_3)_2$	0,0476	$MgCl_2$
14	0,4	0,048	$MgSO_4$	0,0162	$Ca(HCO_3)_2$
15	0,1	0,015	$MgSO_4$	0,0081	$Ca(HCO_3)_2$
16	10,0	1,5	$MgSO_4$	2,0	$Ca(HCO_3)_2$
17	0,25	0,00476	$MgCl_2$	0,00162	$Ca(HCO_3)_2$
18	2,5	0,24	$MgCl_2$	0,81	$Ca(HCO_3)_2$
19	5,0	1,2	$MgCl_2$	0,81	$Ca(HCO_3)_2$
20	100,0	9,5	$MgCl_2$	16,2	$Ca(HCO_3)_2$
21	0,4	0,089	$Fe(HCO_3)_2$	0,015	$MgSO_4$
22	0,7	0,22	$Fe(HCO_3)_2$	0,00725	$MgSO_4$
23	50,0	2,0	$Ca(HCO_3)_2$	1,5	$MgCl_2$
24	4,0	0,0324	$Ca(HCO_3)_2$	0,24	$MgCl_2$
25	$0,5m^3$	1,62	$Ca(HCO_3)_2$	4,76	$MgCl_2$

## Задача 2

При определении жесткости на титрование  $V_1$  ( $\text{см}^3$ ) воды израсходовали  $V_2$  ( $\text{см}^3$ ) кислоты с молярной концентрацией эквивалента  $C$  моль/ $\text{дм}^3$ . Рассчитайте жесткость воды.

Таблица 16.2- Варианты заданий к задаче 3

Вариант	$V_1, \text{см}^3$	$V_2, \text{см}^3$	$C(1/z X)$ моль/ $\text{дм}^3$
1	100	68	0,05
2	100	2,5	0,12
3	100	5,0	0,1
4	1,0л	50,0	0,1
5	100	3,0	0,1
6	100	8,0	0,1
7	300	15,0	0,1
8	100	5,0	0,08
9	50	1,5	0,1
10	300	17,0	0,1
11	200	14,0	0,1
12	100	2,5	0,12
13	0,1л	7,2	0,13
14	200	5,0	0,12
15	300	12,0	0,1
16	100	9,0	0,14
17	0,5л	3,2	0,1
18	250	12,0	0,1
19	200	10,0	0,1
20	120	6,0	0,2
21	140	3,5	0,2
22	180	4,0	0,4
23	160	8,0	0,2
24	100	2,0	0,35
25	50	3,2	0,1

### Задача 3

Рассчитайте массу вещества X, необходимого для устранения в V литрах воды жесткости, равной  $C(1/z X)$  моль/дм<sup>3</sup>

Таблица 16.3 - Варианты заданий к задаче 3

Вариант	Вещество X	V, дм <sup>3</sup>	C(1/zX), моль/дм <sup>3</sup>
1	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	20	8
2	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	50	4
3	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2	1
4	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	10	2
5	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	15	10
6	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	5	3
7	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	20	4
8	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	10	2
9	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	0.5	9
10	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1.5	2
11	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	2	3
12	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	2м <sup>3</sup>	2
13	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	10	4
14	NaOH	100	2
15	NaOH	3м <sup>3</sup>	0,5
16	NaOH	15	12
17	CaO	30	10
18	CaO	50	5
19	CaO	0,5	3
20	CaO	0,2	1
21	Ca(OH) <sub>2</sub>	5м <sup>3</sup>	5
22	Ca(OH) <sub>2</sub>	2м <sup>3</sup>	2
23	Ca(OH) <sub>2</sub>	30	5
24	Ca(OH) <sub>2</sub>	0,8	2
25	NaOH	0,5	4

#### Задача 4

На устранение жесткости в  $V$  (л) воды израсходовано  $m$  (г) вещества  $X$ .  
Рассчитайте, какова была жесткость воды. Напишите уравнение химической реакции, протекающей при смягчении воды.

