

54
П69

МОСКОВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)



ФАКУЛЬТЕТ
ФИЗИКИ
И ЭКОНОМИКИ
ВЫСОКИХ
ТЕХНОЛОГИЙ

ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ ХИМИИ

Москва 2008

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
МОСКОВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)

ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ ХИМИИ

Москва 2008

УДК 54 (075)

ББК 24я7

П 69

783900

Практикум по курсу химии: учебное пособие / Е.А.Ананьева, Н.Ю.Безрукова, М.А.Глаголева, М.Ф.Звончевская, Т.В.Жукова, Ж.С.Кучук, Н.В.Липанова, Е.А. Месяц, Т.Б.Миндлина, В.И.Петров, В.В.Сергиевский, Н.Д.Хмелевская. М.: МИФИ, 2008. – 104 с.

Практикум состоит из 16 тестовых программ, систематизированных по основным темам курса: строение атома, закономерности химических процессов и взаимодействий в химических системах различного типа, свойства элементов и их соединений. Представлены варианты домашних заданий, вопросы к контрольным работам по неорганической химии, электрохимии и химии растворов, а также вопросы к зачету и экзамену.

В приложении приведен большой объем справочно-вспомогательного материала, используемого при решении задач.

Задания предназначены студентам 1 курса дневного отделения для контроля знаний по теоретическим разделам курса.

Рекомендовано к изданию редсоветом МИФИ
в качестве учебного пособия

ISBN 978-5-7262-0893-0

© Московский инженерно-физический институт
(государственный университет), 2008

Редактор Шумакова Е.Е.

Подписано в печать 25.01.2008 Формат 60х84 1/16
Печ.л.6,5 Уч.-изд.л. 6,5 Тираж 2000 экз. Изд. № 001-1 Заказ № 20

Московский инженерно-физический институт
(государственный университет).

Типография МИФИ.

115409, Москва, Каширское шоссе, 31

Оглавление

	Основные обозначения	4
Тема 1.	Химические вещества и реакции.....	5
Тема 2	Строение атома.....	8
Тема 3.	Контрольная работа.....	11
Тема 4.	Законы стехиометрии (I).....	15
Тема 5	Законы стехиометрии (II).....	18
Тема 6.	Химическое равновесие.....	20
Тема 7.	Химическая кинетика.....	23
Тема 8.	Окислительно-восстановительные реакции (ОВР).....	26
Тема 9.	Коллоидные системы.....	30
Тема 10.	Комплексные соединения.....	32
Тема 11.	Свойства <i>f</i> -элементов.....	37
Тема 12.	Строение вещества. Групповые и индивидуальные свойства элементов.....	40
Тема 13.	Энергетика химических процессов (варианты домашних заданий).....	42
Тема 14.	Зачетное задание I семестра.....	50
Тема 15.	Растворы. Электрохимия.....	56
Тема 16.	Кислотно-основные системы.....	62
Тема 17.	Контрольные вопросы.....	64
	ПРИЛОЖЕНИЕ	
1.	Энергия разрыва связей при 0 К двухатомных молекул.....	81
2.	Энергия разрыва связей в молекулах и радикалах газообразных веществ при 298 К.....	81
3.	Энергия кристаллической решетки (ΔH_{298} , кДж/моль).....	81
4.	Относительные электроотрицательности атомов (ЭО) в молекулах.....	82
5.	Стандартные энтропии (S_{298}^0), энтальпии образования ($\Delta H_{обр,298}^0$) и энергии Гиббса образования ($\Delta G_{обр,298}^0$)...	83
6.	Произведение растворимости (ПР) малорастворимых соединений в воде при 298 К.....	90
7.	Константы диссоциации кислот и оснований.....	91
8.	Общие константы нестойкости комплексных ионов.....	93
9.	Равновесные потенциалы выделения водорода и кислорода.....	93
10.	Стандартные электродные потенциалы в водных растворах при 298 К.....	93
11.	Перенапряжение выделения водорода, кислорода и хлора на электродах.....	98
12.	Приближенные значения коэффициентов активности ионов ($\gamma_{\pm}$) при различных ионных силах (<i>I</i>) раствора.....	99
13.	Схемы окислительно-восстановительных взаимодействий...	99
14.	Растворимость кислот, гидроксидов и солей в воде.....	102
	Список литературы.....	103

ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- ОВР – окислительно-восстановительная реакция;
СО – степень окисления;
ПР – произведение растворимости;
ЭДС – электродвижущая сила;
 A – работа;
 A – атом неметалла;
 A^{z-} – анион с зарядом $z-$;
 C – концентрация, моль/л (молярность);
 C_m – концентрация, моль/кг растворителя (моляльность);
 E – относительный электродный потенциал, В;
электродвижущая сила (ЭДС) электрохимической цепи, В;
разность электродных потенциалов электрохимической цепи, В;
 $\bar{e}$ – элементарный заряд, $\bar{e} = 1.602 \cdot 10^{-19}$ Кл;
 F – число Фарадея, $F = 96484,56$ Кл/моль;
 G – энергия Гиббса, Дж, Дж/моль;
 H – энтальпия, Дж, Дж/моль;
 K – константа равновесия;
 M – молярная масса;
 M – атом металла;
 M^{z+} – катион с зарядом $z+$;
 m – масса;
 N_A – число Авогадро, $N_A = 6,02252 \cdot 10^{23}$ моль $^{-1}$;
 n – число электронов, участвующих в элементарном акте ОВР;
 n – количество вещества, моль;
 p – давление, Па, атм;
 pH – водородный показатель;
 R – универсальная газовая постоянная, $R = 8,3143$ Дж/моль·К;
 S – энтропия, Дж/К, Дж/(моль·К)
 T – температура по шкале Кельвина;
 V – объем;
 z – зарядовое число иона;
 Z – порядковый номер элемента;
 η – перенапряжение, В;
 ν – стехиометрический коэффициент;
 ρ – плотность, г/см 3 ;
 ω – массовая доля, %;
 $\gamma_{\pm}$ – среднеионный коэффициент активности;
 I – ионная сила раствора.

Верхний индекс «о» у термодинамических функций означает, что вещества находятся в стандартном состоянии.

Знак « Δ » означает изменение функции (конечное значение минус начальное).

Тема 1. ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА И РЕАКЦИИ

Вопрос 1

Определите, к каким классам химических соединений относятся приведенные ниже вещества. Назовите каждое соединение. Отметьте тип соли: кислая, средняя, основная. Для каждого оксида укажите его характер: основной, кислотный, амфотерный, несолеобразующий.

1. KOH; HgO; Fe(OH)₃; H₂SO₄; Al(OH)₃; CaO; FeF₃; N₂O₅; Na₂CO₃; NaHCO₃
2. SO₂; CoCl₂; K₂O₂; Mg(OH)₂; CuSO₄; HNO₃; NH₄Cl; KMnO₄; Be(OH)₂; (CuOH)₂SO₄
3. KHSO₃; BaO; Cr(OH)₃; H₂CO₃; KClO₃; Cd(OH)₂; P₂O₅; Na₂CrO₄; HClO; AlOHSO₄
4. NaHCO₃; Ni(OH)₃; CO₂; H₂Cr₂O₇; Na₂O; FeO; PbCl₂; CaHPO₄; Zn(OH)₂; H₂SiO₃
5. Na₂SO₄; NH₄HS; NaOH; Sr(OH)₂; Na₂WO₄; SO₃; N₂O; Co₂O₃; H₃PO₄; HBr
6. Al(OH)₃; CH₃COONa; V₂O₅; NaClO; Pb(OH)₂; Fe₂O₃; NO; HMnO₄; HI; (ZnOH)₂SO₄
7. Cr(OH)₃; SnO₂; Al₂(SO₄)₃; SrCO₃; KHCO₃; HF; AuCl₃; NiO; NaHCO₃; H₃BO₃
8. H₄P₂O₇; Cl₂O₇; B₂O₃; H₂CrO₄; FeSO₄; PbO₂; Zn(NO₃)₂; ZnO; KHCO₃; CrCl₃
9. NaAlO₂; SO₂; KHS; H₃PO₄; Ca(HCO₃)₂; Mg(OH)₂; AlCl₃; Cd(OH)₂; AgCl; SrO
10. Cs₂SO₄; Au(OH)₃; LiF; Ag₃PO₄; Fe(OH)₂; CO₂; H₃VO₄; Zn(OH)₂; Al₂O₃; Li₂SO₄
11. AsCl₃; H₃AsO₄; Sn(OH)₄; Na₂SiO₃; Fe(NO₃)₃; NaOCl; CH₃COONH₄; KHCO₃; H₃BO₃; H₂O
12. NiCl₂; P₂O₅; KMnO₄; Mn₂O₇; Ba(OH)₂; H₂SO₃; Hg(OH)₂; NaHS; Al₂O₃; HNO₂
13. NaAlO₂; B₂O₃; H₃PO₄; AuCl₃; Mg(OH)₂; CaO; Ca(HCO₃)₂; HF; RbOH; AlOHCl₂
14. CdCl₂; Sr(OH)₂; HClO₄; (NH₄)₂SO₄; KHCO₃; MgO; H₂SiO₃; H₂O; Na₂WO₄; SO₃

15. Mn_2O_7 ; Cl_2O ; NaH_2AsO_4 ; K_2SO_4 ; $\text{Ca}(\text{OH})_2$; H_2SiO_3 ; Li_2O ; H_2SO_4 ; CO_2 ; $(\text{ZnOH})_2\text{SO}_4$
16. K_2CO_3 ; K_2HPO_4 ; $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$; SO_2 ; Al_2O_3 ; $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$; HNO_2 ; KHS ; NH_4Cl ; NaHCO_3
17. $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$; $\text{Pb}(\text{OH})_2$; H_2O ; HNO_3 ; H_2CO_3 ; AlPO_4 ; NaOH ; Cl_2O_7 ; $\text{AlOH}(\text{NO}_3)_2$; KHCO_3
18. NH_4HS ; SO_3 ; $\text{Sn}(\text{OH})_4$; $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$; H_2S ; CoO ; N_2O_3 ; KMnO_4 ; HCl ; FeOHSO_4
19. CaSO_4 ; CaF_2 ; CoCl_2 ; $\text{Sr}(\text{OH})_2$; HClO_4 ; NaH_2PO_4 ; HgO ; AgNO_3 ; N_2O_4 ; K_2O ; H_3PO_4
20. CO ; NaAlO_2 ; B_2O_3 ; HI ; BaO ; NaHCO_3 ; K_2MnO_4 ; CaF_2 ; HPO_2 ; $\text{Cu}(\text{OH})_2$

Вопрос 2

Допишите уравнения реакций, протекающих в водных растворах, расставьте коэффициенты и запишите уравнения в ионно-молекулярной форме. Воспользуйтесь таблицей растворимости (приложение, табл. 14).

1. а) $\text{NaHCO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow$; б) $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow$;
в) хлорид бария + сульфат калия $\rightarrow$
2. а) $\text{ZnO} + \text{HCl} \rightarrow$; б) $\text{Li}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$;
в) гидроксид меди (II) + серная кислота $\rightarrow$
3. а) $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$; б) $\text{SO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow$;
в) карбонат кальция + соляная кислота $\rightarrow$
4. а) $\text{N}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$; б) $\text{NaOH} + \text{SO}_2 \rightarrow$;
в) сульфат алюминия + хлорид бария $\rightarrow$
5. а) $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$; б) $\text{Zn}(\text{OH})_2 + \text{HBr} \rightarrow$;
в) гидрокарбонат натрия + гидроксид натрия $\rightarrow$
6. а) $\text{KOH} + \text{CuSO}_4 \rightarrow$; б) $\text{Cs}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$;
в) гидроксид железа (II) + серная кислота $\rightarrow$
7. а) $\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$; б) $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow$;
в) хлорид кальция + карбонат натрия $\rightarrow$
8. а) $\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$; б) $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{HCl} \rightarrow$;
в) нитрат серебра + соляная кислота $\rightarrow$

9. а) $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{KOH} \rightarrow$; б) $\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$;
 в) карбонат аммония + серная кислота $\rightarrow$
10. а) $\text{K}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow$; б) $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow$;
 в) нитрат бария + сульфат железа (II) $\rightarrow$
11. а) $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$; б) $\text{CuSO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow$;
 в) хлорид хрома (III) + гидроксид натрия $\rightarrow$
12. а) $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{SO}_2 \rightarrow$; б) $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$;
 в) сульфат железа (III) + гидроксид натрия $\rightarrow$
13. а) $\text{N}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$; б) $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow$;
 в) нитрат серебра + хлорид натрия $\rightarrow$
14. а) $\text{RbOH} + \text{CO}_2 \rightarrow$; б) $\text{ZnO} + \text{HCl} \rightarrow$;
 в) сульфат железа (III) + ортофосфат натрия $\rightarrow$
15. а) $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$; б) $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} \rightarrow$;
 в) гидрокарбонат кальция + азотная кислота $\rightarrow$
16. а) $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{SO}_3 \rightarrow$; б) $\text{HBr} + \text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow$;
 в) сульфат калия + хлорид бария $\rightarrow$
17. а) $\text{Cs} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$; б) $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{KOH} \rightarrow$;
 в) гидроксид хрома (III) + соляная кислота $\rightarrow$
18. а) $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow$; б) $\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$;
 в) гидроксид меди (II) + соляная кислота $\rightarrow$
19. а) $\text{Cs}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$; б) $\text{FeSO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow$;
 в) ортофосфат натрия + нитрат свинца (II) $\rightarrow$
20. а) $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow$; б) $\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$;
 в) хлорид кальция + сульфат меди $\rightarrow$

Вопрос 3

Методами электронного или электронно-ионного баланса определите стехиометрические коэффициенты в ОВР. Укажите окислитель и восстановитель. Напишите уравнения в ионно-молекулярной форме.

- $\text{KMnO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{KNO}_3$
- $\text{FeSO}_4 + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{KI} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{NH}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{KOH} \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{KNO}_2 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NO} + \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$

7. $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Br}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaBr} + \text{H}_2\text{O}$
8. $\text{P} + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NO}$
9. $\text{H}_2\text{S} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{S} + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
10. $\text{KI} + \text{KBrO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{I}_2 + \text{KBr} + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
11. $\text{Cu} + \text{HNO}_3(\text{конц.}) \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
12. $\text{Zn} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
13. $\text{MnO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
14. $\text{SnSO}_4 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Sn}(\text{SO}_4)_2 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
15. $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
16. $\text{PbO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{PbCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
17. $\text{Ag} + \text{HNO}_3(\text{разб.}) \rightarrow \text{AgNO}_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
18. $\text{KIO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4$
19. $\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{KOH}$
20. $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HBr}$

Тема 2. СТРОЕНИЕ АТОМА

Изучите следующие понятия, определения и сведения: атом, химический элемент, атомная орбиталь, тип элемента, электронная формула (полная, сокращенная и в виде энергетических ячеек), закономерности формирования энергетических уровней и подуровней, принцип минимума энергии, принцип Паули, правила Хунда, Клечковского, квантовые числа, формы атомных орбиталей, электронные аналоги, валентность, «орбитальный» атомный радиус, энергия ионизации и сродства к электрону, электроотрицательность, степень окисления, номенклатура химических соединений, структурная формула вещества, ионно-молекулярные уравнения реакций.

Вопрос 1

Для элемента с порядковым номером Z :

- а) составьте полную и сокращенную электронную формулу и электронную формулу в виде энергетических ячеек, б) укажите тип элемента (s, p, d, f), назовите его электронные аналоги; в) укажите максимальную валентность; г) приведите значения квантовых чисел для валентных электронов, соответствующих максимальной валентности.

№ п/п	Z	№ п/п	Z	№ п/п	Z	№ п/п	Z
1	16	6	26	11	34	16	28
2	24	7	7	12	22	17	33
3	17	8	21	13	35	18	29
4	25	9	8	14	27	19	4
5	14	10	23	15	15	20	47

Вопрос 2

Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций, протекающих в водных растворах, и укажите их типы. Приведите названия продуктов реакции и степени окисления элементов.

- а) нитрат свинца(II) + иодид калия →
б) железо + сульфат меди (II) →
- а) хлорид аммония + гидроксид натрия →
б) цинк + соляная кислота →
- а) сульфат аммония + гидроксид калия →
б) нитрат серебра + медь →
- а) сульфат железа (II) + гидроксид натрия →
б) гидроксид калия + диоксид углерода →
- а) нитрат свинца (II) + сульфат натрия →
б) цинк + сульфат меди (II) →
- а) карбонат калия + соляная кислота →
б) железо + серная кислота →
- а) дигидроксид меди + соляная кислота →
б) карбонат кальция + диоксид углерода + вода →
- а) хлорид бария + сульфат калия →
б) натрий + вода →
- а) гидроксид натрия + сульфат меди (II) →
б) магний + соляная кислота →
- а) нитрат серебра + хлорид калия →
б) цинк + нитрат свинца (II) →
- а) гидроксид бария + азотная кислота →
б) кальций + вода →
- а) оксид серы (IV) + гидроксид калия →
б) нитрат бария + сульфат железа (III) →

13. а) оксид кальция + вода →
б) сульфат железа(III) + гидроксид натрия →
14. а) гидроксид цинка + бромоводородная кислота →
б) сульфат железа (II) + цинк →
15. а) силикат натрия + серная кислота →
б) гидроксид магния + серная кислота →
16. а) карбонат кальция + азотная кислота →
б) соляная кислота + гидроксид меди (II) →
17. а) нитрат серебра + железо →
б) гидроксид калия + хлорид аммония →
18. а) серная кислота + гидрокарбонат натрия →
б) алюминий + хлорид меди (II) →
19. а) карбонат магния + серная кислота →
б) нитрат свинца (II) + сульфат натрия →
20. а) гидроксид железа (II) + кислород + вода →
б) хлорид кальция + ортофосфат натрия →

Вопрос 3

По названиям соединений составьте их молекулярные и структурные формулы, укажите степени окисления элементов.

№ п/п	Химические соединения	№ п/п	Химические соединения
1	гидроксид меди (II) гидроортофосфат натрия хромовая кислота	11	дигидрид кальция гидросульфит натрия азотистая кислота
2	пероксид калия дигидроортофосфат натрия серная кислота	12	сульфид меди (I) нитрат цинка хлорная кислота
3	оксид хрома (III) хлорид дигидроксоалюминия молибденовая кислота	13	пероксид водорода сульфат меди (II) дихромовая кислота
4	пентабромид фосфора сульфат гидроксохрома (III) дифосфорная кислота	14	диоксид марганца хлорид железа (III) сернистая кислота
5	перманганат калия гептаоксид хлора хлорид гидроксоалюминия	15	манганат калия оксид железа (III) карбонат гидроксомеди

№ п/п	Химические соединения	№ п/п	Химические соединения
6	пероксид натрия хлорат калия хлороводородная кислота	16	диоксид углерода сульфит натрия кремниевая кислота
7	хромат калия оксид серы (VI) сульфат олова (II)	17	диоксид кремния сульфат марганца сульфит калия
8	гидрокарбонат кальция гидроксид железа (III) сероводородная кислота	18	диоксид свинца хлорид аммония силикат натрия
9	сульфид алюминия хлорид гидроксицинка азотная кислота	19	карбонат кальция пероксид бария нитрит натрия
10	оксид тантала (V) гидрокарбонат натрия селеновая кислота	20	дихромат калия диоксид серы гидроксид меди (II)

Тема 3. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Следует знать нижеперечисленные понятия и определения: атом, химический элемент, атомная орбиталь, тип элемента, электронная формула (полная, сокращенная и в виде энергетических ячеек), закономерности формирования энергетических уровней и подуровней, принцип минимума энергии, принцип Паули, правило Хунда, квантовые числа, формы атомных орбиталей, электронные аналоги, валентность, «орбитальный» атомный радиус, энергия ионизации и сродства к электрону, электроотрицательность, химическая связь (ковалентная, ионная, металлическая), σ - и π -связь, степень окисления, структурная формула вещества, электролитическая диссоциация, сильные и слабые электролиты (кислоты основания и соли), ионно-молекулярные уравнения реакций.

Вопрос 1

Для заданных элементов:

а) составьте сокращенные электронные формулы в виде энергетических ячеек для основного состояния и состояния, соответствующего

щего максимальной валентности, в каждом случае укажите число валентных электронов; б) определите тип элемента (*s*, *p*, *d*, *f*), укажите, относится он к металлам или неметаллам; для неметалла дайте характеристику валентных электронов с помощью квантовых чисел (для высшей валентности); в) составьте химические и структурные формулы оксидов этих элементов для их высшей валентности с использованием значений электроотрицательности (приложение, табл. 4); г) укажите типы химических связей в этих оксидах.

№ п/п	Элементы	№ п/п	Элементы	№ п/п	Элементы	№ п/п	Элементы
1	Na и O	6	Ba и O	11	Cs и Se	16	Rb и Br
2	Ca и P	7	Li и I	12	Na и S	17	Li и F
3	Na и Cl	8	Ba и I	13	Sr и Br	18	Rb и P
4	K и Se	9	K и Cl	14	K и F	19	Cs и C
5	Li и S	10	Ca и As	15	Sr и C	20	Rb и B

Вопрос 2

В таблице приведены символы химических элементов.

№ п/п	Элементы	№ п/п	Элементы	№ п/п	Элементы	№ п/п	Элементы
1	Li, Na	6	Sc, V	11	Rb, Sr	16	Ba, Hg
2	K, Cu	7	Rb, Ag	12	P, S	17	Cd, In
3	B, C	8	Ga, As	13	Al, Si	18	Rb, Cs
4	Sr, Cd	9	N, O	14	Ca, Zn	19	Zn, Ga
5	O, F	10	Se, Br	15	Cs, Au	20	Ca, Ba

С использованием Периодической системы определите, какой из двух элементов обладает: а) большим «орбитальным» атомным радиусом; б) более высокой энергией ионизации; в) более высокой электроотрицательностью. Ответы обоснуйте.

Вопрос 3

Для заданных ниже соединений: а) укажите степени окисления элементов, б) составьте структурные формулы, в) рассчитайте массовую долю кислорода в последнем соединении.