Таблица 16.4 - Варианты заданий к задаче 4

Вариант	$V$	$m$ , г	Вещество $X$
1	$10\text{м}^3$	1540	$\text{Na}_2\text{CO}_3$
2	$1\text{м}^3$	148,4	$\text{Na}_2\text{CO}_3$
3	$300\text{дм}^3$	1380	$\text{Na}_2\text{CO}_3$
4	$140\text{ дм}^3$	14,8	$\text{Na}_2\text{CO}_3$
5	$5\text{дм}^3$	547	$\text{Na}_3\text{PO}_4$
6	$3\text{м}^3$	210	$\text{Na}_3\text{PO}_4$
7	$1\text{м}^3$	54,7	$\text{Na}_3\text{PO}_4$
8	$2\text{м}^3$	273	$\text{Na}_3\text{PO}_4$
9	$1\text{ дм}^3$	1,4	$\text{CaO}$
10	$10\text{ дм}^3$	1120	$\text{CaO}$
11	$0,2\text{ дм}^3$	2,8	$\text{CaO}$
12	$0,5\text{дм}^3$	70	$\text{CaO}$
13	$1,5\text{м}^3$	48	$\text{Ca}(\text{OH})_2$
14	$1,0\text{м}^3$	185	$\text{Ca}(\text{OH})_2$
15	$100\text{ дм}^3$	14,8	$\text{Ca}(\text{OH})_2$
16	$5\text{ дм}^3$	370	$\text{Ca}(\text{OH})_2$
17	$2\text{ дм}^3$	1,01	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$
18	$1\text{м}^3$	101	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$
19	$5\text{м}^3$	1515	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$
20	$10\text{ дм}^3$	5,05	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$
21	$500\text{ дм}^3$	22,4	$\text{NaOH}$
22	$500\text{ дм}^3$	5,6	$\text{NaOH}$
23	$2\text{ дм}^3$	120	$\text{NaOH}$
24	$0,5\text{ дм}^3$	4,0	$\text{NaOH}$
25	$0,001\text{ дм}^3$	0,1	$\text{NaOH}$

## 17 Литература, рекомендуемая для выполнения задач

1. Князев, Д.А. Неорганическая химия: учебник для вузов. / Д.А.Князев, С.М. Смарыгин. -3-е изд., испр. – М., Дрофа, 2005 – 591с.
2. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия. / Н.С. Ахметов. - М.: Высшая школа, 1988.
3. Глинка, Н.Л. Общая химия: учебное пособие для вузов / Н.Л. Глинка; под ред. А.И. Ермакова – 30-е изд., испр. – М.: Интеграл-Пресс, 2010. -728с.
- 4.Коровин, Н.В. Общая химия / Н. В. Коровин. - М.: Высшая школа, 2007.- 557с.
- 5.Пресс, И.А. Основы общей химии / И.А. Пресс – СПб.: Химиздат, 2006. - 352с.
- 6.Вольхин, В.В. Общая химия основной курс / В.В.Вольхин, - М.: Лань, 2008 - 464с.
- 7.Хаускрофт, К. Современный курс общей химии: в 2кн. / К. Хаускрофт, Э. Констебл. – М.: Мир, 2009. – 1072с.
- 8.Елфимов, В.И. Основы общей химии / В.И. Елфимов. – М.: Высшая школа, 2009. -248с.
9. Глинка, Н. Л. Задачи и упражнения по общей химии / Н.Л. Глинка - М.: Интеграл-пресс, 2004. -240с.

## Список использованных источников

1. Лидин, Р.А. Неорганическая химия в реакциях: справочник / Р.А. Лидин, В.А. Молочко, Л.Л. Андреева. – 2-е изд., перераб. И доп. –М.: Дрофа, 2007. -637с.
2. Салем, Р.Р. Общая химия / Р.Р.Салем, А.Ф. Шароварников. – М.: Вузовская книга, 2012. - 472с.
3. Богодухов, С.И. Курс материаловедения в вопросах и ответах. / С.И. Богодухов, А.В. Синюхин – М.: Машиностроение, 2010. – 350с.
4. Волков, А.И. Справочник по общей и неорганической химии / А.И. Волков, И.И. Жарский - СПб.: Букмастер, 2013. -224с.
5. Перфилова, И.А. Справочник по химии / И.А. Перфилова, Л.В. Юмашева, Р.Г.Чувильяев – М.: Проспект, 2010. -160с.