- | | |
|--|---|
| 1. Na_2O_2 , Na_4Si , Na_2SiO_3 | 2. Fe_2O_3 , NH_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ |
| 3. CaH_2 , P_2O_5 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ | 4. Rb_2O_2 , KMnO_4 , Rb_2CO_3 |
| 5. Ca_3P_2 , H_2 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ | 6. Br_2 , HBrO , KBrO_3 |
| 7. Cl_2O_7 , NaCl , NaClO_4 | 8. KOH , K_2O_2 , KH_2PO_4 |
| 9. Cs_2O_2 , CsCl , CsClO_3 | 10. Li_2O_2 , Li_2SO_3 , Li_2SO_4 |
| 11. SO_2 , H_2S , H_2SO_4 | 12. N_2 , NO , $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ |
| 13. Mg_3N_2 , NO_2 , MgSO_4 | 14. CO_2 , CaC_2 , H_2CO_3 |
| 15. SiH_4 , SiO_2 , H_2SiO_3 | 16. F_2 , $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, OF_2 |
| 17. BaO_2 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ | 18. B_2O_3 , H_3BO_3 , NaBO_2 |
| 19. O_2 , H_2O_2 , H_2SO_3 | 20. I_2 , I_2O_7 , KIO_3 |

Вопрос 4

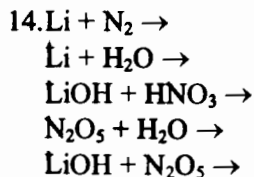
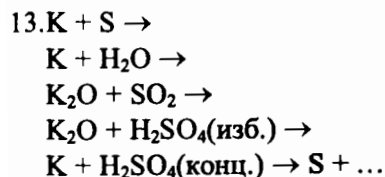
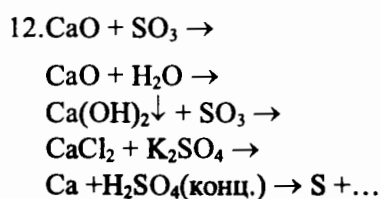
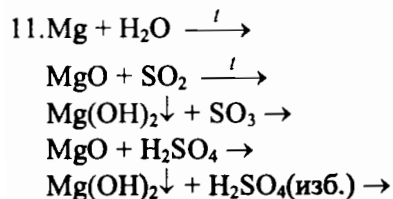
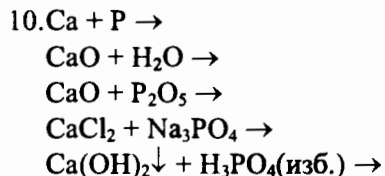
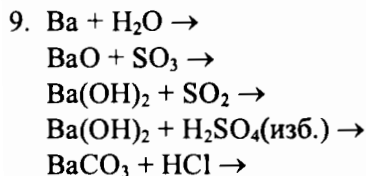
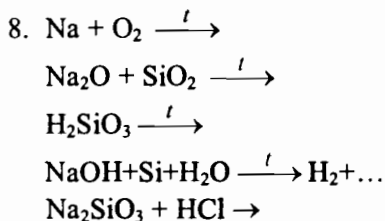
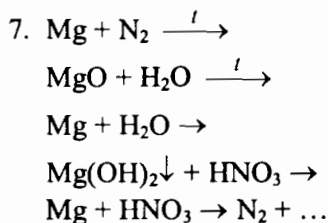
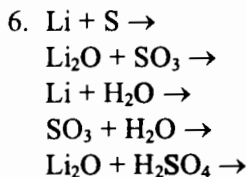
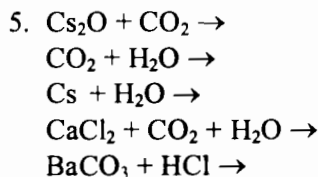
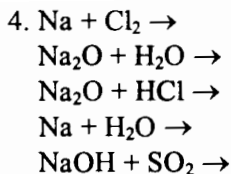
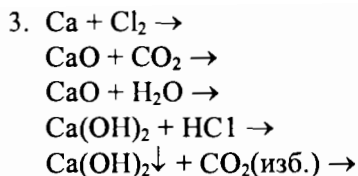
Среди перечисленных ниже веществ укажите сильные и слабые электролиты. Запишите уравнения их диссоциации, условно обозначая диссоциацию сильных электролитов одной стрелкой $\rightarrow$, а слабых электролитов – двумя стрелками $\rightleftharpoons$.

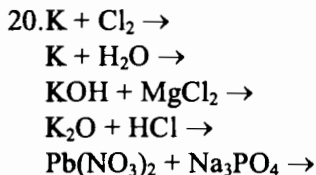
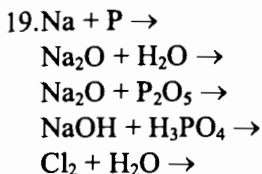
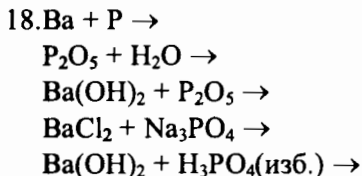
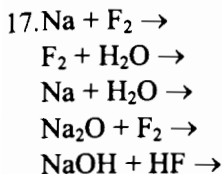
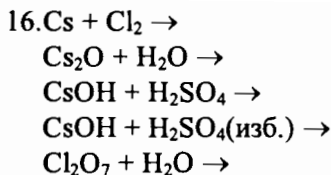
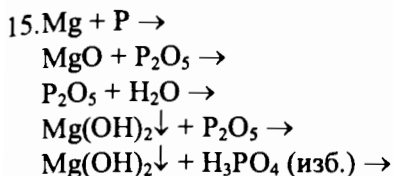
- | | |
|--|--|
| 1. HCl , Na_2SiO_3 , NaHSiO_3 | 2. H_3PO_4 , Na_3PO_4 , NaH_2PO_4 |
| 3. H_2SO_4 , Na_2SO_4 , CrOHSO_4 | 4. HBr , AlBr_3 , AlOHBr_2 |
| 5. HNO_3 , H_2CO_3 , NaHCO_3 | 6. KOH , $\text{Cd}(\text{OH})_2$, $(\text{CdOH})_2\text{SO}_4$ |
| 7. $\text{Zn}(\text{OH})_2$, ZnCl_2 , ZnOHCl | 8. H_3AsO_4 , Na_2HAsO_4 , RbOH |
| 9. HClO_4 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, KHSiO_3 | 10. CH_3COOH , CH_3COONa , ZnCl_2 |
| 11. H_3PO_4 , Na_2HPO_4 , NaOH | 12. NH_4OH , NH_4Cl , KHCO_3 |
| 13. $\text{Al}(\text{OH})_3$, AlCl_3 , AlOHCl_2 | 14. $\text{Cr}(\text{OH})_3$, $\text{Cr}(\text{OH})_2\text{Cl}$, K_2SO_4 |
| 15. H_3AsO_4 , K_3AsO_4 , FeOHHSO_4 | 16. HCN , KCN , FeOHCl_2 |
| 17. H_2SiO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $(\text{NiOH})_2\text{SO}_4$ | 18. $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, NaHSiO_3 |
| 19. $\text{Cu}(\text{OH})_2$, CuCl_2 , CuOHNO_3 | 20. $\text{Al}(\text{OH})_3$, AlCl_3 , AlOHHSO_4 |

Вопрос 5

Напишите уравнения реакций. Для окислительно-восстановительных реакций (ОВР) составьте электронный баланс.

- | | |
|---|---|
| 1. $\text{Na} + \text{S} \rightarrow$ | 2. $\text{K} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |
| $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ | $\text{K}_2\text{O} + \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow$ |
| $\text{Na}_2\text{O} + \text{SO}_2 \rightarrow$ | $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ |
| $\text{NaOH} + \text{SO}_3 \rightarrow$ | $\text{K}_2\text{O} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow$ |
| $\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ | $\text{KOH} + \text{H}_3\text{PO}_4(\text{изб.}) \rightarrow$ |





Тема 4. ЗАКОНЫ СТЕХИОМЕТРИИ (I)

Изучите следующие понятия и определения: количество вещества, закон стехиометрических соотношений, концентрация (массовая доля, молярная, моляльная, мольная доля), титриметрия, индикатор, pH.

Вопрос 1

Укажите отношение количеств реагирующих между собой веществ и образующихся продуктов. Определите, какой объем раствора кислоты с молярной концентрацией $C(\kappa)$ пойдет на титрование 10 мл раствора основания с молярной концентрацией $C(o)$.

№ п/п	Уравнение реакции	$C(\kappa)$, моль/л	$C(o)$, моль/л
1	$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaH}_2\text{PO}_4 + \dots$	0,1	0,01
2	$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{HPO}_4 + \dots$	0,01	0,004
3	$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4 + \dots$	0,1	0,09

№ п/п	Уравнение реакции	$C(\kappa)$, моль/л	$C(o)$, моль/л
4	$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \dots$	0,5	0,1
5	$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{CaHPO}_4 + \dots$	0,2	0,1
6	$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \dots$	1,0	0,9
7	$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow (\text{CaOH})_3\text{PO}_4 + \dots$	0,1	0,21
8	$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow (\text{BaOH})_2\text{SO}_4 + \dots$	0,1	0,16
9	$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ba}(\text{HSO}_4)_2 + \dots$	2,0	0,9
10	$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{BaSO}_4 + \dots$	0,1	0,1
11	$\text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{KOH} \rightarrow \text{KH}_2\text{AsO}_4 + \dots$	0,1	0,11
12	$\text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{HAsO}_4 + \dots$	0,1	0,24
13	$\text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_3\text{AsO}_4 + \dots$	0,1	0,39
14	$\text{NH}_4\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \dots$	0,1	0,28
15	$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Ca}(\text{HSO}_4)_2 + \dots$	2,0	1,5
16	$\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \dots$	0,1	0,32
17	$\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_3\text{PO}_3 \rightarrow \text{Ba}(\text{H}_2\text{PO}_3)_2 + \dots$	0,2	0,17
18	$\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_3\text{PO}_3 \rightarrow \text{BaHPO}_3 + \dots$	0,1	0,18
19	$\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_3\text{PO}_3 \rightarrow (\text{BaOH})_3\text{PO}_3 + \dots$	0,1	0,57
20	$\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_3\text{PO}_3 \rightarrow \text{Ba}_3(\text{PO}_3)_2 + \dots$	0,5	1,5

Вопрос 2

Определите молярную концентрацию раствора окислителя, если на титрование 10 мл этого раствора пошло $V(B)$ мл раствора восстановителя с молярной концентрацией $C(B)$.

№ п/п	Уравнение реакции	$V(B)$ мл	$C(B)$, моль/л
1	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{S} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	10	0,3
2	$\text{FeSO}_4 + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{KCl} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$	6	2
3	$\text{H}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	10	0,6
4	$\text{KIO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4$	10	1

№ п/п	Уравнение реакции	V(B), мл	C(B), моль/л
5	$K_2Cr_2O_7 + KI + H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + I_2 + K_2SO_4 + H_2O$	20	1,5
6	$HIO_3 + FeSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + I_2 + H_2O$	20	1,5
7	$K_2SO_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$	25	0,7
8	$K_2SO_3 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow MnO_2 + K_2SO_4 + KOH$	12	1
9	$K_2SO_3 + KMnO_4 + KOH \rightarrow K_2MnO_4 + K_2SO_4 + H_2O$	10	0,45
10	$KMnO_4 + H_2C_2O_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CO_2 + H_2O$	25	1,0
11	$KMnO_4 + NaNO_2 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + NaNO_3 + K_2SO_4 + H_2O$	25	0,11
12	$KMnO_4 + KBr + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + Br_2 + K_2SO_4 + H_2O$	10	0,6
13	$KMnO_4 + FeSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$	10	0,65
14	$KNO_2 + KI + H_2SO_4 \rightarrow NO + I_2 + K_2SO_4 + H_2O$	14	0,1
15	$KMnO_4 + H_2O_2 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + O_2 + K_2SO_4 + H_2O$	5	0,75
16	$H_2S + H_2O_2 \rightarrow H_2SO_4 + H_2O$	10	0,04
17	$FeSO_4 + KIO_3 + H_2SO_4 \rightarrow KI + Fe_2(SO_4)_3 + H_2O$	20,4	0,5
18	$K_2Cr_2O_7 + H_2O_2 + H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + O_2 + K_2SO_4 + H_2O$	10	0,54
19	$HOCl + H_2O_2 \rightarrow HCl + O_2 + H_2O$	5	0,38
20	$KMnO_4 + KI + H_2SO_4 \rightarrow I_2 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$	10	1,0

Вопрос 3

Определите молярные концентрации катионов и анионов в растворе вещества В, если известны молярная концентрация $C(B)$ и степень электролитической диссоциации $\alpha(B)$.