## Приложение А

(справочное)

### Значения некоторых величин

$$1 \text{ кал.} = 2,613 \cdot 10^{19} \text{ эВ}$$

$$1 \text{ эВ} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 96,484 \text{ Дж/моль} = 3,287 \cdot 10^{-20} \text{ кал.}$$

$$1 \text{ Д (Дебай)} = 3,33 \cdot 10^{-30} \text{ Кл}\cdot\text{м}$$

$$0 \text{ К (Абсолютный ноль)} = - 273,15^\circ\text{С}$$

$$\text{Постоянная Фарадея} = 96484,56 \text{ Кл/моль} = 26,8 \text{ А}\cdot\text{ч/моль}$$

$$\text{Постоянная Авогадро (N)} = 6,022045 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$\text{Газовая постоянная (R)} = 8,3144 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$$

$$\text{Постоянная Планка (h)} = 6,62618 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$$

$$\text{Заряд электрона (e)} = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Таблица А.1- Соотношения между некоторыми внесистемными единицами

и единицами СИ.

Внесистемные единицы	Единицы СИ
Микрон (мк)	$10^{-6} \text{ м} = 10^{-4} \text{ см}$
Ангстрем (Å)	$10^{-10} \text{ м} = 10^{-8} \text{ см}$
Литр (л)	$1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 1000 \text{ см}^3$
Миллилитр (мл)	$1 \text{ см}^3$
$1 \text{ г/см}^3$	$1000 \text{ кг/м}^3$
Атмосфера физическая (атм) = 760 мм.рт.ст.	$101325 \text{ Н/м}^2 \text{ (Па)}$ $1,01 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2 \text{ (Па)}$
Миллиметр ртутного столба (мм.рт.ст)	$133,32 \text{ Н/м}^2 \text{ (Па)}$
Литр-атмосфера (дм <sup>3</sup> -атм)	$101,326 \text{ Дж}$

## Приложение Б

(обязательное)

### Свойства некоторых кислот и оснований

Таблица Б.1 - Константы диссоциации ( $K_d$ ) кислот и оснований

Кислота	$K_d$	Основание	$K_d$
CH <sub>3</sub> COOH	$1,75 \cdot 10^{-5}$	NH <sub>4</sub> OH	$1,77 \cdot 10^{-5}$
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	K <sub>1</sub>	Cu(OH) <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	$3,4 \cdot 10^{-7}$
	K <sub>2</sub>	Zn(OH) <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	$1,5 \cdot 10^{-9}$
H <sub>2</sub> S	K <sub>1</sub>	Al(OH) <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	$1,4 \cdot 10^{-9}$
	K <sub>2</sub>	Ni(OH) <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	$2,5 \cdot 10^{-5}$
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	K <sub>1</sub>	Fe(OH) <sub>3</sub> K <sub>3</sub>	$1,4 \cdot 10^{-12}$
	K <sub>2</sub>	Fe(OH) <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	$1,3 \cdot 10^{-4}$
HCN	$5,0 \cdot 10^{-10}$	Ba(OH) <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	$2,3 \cdot 10^{-1}$
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	K <sub>1</sub>	Cd(OH) <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	$5,0 \cdot 10^{-3}$
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	K <sub>1</sub>	Co(OH) <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	$4,0 \cdot 10^{-5}$
	K <sub>2</sub>	Mg(OH) <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	$2,5 \cdot 10^{-3}$
	K <sub>3</sub>	Mn(OH) <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	$5,0 \cdot 10^{-4}$
HNO <sub>2</sub>	$4,0 \cdot 10^{-4}$	Pb(OH) <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	$3,0 \cdot 10^{-8}$
H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	K <sub>1</sub>	AgOH	$5,0 \cdot 10^{-3}$
	K <sub>2</sub>	Be(OH) <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	$5 \cdot 10^{-11}$
H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	K <sub>1</sub>	Sr(OH) <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	$1,5 \cdot 10^{-1}$
	K <sub>2</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	$4,0 \cdot 10^{-2}$
H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>	K <sub>1</sub>	LiOH	$6,8 \cdot 10^{-1}$
HClO	$2,9 \cdot 10^{-8}$		
HClO <sub>2</sub>	$1,1 \cdot 10^{-2}$		
HJO <sub>3</sub>	$2,3 \cdot 10^{-11}$		