№ п/п	В	C(B), моль/л	$\alpha(B)$	№ п/п	В	C(B), моль/л	$\alpha(B)$
1	HCl	0,06	1,0	11	Na_3PO_4	0,03	1,0
2	CH_3COOH	0,01	0,04	12	CH_3COOH	10,0	0,0013
3	$CuSO_4$	0,1	1,0	13	$AlCl_3$	0,08	1,0
4	HCN	0,1	$7,8 \cdot 10^{-5}$	14	HIO_3	1,0	$4,7 \cdot 10^{-6}$
5	$CaCl_2$	0,2	1,0	15	$Cu(NO_3)_2$	0,05	1,0
6	NH_4OH	6,0	0,0017	16	H_2CO_3	0,01	0,0067
7	K_2SO_4	0,15	1,0	17	K_2CO_3	0,25	1,0

№ п/п	В	C(B), моль/л	$\alpha(B)$	№ п/п	В	C(B), моль/л	$\alpha(B)$
8	H ₂ S	0,1	0,001	18	HCN	0,01	0,00024
9	H ₂ SO ₄	0,035	1,0	19	(NH ₄) ₂ SO ₄	1,25	1,0
10	HF	1,0	0,026	20	H ₂ S	0,01	0,003

Тема 5. ЗАКОНЫ СТЕХИОМЕТРИИ (II)

Вопрос 1

Определите объем раствора вещества В с молярной концентрацией $C(B)$, необходимый для приготовления $V_1(B)$ мл раствора с молярной концентрацией $C_1(B)$.

№ п/п	В	C(B), моль/л	C ₁ (B), моль/л	V ₁ (B), мл
1	NaOH	0,1	0,01	100
2	HCl	0,2	0,02	200
3	H ₂ C ₂ O ₄	0,4	0,12	100
4	KMnO ₄	0,25	0,10	100
5	H ₃ PO ₄	0,4	0,04	500
6	Ca(OH) ₂	0,1	0,05	120
7	K ₂ Cr ₂ O ₇	0,6	0,12	350
8	H ₂ SO ₄	0,5	0,25	160
9	KOH	0,1	0,03	300
10	Na ₂ CO ₃	0,5	0,1	500
11	KCl	0,2	0,2	110
12	BaSO ₄	0,4	0,2	240
13	CH ₃ COONa	0,6	0,4	200
14	Na ₂ SO ₄	0,25	0,5	700
15	NaCl	0,1	0,3	500
16	NH ₄ Cl	0,2	0,8	400
17	NaNO ₃	0,2	0,4	650
18	KF	0,25	0,1	450
19	CuSO ₄	0,3	0,6	950
20	NH ₄ NO ₃	0,1	0,5	400

Вопрос 2

Определите массу m вещества В, необходимую для приготовления $V(B)$ мл раствора с молярной концентрацией $C(B)$.

№ п/п	В	$M(B)$, г/моль	$C(B)$, моль/л	$V(B)$, мл
1	HCl	36,5	0,137	200
2	H ₂ SO ₄	98	0,680	300
3	H ₃ PO ₄	98	0,204	150
4	H ₂ SO ₃	82	0,488	100
5	Na ₂ S ₂ O ₃	158	0,127	250
6	NH ₄ NO ₃	80	0,214	350
7	KBr	119	0,118	500
8	K ₂ SO ₄	174	0,306	150
9	CuSO ₄	159,5	0,564	100
10	CaCl ₂	111	0,450	200
11	Na ₃ PO ₄	164	0,134	500
12	NaOH	40	0,150	200
13	Na ₂ SO ₄	142	0,915	100
14	BaCl ₂	207	0,277	250
15	KOH	56	0,893	300
16	NaCl	58,5	0,547	500
17	FeCl ₃	162	0,525	200
18	K ₂ SO ₄	174	0,104	100
19	KOH	56	0,136	250
20	CuCl ₂	134,5	0,495	300

Вопрос 3

Рассчитайте молярную концентрацию раствора вещества В, если известны массовая доля растворенного вещества $\omega(B)$ и плотность раствора $\rho(B)$

№ п/п	В	$\omega(B)$, %	$\rho(B)$, г/мл	№ п/п	В	$\omega(B)$, %	$\rho(B)$, г/мл
1	Na ₂ CO ₃	9,75	1,10	11	HNO ₃	52,56	1,32
2	Na ₂ CO ₃	17,7	1,19	12	H ₂ SO ₄	72,09	1,63
3	NH ₃	5,25	0,98	13	H ₂ SO ₄	75,92	1,68
4	KOH	19,35	1,18	14	H ₃ PO ₄	82,96	1,66
5	KOH	23,38	1,22	15	H ₃ PO ₄	86,38	1,70

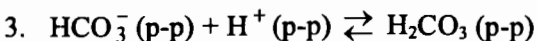
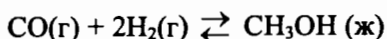
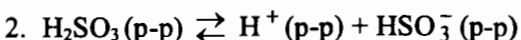
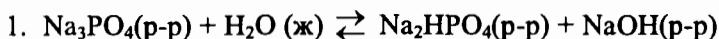
№ п/п	В	$\omega(\text{В}),$ %	$\rho(\text{В}),$ г/мл	№ п/п	В	$\omega(\text{В}), \%$	$\rho(\text{В}),$ г/мл
6	NaOH	19,62	1,21	16	CH ₃ COOH	91,2	1,07
7	NaOH	22,36	1,24	17	CH ₃ COOH	98,0	1,06
8	HClO ₄	54,79	1,47	18	NaOH	47,85	1,50
9	HClO ₄	59,28	1,53	19	H ₃ PO ₄	100,0	1,87
10	HNO ₃	48,42	1,30	20	HNO ₃	85,5	1,47

Тема 6. ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

Изучите следующие понятия и определения: закон действия масс для химического равновесия, термодинамическая и концентрационные константы равновесия, активность и коэффициент активности, константы диссоциации и гидролиза, константа ионного произведения воды, растворимость и произведение растворимости, степень превращения вещества (степень гидролиза, степень электролитической диссоциации).

Вопрос 1

Для равновесных химических процессов: а) напишите уравнения закона действия масс (K_a , а также K_c или K_p); б) укажите, изменение каких факторов (концентрация реагентов, давление, температура) приведет к изменению значения термодинамической константы равновесия; в) укажите направление смещения равновесия при увеличении давления в системе.



4. $\text{La}_2(\text{CO}_3)_3(\text{TB}) \rightleftharpoons 2\text{La}^{3+}(\text{p-p}) + 3\text{CO}_3^{2-}(\text{p-p})$
 $2\text{H}_2(\text{r}) + \text{O}_2(\text{r}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{r})$
5. $\text{Cu}(\text{OH})_2(\text{TB}) \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}(\text{p-p}) + 2\text{OH}^{-}(\text{p-p})$
 $\text{N}_2(\text{r}) + 3\text{H}_2(\text{r}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{r})$
6. $\text{Ag}_2\text{SO}_4(\text{TB}) \rightleftharpoons 2\text{Ag}^{+}(\text{p-p}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{p-p})$
 $\text{ZnO}(\text{TB}) + \text{H}_2(\text{r}) \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{TB}) + \text{H}_2\text{O}(\text{r})$
7. $\text{Ni}(\text{OH})_2(\text{TB}) + 2\text{HCl} \rightleftharpoons \text{NiCl}_2(\text{p-p}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$
 $2\text{SO}_2(\text{r}) + \text{O}_2(\text{r}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{r})$
8. $\text{FeCl}_3(\text{p-p}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightleftharpoons \text{FeOHCl}_2(\text{p-p}) + \text{HCl}(\text{p-p})$
 $\text{La}_2(\text{CO}_3)_3(\text{TB}) \rightleftharpoons \text{La}_2\text{O}_3(\text{TB}) + 3\text{CO}_2(\text{r})$
9. $\text{ZnOH}^{+}(\text{p-p}) \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}(\text{p-p}) + \text{OH}^{-}(\text{p-p})$
 $6\text{CO}_2(\text{r}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{TB}) + 6\text{O}_2(\text{r})$
10. $\text{AlCl}_3(\text{p-p}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightleftharpoons \text{AlOHCl}_2(\text{p-p}) + \text{HCl}(\text{p-p})$
 $\text{NH}_4\text{NO}_2(\text{TB}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{r}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{r})$
11. $\text{Na}_2\text{SiO}_3(\text{p-p}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightleftharpoons \text{NaHSiO}_3(\text{p-p}) + \text{NaOH}(\text{p-p})$
 $\text{SnO}_2(\text{TB}) + 2\text{CO}(\text{r}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{r}) + \text{Sn}(\text{TB})$
12. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{TB}) \rightleftharpoons \text{CuSO}_4(\text{TB}) + 5\text{H}_2\text{O}(\text{r})$
 $\text{N}_2(\text{r}) + \text{O}_2(\text{r}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{r})$
13. $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2(\text{p-p}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightleftharpoons \text{CuOHNO}_3(\text{p-p}) + \text{HNO}_3(\text{p-p})$
 $\text{S}(\text{TB}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{r}) \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{r}) + 2\text{H}_2(\text{r})$
14. $\text{K}_2\text{CO}_3(\text{p-p}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightleftharpoons \text{KHCO}_3(\text{p-p}) + \text{KOH}(\text{p-p})$
 $\text{CH}_4(\text{r}) + \text{H}_2\text{O}(\text{r}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{r}) + 3\text{H}_2(\text{r})$
15. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{ж}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4(\text{r}) + \text{H}_2\text{O}(\text{r})$
 $2\text{N}_2(\text{r}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{r}) \rightleftharpoons 4\text{NH}_3(\text{r}) + 3\text{O}_2(\text{r})$
16. $\text{H}_3\text{PO}_4(\text{p-p}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_4^{-}(\text{p-p}) + \text{H}^{+}(\text{p-p})$
 $4\text{CO}(\text{r}) + 2\text{SO}_2(\text{r}) \rightleftharpoons \text{S}_2(\text{TB}) + 4\text{CO}_2(\text{r})$

17. $3\text{AgNO}_3(\text{p-p}) + \text{Na}_3\text{PO}_4(\text{p-p}) \rightleftharpoons \text{Ag}_3\text{PO}_4(\text{тв}) + 3\text{NaNO}_3(\text{p-p})$
 $4\text{NH}_3(\text{г}) + 3\text{O}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{N}_2(\text{г}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$
18. $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2(\text{p-p}) + 2\text{KOH}(\text{p-p}) \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{OH})_2(\text{тв}) + 2\text{KNO}_3(\text{p-p})$
 $4\text{NO}(\text{г}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{г}) \rightleftharpoons 4\text{NH}_3(\text{г}) + 5\text{O}_2(\text{г})$
19. $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{тв}) \rightleftharpoons \text{MgO}(\text{тв}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$
 $\text{CO}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$
20. $\text{PbI}_2(\text{тв}) \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+}(\text{p-p}) + 2\text{I}^{-}(\text{p-p})$
 $\text{ZnO}(\text{тв}) + \text{H}_2(\text{г}) \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{тв}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$

Вопрос 2

Запишите уравнение диссоциации слабого электролита. Определите pH раствора слабой кислоты или основания, если известны его молярная концентрация (C) и константа диссоциации (K_d). Для многоосновных кислот и оснований в расчете можно принять во внимание только первую ступень диссоциации.

№ п/п	Соединение	C, моль/л	K_d
1	HBrO	0,1	$2,2 \cdot 10^{-9}$
2	HCN	0,2	$4,93 \cdot 10^{-10}$
3	HAsO ₂	0,1	$6,03 \cdot 10^{-10}$
4	HIO	0,5	$2,8 \cdot 10^{-11}$
5	NH ₄ OH	1,0	$1,75 \cdot 10^{-5}$
6	CH ₃ COOH	0,2	$1,7 \cdot 10^{-5}$
7	H ₃ PO ₄	0,1	$7,1 \cdot 10^{-3} (K_{d1})$
8	C ₆ H ₅ NH ₃ OH	0,01	$4,3 \cdot 10^{-10}$
9	H ₂ CO ₃	0,2	$4,5 \cdot 10^{-7} (K_{d1})$
10	(CH ₃) ₂ NH ₂ OH	0,01	$5,4 \cdot 10^{-4}$

Запишите уравнение гетерогенного равновесия для раствора труднорастворимого соединения. Определите растворимость соединения и концентрацию ионов металла в его насыщенном растворе (моль/л) по величине произведения растворимости (ПР).

№ п/п	Соединение	ПР	№ п/п	Соединение	ПР
11	$\text{Ba}_3\text{PO}_4)_2$	$6 \cdot 10^{-39}$	16	Li_3PO_4	$3,2 \cdot 10^{-9}$
12	Ag_3PO_4	$1,3 \cdot 10^{-20}$	17	PbI_2	$1,1 \cdot 10^{-9}$
13	CaF_2	$4 \cdot 10^{-11}$	18	$\text{Th}_3(\text{PO}_4)_4$	$2,6 \cdot 10^{-79}$
14	Cu_2S	$2,5 \cdot 10^{-48}$	19	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$2 \cdot 10^{-29}$
15	$\text{La}_2(\text{CO}_3)_3$	$4 \cdot 10^{-34}$	20	Ag_2CO_3	$1,2 \cdot 10^{-12}$

Вопрос 3

Для солей, склонных к гидролизу, напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза.

№ п/п	Соединение	№ п/п	Соединение
1	$\text{K}_2\text{SO}_4, \text{K}_2\text{CO}_3, \text{Fe}(\text{OH})_2\text{Cl}$	11	$\text{RbCl}, \text{KHSO}_3, \text{FeCl}_3$
2	$\text{Na}_2\text{S}, \text{NaCl}, \text{CdOHCl}$	12	$\text{NaH}_2\text{PO}_4, \text{CdCl}_2, \text{Cs}_2\text{SO}_4$
3	$\text{Na}_3\text{PO}_4, \text{AlOHSO}_4, \text{RbNO}_3$	13	$\text{Na}_2\text{HAsO}_4, \text{CaBr}_2, \text{CoSO}_4$
4	$\text{Na}_2\text{SiO}_3, \text{CrOHCl}_2, \text{AlCl}_3$	14	$\text{CaI}_2, \text{NaH}_2\text{AsO}_4, \text{Ba}(\text{NO}_3)_2$
5	$\text{LiCl}, \text{K}_2\text{SO}_3, (\text{CoOH})_2\text{SO}_4$	15	$\text{Na}_2\text{SO}_3, \text{SrCl}_2, \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
6	$\text{Na}_3\text{AsO}_4, \text{CrOHHSO}_4, \text{CsBr}$	16	$\text{NaBr}, \text{K}_2\text{S}, \text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$
7	$\text{CaCl}_2, \text{KHCO}_3, \text{NiOHNO}_3$	17	$\text{K}_3\text{PO}_4, \text{KCl}, \text{FeOHHSO}_4$
8	$\text{NaHS}, \text{Rb}_2\text{SO}_4, \text{Ni}(\text{NO}_3)_2$	18	$\text{K}_2\text{SiO}_3, (\text{ZnOH})_2\text{SO}_4, \text{NaI}$
9	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2, \text{Na}_2\text{HPO}_4, \text{ZnSO}_4$	19	$\text{CsBr}, \text{Na}_2\text{CO}_3, \text{CuOHNO}_3$
10	$\text{NaHSiO}_3, \text{Cu}(\text{NO}_3)_2, \text{NaBr}$	20	$\text{K}_2\text{HAsO}_4, \text{Ca}(\text{NO}_3)_2, \text{FeCl}_3$

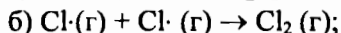
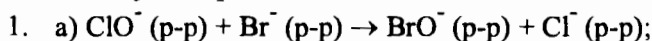
Тема 7. ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА

Изучите следующие понятия и определения: скорость химической реакции, закон действия масс для кинетики, порядок и молекулярность реакции, константа скорости, уравнение скорости первого порядка, энергия активации, коэффициент Вант-Гоффа, катализ.

Вопрос 1

Объясните, какая из двух приведенных реакций имеет:

А. Меньшую энергию активации?



2. а) $\text{HI (p-p)} + \text{KOH (p-p)} \rightarrow \text{KI (p-p)} + \text{H}_2\text{O (ж)}$;
 б) $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O (ж)} + \text{H}_2\text{O (ж)} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COOH (p-p)}$;
3. а) $\text{AgNO}_3 (\text{p-p}) + \text{KI (p-p)} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{AgI (тв)} + \text{KNO}_3 (\text{p-p})$
 б) $\text{AgNO}_3 (\text{p-p}) + \text{I}_2 (\text{p-p}) \xrightarrow{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} \text{AgI (тв)} + \text{INO}_3 (\text{p-p})$
4. а) $\text{NaOH (p-p)} + \text{HCl (p-p)} \rightarrow \text{NaCl (p-p)} + \text{H}_2\text{O (ж)}$;
 б) $\text{Na (тв)} + \text{CH}_3\text{Cl (г)} \rightarrow \text{NaCl(тв)} + \text{CH}_3\cdot (\text{г})$;
5. а) $\text{CH}_3\text{COOH (ж)} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH (ж)} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 (\text{ж}) + \text{H}_2\text{O (ж)}$;
 б) $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{p-p}) + \text{BaCl}_2(\text{p-p}) \rightarrow \text{BaSO}_4 (\text{тв}) + 2\text{NaCl (p-p)}$;
6. а) $\text{H}_2\text{O (ж)} + \text{Cl}_2 (\text{г}) \rightarrow \text{HCl (p-p)} + \text{HClO (p-p)}$;
 б) $2\text{Na}\cdot (\text{г}) + \text{Cl}_2 (\text{г}) \rightarrow 2\text{NaCl (тв)}$;
7. а) $\text{ClO}^- (\text{p-p}) + \text{Br}^- (\text{p-p}) \rightarrow \text{BrO}^- (\text{p-p}) + \text{Cl}^- (\text{p-p})$;
 б) $\text{ClO}^- (\text{p-p}) + \text{H}^+ (\text{p-p}) \rightarrow \text{HClO (p-p)}$;
8. а) $\text{H}_2\text{O (ж)} \rightarrow \text{H}^+ (\text{p-p}) + \text{OH}^- (\text{p-p})$;
 б) $\text{NaOH (p-p)} + \text{HNO}_3 (\text{p-p}) \rightarrow \text{NaNO}_3 (\text{p-p}) + \text{H}_2\text{O (ж)}$;
9. а) $\text{H}\cdot (\text{г}) + \text{CH}_3\cdot (\text{г}) \rightarrow \text{CH}_4(\text{г})$;
 б) $\text{HI (г)} + \text{C}_2\text{H}_4 (\text{г}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{I (г)}$;
10. а) $2\text{H}_2 (\text{г}) + \text{O}_2 (\text{г}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O (г)}$;
 б) $\text{H}\cdot (\text{г}) + \text{HO}\cdot (\text{г}) \rightarrow \text{H}_2\text{O (г)}$;

Б. Меньшую скорость?

11. а) $2\text{Na}\cdot (\text{г}) + \text{H}_2 (\text{г}) \rightarrow 2\text{NaH (тв)}$;
 б) $3\text{H}_2 (\text{г}) + \text{N}_2 (\text{г}) \rightarrow 2\text{NH}_3 (\text{г})$;
12. а) $\text{C}_2\text{H}_4 (\text{г}) + \text{H}_2 (\text{г}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6 (\text{г})$
 б) $\text{CH}_3\cdot + \text{H}_2 (\text{г}) \rightarrow \text{CH}_4 (\text{г}) + \text{H}\cdot (\text{г})$;
13. а) $\text{Ca (тв)} + 2\text{H}_2\text{O (ж)} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 (\text{тв}) + \text{H}_2 (\text{г})$;
 б) $\text{CaCl}_2 (\text{p-p}) + \text{K}_2\text{CO}_3 (\text{p-p}) \rightarrow \text{CaCO}_3 (\text{тв}) + 2\text{KCl (p-p)}$;
14. а) $3\text{H}_2 (\text{г}) + \text{N}_2 (\text{г}) \rightarrow 2\text{NH}_3 (\text{г})$;
 б) $\text{KNO}_3 (\text{p-p}) + \text{HClO}_4 (\text{p-p}) \rightarrow \text{KClO}_4 (\text{тв}) + \text{HNO}_3 (\text{p-p})$;
15. а) $\text{C (тв)} + \text{H}_2\text{O (г)} \rightarrow \text{H}_2 (\text{г}) + \text{CO (г)}$;
 б) $\text{K}_2\text{CO}_3 (\text{p-p}) + 2\text{HCl (p-p)} \rightarrow \text{CO}_2 (\text{г}) + \text{H}_2\text{O (ж)} + 2\text{KCl (p-p)}$
16. а) $\text{NH}_4^+ (\text{p-p}) + \text{OH}^- (\text{p-p}) \rightarrow \text{NH}_4\text{OH (p-p)}$;
 б) $\text{H}\cdot (\text{г}) + \text{Cl}_2 (\text{г}) \rightarrow \text{HCl (г)} + \text{Cl}\cdot (\text{г})$;

17. а) $\text{ClO}^- (\text{p-p}) + \text{Br}^- (\text{p-p}) \rightarrow \text{BrO}^- (\text{p-p}) + \text{Cl}^- (\text{p-p})$;
 б) $\text{Cl} \cdot (\text{r}) + \text{Cl} \cdot (\text{r}) \rightarrow \text{Cl}_2 (\text{r})$;
 18. а) $\text{H} \cdot (\text{r}) + \text{CH}_3 \cdot (\text{r}) \rightarrow \text{CH}_4 (\text{r})$;
 б) $\text{HI} (\text{r}) + \text{C}_2\text{H}_4 (\text{r}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{I} (\text{r})$;
 19. а) $\text{AgNO}_3 (\text{p-p}) + \text{KI} (\text{p-p}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{AgI} (\text{тв}) + \text{KNO}_3 (\text{p-p})$;
 б) $\text{AgNO}_3 (\text{p-p}) + \text{I}_2 (\text{p-p}) \xrightarrow{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} \text{AgI} (\text{тв}) + \text{INO}_3 (\text{p-p})$;
 20. а) $2\text{H}_2 (\text{r}) + \text{O}_2 (\text{r}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} (\text{r})$;
 б) $\text{H} \cdot (\text{r}) + \text{HO} \cdot (\text{r}) \rightarrow \text{H}_2\text{O} (\text{r})$.