## Приложение В

(обязательное)

### Свойства комплексных соединений

Таблица В.1 - Константы нестойкости некоторых комплексных ионов в водных растворах

Комплексный ион	$K_{\text{нест}}$
$[\text{AlF}_6]^{3-}$	$2 \cdot 10^{-21}$
$[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$	$1 \cdot 10^{-33}$
$[\text{AlI}_2]^-$	$2 \cdot 10^{-12}$
$[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$	$9.3 \cdot 10^{-8}$
$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$	$8 \cdot 10^{-22}$
$[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$	$1.4 \cdot 10^{-19}$
$[\text{Cd}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$	$7.3 \cdot 10^{-6}$
$[\text{CdBr}_4]^{2-}$	$2 \cdot 10^{-4}$
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$	$7.5 \cdot 10^{-6}$
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$	$3.1 \cdot 10^{-33}$
$[\text{Co}(\text{CN})_6]^{3-}$	$0.8 \cdot 10^{-19}$
$[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{2-}$	$5 \cdot 10^{-32}$
$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$2.14 \cdot 10^{-13}$
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$	$1 \cdot 10^{-42}$
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	$1 \cdot 10^{-35}$
$[\text{FeF}_6]^{3-}$	$8 \cdot 10^{-17}$
$[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{2-}$	$4 \cdot 10^{-42}$
$[\text{HgCl}_4]^{2-}$	$1.2 \cdot 10^{-15}$
$[\text{HgI}_4]^{2-}$	$1.5 \cdot 10^{-30}$
$[\text{HgBr}_4]^{2-}$	$1 \cdot 10^{-21}$
$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$	$1.86 \cdot 10^{-9}$
$[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$	$1.3 \cdot 10^{-17}$
$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$3.5 \cdot 10^{-10}$
$[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$	$1.3 \cdot 10^{-17}$
$[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$	$2.2 \cdot 10^{-15}$

# Приложение Г

(обязательное)

## Гальванический элемент

Таблица Г.1 - Электродные потенциалы металлов ( $E^0$ )

Э	Э <sup>n+</sup>	E <sup>0</sup> , В	Э	Э <sup>n+</sup>	E <sup>0</sup> , В
Li	Li <sup>+</sup>	-3.045	Ni	Ni <sup>2+</sup>	-0.250
Rb	Rb <sup>+</sup>	-2.925	Mo	Mo <sup>3+</sup>	-0.200
K	K <sup>+</sup>	-2.924	Sn	Sn <sup>2+</sup>	-0.136
Cs	Cs <sup>+</sup>	-2.923	Pb	Pb <sup>2+</sup>	-0.126
Ba	Ba <sup>2+</sup>	-2.905	W	W <sup>3+</sup>	-0.050
Sr	Sr <sup>2+</sup>	-2.888	Fe	Fe <sup>3+</sup>	-0.037
Ca	Ca <sup>2+</sup>	-2.766	H	H	0.0
Na	Na <sup>+</sup>	-2.714	Re	Re <sup>3+</sup>	+0.300
Mg	Mg <sup>2+</sup>	-2.363	Cu	Cu <sup>2+</sup>	+0.337
Be	Be <sup>2+</sup>	-1.847	Te	Te	+0.400
Ti	Ti <sup>2+</sup>	-1.630	Ru	Ru <sup>2+</sup>	+0.450
Zr	Zr <sup>4+</sup>	-1.539	Rh	Rh <sup>+</sup>	+0.600
Mn	Mn <sup>2+</sup>	-1.179	Hg	Hg <sup>2+</sup>	+0.789
Cr	Cr <sup>2+</sup>	-0.913	Ag	Ag <sup>+</sup>	+0.799
Zn	Zn <sup>2+</sup>	-0.763	Pd	Pd <sup>2+</sup>	+0.987
Cr	Cr <sup>3+</sup>	-0.744	Ir	Ir <sup>3+</sup>	+1.150
Fe	Fe <sup>2+</sup>	-0.440	Pt	Pt <sup>2+</sup>	+1.188
Cd	Cd <sup>2+</sup>	-0.403	Au	Au <sup>3+</sup>	+1.489
In	In <sup>3+</sup>	-0.342			
Co	Co <sup>2+</sup>	-0.277			