Вопрос 2

Используя закон действия масс, определите, во сколько раз изменится скорость указанных простых реакций при изменении условий эксперимента. Укажите молекулярность, частные и общий порядки реакции.

№ п/п	Реакция	Изменение условий эксперимента
1	$2\text{NO} \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow \rightarrow 2\text{NOCl} \uparrow$	При сжатии смеси в 3 раза
2	$2\text{NO} \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow \rightarrow 2\text{NOCl} \uparrow$	При росте P_{NO} в 2 раза ($V = \text{const}$)
3	$2\text{NO} \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow \rightarrow 2\text{NOCl} \uparrow$	При добавлении трех молей инертного газа ($V = \text{const}$)
4	$\text{H}_2 \uparrow + 2\text{NO} \uparrow \rightarrow \text{N}_2\text{O} \uparrow + \text{H}_2\text{O} \uparrow$	При трехкратном разбавлении ($P = \text{const}$)
5	$\text{H}_2 \uparrow + 2\text{NO} \uparrow \rightarrow \text{N}_2\text{O} \uparrow + \text{H}_2\text{O} \uparrow$	При увеличении $[\text{NO}]$ в 2 раза
6	$\text{H}_2 \uparrow + 2\text{NO} \uparrow \rightarrow \text{N}_2\text{O} \uparrow + \text{H}_2\text{O} \uparrow$	При увеличении $[\text{H}_2]$ в 2 раза
7	$2\text{HI} \uparrow \rightarrow \text{H}_2 \uparrow + \text{I}_2 \uparrow$	При расширении смеси в 5 раз
8	$2\text{HI} \uparrow \rightarrow \text{H}_2 \uparrow + \text{I}_2 \uparrow$	При сжатии смеси в 3 раза
9	$\text{O}_2 \uparrow + 2\text{NO} \uparrow \rightarrow 2\text{NO}_2 \uparrow$	При увеличении $[\text{NO}]$ в 4 раза
10	$\text{O}_2 \uparrow + 2\text{NO} \uparrow \rightarrow 2\text{NO}_2 \uparrow$	При сжатии смеси в 3 раза
11	$2\text{NO} \uparrow + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{NOCl} \uparrow$	При двукратном разбавлении ($P = \text{const}$)
12	$2\text{NO} \uparrow + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{NOCl} \uparrow$	При увеличении объема сосуда в 4 раза
13	$2\text{NO} \uparrow + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{NOCl} \uparrow$	При увеличении $[\text{NO}]$ в 3 раза
14	$\text{H}_2 \uparrow + 2\text{NO} \uparrow \rightarrow \text{N}_2\text{O} \uparrow + \text{H}_2\text{O} \uparrow$	При сжатии смеси в 4 раза
15	$\text{H}_2 \uparrow + 2\text{NO} \uparrow \rightarrow \text{N}_2\text{O} \uparrow + \text{H}_2\text{O} \uparrow$	При добавлении шести молей инертного газа ($V = \text{const}$)

№ п/п	Реакция	Изменение условий эксперимента
16	$2\text{HI} \uparrow \rightarrow \text{H}_2 \uparrow + \text{I}_2 \uparrow$	При увеличении $[\text{HI}]$ в 4 раза
17	$2\text{HI} \uparrow \rightarrow \text{H}_2 \uparrow + \text{I}_2 \uparrow$	При уменьшении $[\text{HI}]$ в 3 раза
18	$\text{O}_2 \uparrow + 2\text{NO} \uparrow \rightarrow 2\text{NO}_2 \uparrow$	При двухкратном разбавлении ($P = \text{const}$)
19	$\text{O}_2 \uparrow + 2\text{NO} \uparrow \rightarrow 2\text{NO}_2 \uparrow$	При уменьшении $[\text{NO}]$ в 3 раза
20	$\text{O}_2 \uparrow + 2\text{NO} \uparrow \rightarrow 2\text{NO}_2 \uparrow$	При увеличении $[\text{O}_2]$ в 5 раз

Вопрос 3

Определите, сколько времени потребуется для достижения степени превращения α в реакции первого порядка $A \rightarrow B + C$, если известна константа скорости реакции. Сколько времени потребуется для достижения той же степени превращения при увеличении температуры на 20° , если температурный коэффициент Вант-Гоффа равен 2.

№ п/п	$\alpha, \%$	$k, \text{мин}^{-1}$	№ п/п	$\alpha, \%$	$k, \text{мин}^{-1}$
1	5	0,051	11	55	0,072
2	10	0,052	12	60	0,076
3	15	0,054	13	65	0,081
4	20	0,055	14	70	0,088
5	25	0,057	15	75	0,09 2
6	30	0,059	16	80	0,100
7	35	0,061	17	85	0,112
8	40	0,064	18	90	0,128
9	45	0,066	19	95	0,157
10	50	0,069	20	99	0,230

Тема 8. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ (ОВР)

Изучите следующие понятия, определения и сведения: степень окисления, окислитель, восстановитель, окислительно-восстановительная двойственность, стандартный окислительно-

восстановительный потенциал, примеры типичных окислителей и восстановителей, определение направления ОВР.

Вопрос 1

Выделите в указанных веществах атомы элементов, для которых характерны окислительно-восстановительные свойства. Отметьте их степени окисления и функцию, которую они могут выполнять в ОВР: только окислитель, только восстановитель, окислительно-восстановительная двойственность.

Оцените их окислительно-восстановительную активность с использованием электродных потенциалов (приложение, табл. 10).

№ п/п	Вещества	№ п/п	Вещества
1.	$\text{Ce}(\text{SO}_4)_2, \text{Na}$	11.	$\text{F}_2, \text{SnCl}_2$
2.	AuCl_3, Al	12.	$\text{H}_2\text{O}_2, \text{NH}_3$
3.	$\text{Ca}, \text{K}_2\text{MnO}_4$	13.	$\text{O}_2, \text{FeCl}_2$
4.	HIO_3, Cu	14.	$\text{KMnO}_4, \text{Na}_2\text{SO}_3 (\text{pH} < 7)$
5.	$\text{NaBiO}_3, \text{Na}_2\text{SO}_3 (\text{pH} > 7)$	15.	MnO_2, Au
6.	$\text{PbO}_2, \text{H}_3\text{AsO}_4$	16.	HI, CrCl_2
7.	KCl, Cl_2	17.	SnCl_4, La
8.	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7, \text{Ni}(\text{OH})_3$	18.	$\text{NaClO}, \text{HNO}_3$
9.	$\text{Na}_2\text{S}, \text{MnSO}_4$	19.	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3, \text{Mg}$
10.	$\text{Zn}, \text{K}_3\text{PO}_3$	20.	$\text{H}_2, \text{KNO}_2 (\text{pH} < 7)$

Вопрос 2

Допишите окислительно-восстановительную реакцию и расставьте коэффициенты с использованием метода электронного баланса. Запишите ионно-молекулярные уравнения реакций. Укажите окислитель и восстановитель (используйте приложение, табл. 13)

- $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \dots$
- $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \dots$
- $\text{Zn} + \text{HNO}_3 (\text{разб.}) \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3 + \dots$
- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{S} \downarrow + \dots$
- $\text{FeSO}_4 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \dots$
- $\text{Cu} + \text{HNO}_3 (\text{конц.}) \rightarrow \text{NO}_2 \uparrow + \dots$
- $\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \dots$
- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{O}_2 + \dots$

9. $\text{Mg} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц}) \rightarrow \text{H}_2\text{S}\uparrow + \dots$
10. $\text{KMnO}_4 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2\downarrow + \dots$
11. $\text{CrCl}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \dots$
12. $\text{Ag} + \text{HNO}_3 (\text{разб}) \rightarrow \text{NO}\uparrow + \dots$
13. $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{S}\downarrow + \dots$
14. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \dots$
15. $\text{KMnO}_4 + \text{NaNO}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \dots$
16. $\text{Pb} + \text{HNO}_3 (\text{разб}) \rightarrow \text{NO}\uparrow + \dots$
17. $\text{NaBr} + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Br}_2 + \dots$
18. $\text{KClO}_3 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{KCl} + \dots$
19. $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \dots$
20. $\text{Cu} + \text{HNO}_3 (\text{разб}) \rightarrow \text{NO}\uparrow + \dots$

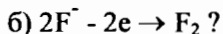
Вопрос 3

С использованием стандартных электродных потенциалов (приложение, табл. 10) рассчитайте ЭДС реакции и составьте уравнение возможной окислительно-восстановительной реакции, расставьте коэффициенты.

1. Можно ли в качестве окислителя в кислой среде использовать $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ для реализации в стандартных условиях следующих процессов: а) $2\text{F}^- - 2\text{e} \rightarrow \text{F}_2$; б) $2\text{Br}^- - 2\text{e} \rightarrow \text{Br}_2$?
2. К растворам хлорида и йодида калия, подкисленным серной кислотой, добавили нитрит натрия. Какой из галогенов выделится при этом в свободном виде?
3. Действием какого из окислителей ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ или KMnO_4) можно выделить хлор в свободном виде из раствора соляной кислоты?
4. Можно ли восстановить сульфат железа (III) до сульфата железа (II): а) бромидом калия; б) йодидом калия?
5. К растворам фторида и хлорида калия, подкисленным серной кислотой, добавили диоксид свинца PbO_2 . Какой из галогенов выделится при этом в чистом виде?
6. Можно ли в качестве окислителя в кислой среде использовать бром для следующих процессов: а) $\text{Fe}^{2+} - \text{e} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$;
б) $\text{Mn}^{2+} - 5\text{e} \rightarrow \text{Mn}^{+7}$?

7. Можно ли в качестве окислителя в кислой среде использовать $K_2Cr_2O_7$ для следующих процессов: а) $Mn^{2+} - 5e \rightarrow Mn^{+7}$;
б) $N^{+3} - 2e \rightarrow N^{+5}$?
8. Можно ли в качестве окислителя в кислой среде использовать H_2O_2 для следующих процессов: а) $S^{+4} - 2e \rightarrow S^{+6}$;
б) $2F^- - 2e \rightarrow F_2$?
9. Какой из окислителей (MnO_2 или PbO_2) эффективнее использовать в кислой среде для получения Cl_2 из раствора соляной кислоты?
10. Для получения какого галогена можно использовать $NaNO_2$ в качестве окислителя в кислой среде: а) $2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2$;
б) $2I^- - 2e \rightarrow I_2$?
11. Можно ли в качестве восстановителя использовать раствор HCl в следующих процессах: а) $Fe^{3+} + e \rightarrow Fe^{2+}$;
б) $Mn^{+7} + 5e \rightarrow Mn^{2+}$?
12. Действие какого из окислителей (Br_2 или $KMnO_4$) эффективней в кислой среде для процесса $Sn^{2+} - 2e \rightarrow Sn^{4+}$?
13. Какой процесс можно использовать для окисления сульфата железа (II) до сульфата железа (III) в кислой среде:
а) $S^{+6} + 2e \rightarrow S^{+4}$;
б) $Mn^{+7} + 5e \rightarrow Mn^{2+}$?
14. Действие какого окислителя ($K_2Cr_2O_7$ или I_2) эффективнее использовать в кислой среде для процесса $N^{+3} - 2e \rightarrow N^{+5}$?
15. Можно ли в качестве восстановителя в кислой среде использовать H_2O_2 для следующих процессов: а) $Mn^{+7} + 5e \rightarrow Mn^{2+}$;
б) $S^{+6} + 2e \rightarrow S^{+4}$?
16. К растворам хлорида и йодида калия, подкисленным серной кислотой, добавили $K_2Cr_2O_7$. Какой галоген выделяется при этом в свободном виде?
17. Какой процесс можно использовать для окисления нитрита натрия до нитрата в кислой среде: а) $Fe^{3+} + e \rightarrow Fe^{2+}$;
б) $Cr^{+6} + 3e \rightarrow Cr^{3+}$?
18. Можно ли в качестве окислителя в кислой среде использовать $KMnO_4$ в следующих процессах : а) $2F^- - 2e \rightarrow F_2$; б) $S^{2-} - 2e \rightarrow S$?

19. Можно ли в качестве окислителя в кислой среде использовать $K_2Cr_2O_7$ для следующих процессов: а) $S^{2-} - 2e \rightarrow S$



20. Какая из следующих реакций осуществима в стандартных условиях: а) $Zn + AgNO_3 \rightarrow \dots$; б) $Cu + FeSO_4 \rightarrow \dots$?

Тема 9. КОЛЛОИДНЫЕ СИСТЕМЫ

Изучите следующие понятия и определения: дисперсные системы, дисперсная фаза, дисперсионная среда, коллоидные системы, золь, гель, адсорбция, правило Пескова-Фаянса, кинетическая и агрегативная устойчивость, коагуляция, седиментация, пороговая концентрация.

Вопрос 1

Напишите уравнения реакций, протекающих при образовании золь, и схемы строения мицелл. В избытке взят компонент, который указан первым.

№ п/п	Реагенты	№ п/п	Реагенты
1	$AgNO_3 + KBr \rightarrow$	11	$Na_2CO_3 + LaCl_3 \rightarrow$
2	$NaI + AgNO_3 \rightarrow$	12	$AlCl_3 + NaOH \rightarrow$
3	$KBr + AgNO_3 \rightarrow$	13	$FeCl_3 + K_4[Fe(CN)_6] \rightarrow$
4	$AgNO_3 + NaI \rightarrow$	14	$KI + Pb(NO_3)_2 \rightarrow$
5	$Na_2S + AsCl_3 \rightarrow$	15	$K_4[Fe(CN)_6] + FeCl_3 \rightarrow$
6	$CuSO_4 + K_4[Fe(CN)_6] \rightarrow$	16	$Pb(NO_3)_2 + KI \rightarrow$
7	$AsCl_3 + Na_2S \rightarrow$	17	$Cu(NO_3)_2 + NaOH \rightarrow$
8	$K_4[Fe(CN)_6] + CuSO_4 \rightarrow$	18	$Na_2SiO_3 + HCl \rightarrow (pH=7, \text{гель})$
9	$LaCl_3 + Na_2CO_3 \rightarrow$	19	$NaOH + Cu(NO_3)_2 \rightarrow$
10	$NaOH + FeCl_3 \rightarrow$	20	$HCl + Na_2SiO_3 \rightarrow (pH<7, \text{золь})$

Вопрос 2

Золь получен при постепенном приливании к водному раствору первой соли (А) объемом V_A и молярной концентрации C_A раствора

второй соли (В) объемом V_B и молярной концентрации C_B (смотри нижеследующую таблицу):

№ п/п	Золь	Исходные соли						Электролиты
		А	V_A мл	C_A , моль/л	В	V_B мл	C_B , моль/л	
1	AgI	KI	20	0.01	AgNO ₃	15	0.012	Al(NO ₃) ₃ , K ₂ SO ₄
2	AgI	AgNO ₃	70	0.005	KI	20	0.015	CaCl ₂ , Na ₃ PO ₄
3	AgBr	KBr	25	0.008	AgNO ₃	18	0.0096	Na ₃ O ₄ , MgCl ₂
4	AgBr	AgNO ₃	18	0.012	KBr	20	0.0095	K ₃ [Fe(CN) ₆], KCl
5	AgCl	AgNO ₃	85	0.005	KCl	15	0.025	K ₃ PO ₄ , Ba(NO ₃) ₂
6	AgCl	NaCl	100	0.005	AgNO ₃	250	0.001	AlCl ₃ , MgSO ₄
7	AgI	KI	20	0.008	AgNO ₃	18	0.005	K ₂ SO ₄ , CuCl ₂
8	AgI	AgNO ₃	55	0.008	KI	25	0.016	Na ₃ PO ₄ , CaCl ₂
9	AgI	KI	18	0.011	AgNO ₃	14	0.013	AlCl ₃ , Na ₃ PO ₄
10	AgI	AgNO ₃	64	0.006	KI	19	0.016	NaBr, CuSO ₄
11	AgBr	KBr	23	0.009	AgNO ₃	17	0.01	CaC ₂ , Na ₂ CrO ₄
12	AgBr	AgNO ₃	19	0.013	KBr	21	0.009	MCl ₂ , Na ₃ PO ₄
13	AgCl	AgNO ₃	96	0.045	KCl	14	0.027	K ₂ SO ₄ , Ca(NO ₃) ₂
14	AgCl	NaCl	80	0.006	AgNO ₃	220	0.001	KBr, MgSO ₄
15	AgI	KI	15	0.012	AgNO ₃	25	0.006	KCl, MgSO ₄
16	ZnS	Na ₂ S	50	0.001	ZnCl ₂	40	0.005	Na ₂ SO ₄ , CaCl ₂
17	ZnS	Na ₂ S	80	0.001	ZnCl ₂	20	0.002	K ₂ SO ₄ , Ca(NO ₃) ₂
18	FeS	Na ₂ S	70	0.001	ZnCl ₂	50	0.01	MgSO ₄ , KI
19	FeS	Na ₂ S	90	0.02	ZnCl ₂	60	0.005	CaCl ₂ , Na ₂ SO ₄
20	AgI	AgNO ₃	60	0.008	KI	30	0.013	KBr, MgSO ₄

а) используя значения ПР (приложение, табл. 6), подтвердите расчетом условие образования ядра мицеллы;

б) определите, какие ионы, в соответствии с правилом Пескова-Фаянса будут адсорбироваться ядром.

Вопрос 3

Составьте формулу мицеллы золя и определите знак заряда частиц. Укажите, какой из приведенных в таблице электролитов является более эффективным коагулянтом. Используйте данные вопроса 2.

Тема 10. КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Изучите следующие понятия и определения: донорно-акцепторное взаимодействие, комплексообразователь, лиганды, внутренняя и внешняя сферы комплексного соединения, координационное число, типы гибридизации, пространственная геометрия комплексов, диссоциация комплексных соединений в водных растворах, константа нестойкости.

Вопрос 1

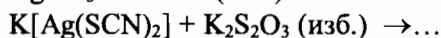
Напишите уравнения реакции комплексообразования. Для комплексных соединений, полученных в первой реакции, укажите: а) внутреннюю и внешнюю сферы; центральный атом – комплексообразователь и лиганды; б) определите заряд комплексного иона и степень окисления комплексообразователя.

- $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_3$ (изб.) $\rightarrow \dots$ $\text{КЧ} = 4$
 $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4] \text{Cl}_2 + \text{KCN}$ (изб.) $\rightarrow \dots$
 $K_H([\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+}) = 1,1 \cdot 10^{-8}$; $K_H([\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}) = 1,0 \cdot 10^{-31}$;
- $\text{CuSO}_4 + \text{NH}_4\text{OH}$ (изб.) $\rightarrow \dots$ $\text{КЧ} = 4$
 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4] \text{Cl}_2 + \text{NaCN}$ (изб.) $\rightarrow \dots$
 $K_H([\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}) = 2,14 \cdot 10^{-13}$; $K_H([\text{Cu}(\text{CN})_4]^{2-}) = 5,0 \cdot 10^{-28}$
- $\text{FeCl}_2 + \text{KCN}$ (изб.) $\rightarrow \dots$ $\text{КЧ} = 6$
 $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 + \text{Na}_2\text{S}$ (изб.) $\rightarrow$ $\text{ПП}(\text{FeS}) = 5,0 \cdot 10^{-18}$
- $\text{AgNO}_3 + \text{NH}_4\text{OH}$ (изб.) $\rightarrow \dots$ $\text{КЧ} = 2$
 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2] \text{Cl} + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (изб.) $\rightarrow$
 $K_H([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+) = 5,9 \cdot 10^{-8}$; $K_H([\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}) = 3,5 \cdot 10^{-14}$;
- $\text{ZnSO}_4 + \text{KOH}$ (изб.) $\rightarrow \dots$ $\text{КЧ} = 4$
 $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{HNO}_3$ (изб.) $\rightarrow \dots$
- $\text{AgNO}_3 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (изб.) $\rightarrow \dots$ $\text{КЧ} = 2$
 $\text{Na}[\text{Ag}(\text{NO}_2)_2] + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (изб.) $\rightarrow$
 $K_H([\text{Ag}(\text{NO}_2)_2]^-) = 1,3 \cdot 10^{-3}$; $K_H([\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}) = 3,5 \cdot 10^{-14}$;
- $\text{AlCl}_3 + \text{NaOH}$ (изб.) $\rightarrow \dots$ $\text{КЧ} = 4$ или 6
 $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 + \text{NaOH}$ (мало) $\rightarrow \dots$ $\text{ПП}(\text{Al}(\text{OH})_3) = 3,2 \cdot 10^{-34}$