## Приложение Д

(обязательное)

### Окислительно-восстановительные реакции

Таблица Д.1 - Нормальные окислительные потенциалы

Уравнение электродной реакции	$E^0$ , В
$\text{Br}_2 + 2e \rightarrow 2\text{Br}^-$	+1.07
$\text{Cl}_2 + 2e \rightarrow 2\text{Cl}^-$	+1.36
$\text{ClO}_4^- + 8\text{H}^+ + 8e \rightarrow \text{Cl}^- + 4\text{H}_2\text{O}$	+1.38
$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightarrow \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$	+0.68
$\text{HClO}_2 + 3\text{H}^+ + 4e \rightarrow \text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$	+1.56
$2\text{ClO}^- + 2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightarrow \text{Cl}_2 + 4\text{OH}^-$	+0.40
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6e \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$	+1.36
$\text{Fe}(\text{OH})_3 + e \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$	-0.56
$\text{FeO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 3e \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 4 \text{H}_2\text{O}$	+1,9
$2\text{IO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10e \rightarrow \text{I}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$	+1,19
$\text{I}_2 + 2e \rightarrow 2\text{I}^-$	+0,54
$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5e \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O}$	+1,51
$\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$	+1,23
$\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + e \rightarrow \text{NO} + 2\text{OH}^-$	-0,46
$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3e \rightarrow \text{NO} + 2 \text{H}_2\text{O}$	+0,96
$\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + e \rightarrow \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+0,80
$\text{Ni}(\text{OH})_3 + e \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$	+0,49
$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$	+0,68
$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$	+1,23
$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$	+1,50
$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	+0,17
$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+0,17
$\text{S} + 2\text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{H}_2\text{S}$	+0,14
$\text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 8e \rightarrow \text{S}^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$	+0,15

Продолжение таблицы Д.1

Уравнение электродной реакции	$E^0$ , В
$\text{SO}_4^{2-} + 10\text{H}^+ + 8\text{e} \rightarrow \text{H}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$	+0,31
$\text{SeO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 4\text{e} \rightarrow \text{Se} + 3\text{H}_2\text{O}$	+0,74
$\text{HNO}_2 + \text{H}^+ + \text{e} \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	+0,99
$\text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{e} \rightarrow \text{Al} + 4\text{OH}^-$	-2,35
$\text{BrO}_4^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e} \rightarrow \text{BrO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	+1,88
$\text{NaBiO}_3 + 4\text{H}^+ + 2\text{e} \rightarrow \text{BiO}^+ + \text{Na}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,8
$\text{Au}(\text{CN})_2^- + \text{e} \rightarrow \text{Au} + 2\text{CN}^-$	-0,61
$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0,83
$\text{NO}_3^- + 10\text{H}^+ + 8\text{e} \rightarrow \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$	+0,87
$\text{ClO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6\text{e} \rightarrow \text{Cl}^- + 6\text{OH}^-$	+0,53
$\text{ClO}_4^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e} \rightarrow \text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	+1,19
$\text{HClO} + \text{H}^+ + 2\text{e} \rightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$	+1,5
$\text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{H}^+ + 5\text{e} \rightarrow \text{P} + 4\text{H}_2\text{O}$	-0,41
$\text{BrO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightarrow \text{Br}^- + 2\text{OH}^-$	+0,76
$\text{BrO}_3^- + 4\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} \rightarrow \text{BrO}^- + 4\text{OH}^-$	+0,54