8. $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NaSCN}(\text{изб.}) \rightarrow \dots$ КЧ = 6
 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{SCN})_6] + \text{KF}(\text{изб.}) \rightarrow \dots$
 $K_{\text{H}}([\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-}) = 5,9 \cdot 10^{-4}; K_{\text{H}}([\text{FeF}_6]^{3-}) = 7,9 \cdot 10^{-17}$
9. $\text{FeCl}_3 + \text{KF}(\text{изб.}) \rightarrow \dots$ КЧ = 6
 $\text{Na}_3[\text{FeF}_6] + \text{NaCN}(\text{изб.}) \rightarrow \dots$
 $K_{\text{H}}([\text{FeF}_6]^{3-}) = 7,9 \cdot 10^{-17}; K_{\text{H}}([\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}) = 1,0 \cdot 10^{-45};$
10. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{KCN}(\text{изб.}) \rightarrow \dots$ КЧ = 6
 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \rightarrow \dots$ ПР $(\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3) = 3,0 \cdot 10^{-41}$
11. $\text{AuCl}_3 + \text{KCl}(\text{изб.}) \rightarrow \dots$ КЧ = 4
 $\text{K}[\text{AuCl}_4] + \text{KSCN}(\text{изб.}) \rightarrow \dots$
 $K_{\text{H}}([\text{AuCl}_4]^-) = 5,0 \cdot 10^{-22}; K_{\text{H}}(\text{Au}(\text{SCN})_4^-) = 1,0 \cdot 10^{-42};$
12. $\text{Cd}(\text{OH})_2 + \text{NH}_4\text{OH}(\text{изб.}) \rightarrow \dots$ КЧ = 4
 $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2 + \text{KCN}(\text{изб.}) \rightarrow \dots$
 $K_{\text{H}}([\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}) = 2,8 \cdot 10^{-7}; K_{\text{H}}([\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}) = 7,8 \cdot 10^{-18};$
13. $\text{Fe}(\text{SCN})_2 + \text{KSCN}(\text{изб.}) \rightarrow \dots$ КЧ = 6
 $\text{FeSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(\text{изб.}) \rightarrow \dots$ двойная соль
14. $\text{Fe}(\text{CN})_2 + \text{KCN}(\text{изб.}) \rightarrow \dots$ КЧ = 6
 $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{FeCl}_3(\text{изб.}) \rightarrow \dots$ ПР $(\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3) = 3,0 \cdot 10^{-41}$
15. $\text{CuCl} + \text{NH}_3(\text{изб.}) \rightarrow \dots$ КЧ = 2
 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl} + \text{KCN}(\text{изб.}) \rightarrow \dots$
 $K_{\text{H}}([\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+) = 2,2 \cdot 10^{-8}; K_{\text{H}}([\text{Cu}(\text{CN})_2]^-) = 1,0 \cdot 10^{-24};$
16. $\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{NaOH}(30\%) \rightarrow \dots$ КЧ = 4
 $\text{Na}_2[\text{Cu}(\text{OH})_4] + \text{KCN}(\text{изб.}) \rightarrow \dots$
 $K_{\text{H}}([\text{Cu}(\text{OH})_4]^{2-}) = 7,6 \cdot 10^{-17}; K_{\text{H}}([\text{Cu}(\text{CN})_4]^{2-}) = 5,0 \cdot 10^{-28};$
17. $\text{AgCl} + \text{KCl}(\text{изб.}) \rightarrow \dots$ КЧ = 2
 $\text{K}[\text{AgCl}_2] + \text{KSCN}(\text{изб.}) \rightarrow \dots$
 $K_{\text{H}}([\text{AgCl}_2]^-) = 1,8 \cdot 10^{-5}; K_{\text{H}}([\text{Ag}(\text{SCN})_2]^-) = 2,7 \cdot 10^{-8};$
18. $\text{Ag}_2\text{O} + \text{NH}_4\text{OH}(\text{изб.}) \rightarrow \dots$ КЧ = 2
 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} + \text{HNO}_3(\text{изб.}) \rightarrow \dots$
19. $\text{AgNO}_3 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{изб.}) \rightarrow \dots$ КЧ = 2
 $\text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2] + \text{NaCN}(\text{изб.}) \rightarrow \dots$
 $K_{\text{H}}([\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}) = 3,5 \cdot 10^{-14}; K_{\text{H}}([\text{Ag}(\text{CN})_2]^-) = 1,4 \cdot 10^{-20};$



$KЧ = 2$



$K_H([\text{Ag}(\text{SCN})_2]^-) = 2,7 \cdot 10^{-8}; \quad K_H([\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}) = 3,5 \cdot 10^{-14}$

Вопрос 2

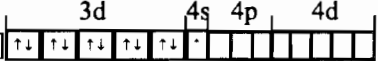
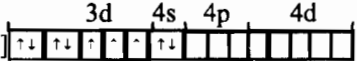
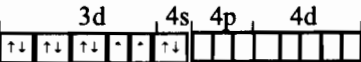
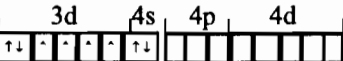
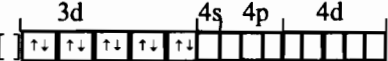
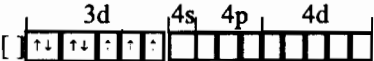
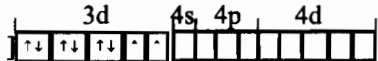
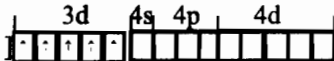
Используя значения общей константы нестойкости K_H , определите молярную концентрацию ионов комплексообразователя и концентрацию ионов (или молекул) лиганда в растворе комплексной соли (А) с концентрацией $C(A)$, содержащей избыток лигандов в виде вещества (В) с молярной концентрацией $C(B)$.

№ п/п	Раствор комплексного соединения			Раствор вещества В	
	Формула А	$C(A)$, моль/л	K_H	Формула В	$C(B)$, моль/л
1	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	0,1	$1,0 \cdot 10^{-37}$	KCN	1
2	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	0,2	$1,3 \cdot 10^{-44}$	KCN	1
3	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$	0,3	$5,7 \cdot 10^{-8}$	NH_3	1,5
4	$\text{K}_2[\text{Cd}(\text{CN})_4]$	0,05	$7,8 \cdot 10^{-18}$	KCN	0,1
5	$\text{K}_2[\text{HgI}_4]$	0,02	$1,5 \cdot 10^{-31}$	KI	0,05
6	$\text{K}_2[\text{HgCl}_4]$	0,01	$8,5 \cdot 10^{-16}$	KCl	1
7	$\text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$	0,1	$3,5 \cdot 10^{-14}$	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	0,08
8	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$	0,01	$2,1 \cdot 10^{-13}$	NH_3	0,5
9	$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$	0,4	$2,0 \cdot 10^{-9}$	NH_3	1
10	$\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$	0,01	$2,8 \cdot 10^{-21}$	KCN	0,02
11	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$	0,3	$6,2 \cdot 10^{-36}$	NH_3	0,1
12	$\text{K}_3[\text{FeF}_6]$	0,02	$7,9 \cdot 10^{-17}$	KF	0,3
13	$\text{K}_3[\text{Co}(\text{CN})_6]$	0,01	$1,0 \cdot 10^{-64}$	KCN	0,5
14	$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$	0,1	$9,8 \cdot 10^{-9}$	NH_3	0,3
15	$\text{K}_4[\text{Co}(\text{CN})_6]$	0,5	$8,1 \cdot 10^{-20}$	KCN	2
16	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{SCN})_6]$	0,1	$5,9 \cdot 10^{-4}$	KSCN	1
17	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$	0,2	$4,1 \cdot 10^{-5}$	NH_3	1,5
18	$\text{K}_2[\text{Zn}(\text{CN})_4]$	0,01	$2,4 \cdot 10^{-20}$	KCN	0,5
19	$\text{K}_2[\text{UF}_6]$	0,3	$1,6 \cdot 10^{-25}$	KF	1
20	$\text{K}_4[\text{Hg}(\text{CN})_6]$	0,05	$2,4 \cdot 10^{-41}$	KCN	0,1

Вопрос 3

Определите тип гибридизации орбиталей комплексообразователя и пространственную конфигурацию комплекса. При ответе можно использовать предлагаемый образец оформления.

Образец оформления

1.	Формула комплекса	A. $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$; B. $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ Б. $[\text{Co}(\text{SCN})_4]^{2-}$; Г. $[\text{FeF}_6]^{3-}$
2.	Заряд иона комплексообразователя	A. 1+; Б. 2+; В. 2+; Г. 3+
3.	Сокращенная электронная формула невозбужденного атома комплексообразователя в виде энергетических ячеек	A. Cu [] Б. Co [] В. Ni [] Г. Fe []
4.	Сокращенная электронная формула свободного иона комплексообразователя в виде энергетических ячеек	A. Cu^+ [] Б. Co^{2+} [] В. Ni^{2+} [] Г. Fe^{3+} []

5	Число неспаренных электронов иона комплексобразователя в окружении лигандов данного типа (ne)	А. 0; Б. 3; В. 0; Г. 5
6	Сокращенная электронная формула комплекса в виде энергетических ячеек (пунктиром выделены орбитали комплексобразователя, занятые электронными парами лигандов)	А. Б. В. Г.
7	Тип гибридизации	А. sp; Б. sp ³ ; В. dsp ² ; Г. sp ³ d ²
8	Пространственная конфигурация комплекса	А. Линейная. Б. Тетраэдр. В. Плоский квадрат. Г. Октаэдр

Таблица исходных данных

№ п/п	Комплекс	Число неспаренных электронов (ne)	№ п/п	Комплекс	Число неспаренных электронов (ne)
1	[Ag(NH ₃) ₂] ⁺	0	11	[Fe(H ₂ O) ₆] ²⁺	4
2	[Ag(CN) ₂] ⁻	0	12	[FeF ₆] ³⁻	5
3	[Co(H ₂ O) ₆] ³⁺	0	13	[Ni(NH ₃) ₆] ²⁺	2
4	[Co(H ₂ O) ₆] ²⁺	3	14	[Pt(CN) ₄] ²⁻	0
5	[AuCl ₄] ⁻	0	15	[Ni(H ₂ O) ₆] ²⁺	2
6	[Cr(CN) ₆] ³⁻	3	16	[Ni(NH ₃) ₄] ²⁺	2
7	[CoCl ₄] ²⁻	3	17	[Zn(NH ₃) ₄] ²⁺	0
8	[Co(NO ₂) ₆] ³⁻	0	18	[Cr(NH ₃) ₆] ³⁺	3
9	[Fe(H ₂ O) ₆] ³⁺	5	19	[FeF ₆] ⁴⁻	4
10	[Fe(CN) ₆] ³⁻	1	20	[Fe(CN) ₆] ⁴⁻	0

Тема 11. СВОЙСТВА *f*-ЭЛЕМЕНТОВ

Изучите следующие определения, понятия, сведения: лантаноиды (Ln), актиноиды (An), редкоземельные и трансурановые элементы, радиоактивность, свойства металлов и их гидроксидов с разной степенью окисления, окислительно-восстановительные свойства соединений Ln и An, способность к комплексообразованию и координационные числа.

Вопрос 1

Составьте сокращенные электронные формулы в виде энергетических ячеек для *f*-элементов с порядковыми номерами Z. Укажите основные степени окисления, которые они проявляют в химических соединениях.

№ п/п	Z	№ п/п	Z	№ п/п	Z
1	58, 90	8	65, 97	15	58, 90
2	59, 91	9	66, 98	16	59, 91
3	60, 92	10	67, 99	17	60, 92
4	61, 93	11	68, 100	18	61, 93
5	62, 94	12	69, 101	19	62, 94
6	63, 95	13	70, 102	20	63, 95
7	64, 96	14	71, 103		

Вопрос 2

Напишите формулы средней соли и комплексного соединения лантаноида и актиноида. Укажите, растворимы ли они в воде.

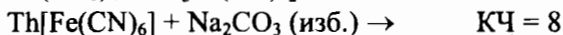
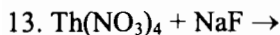
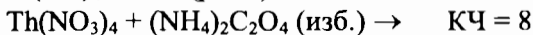
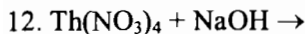
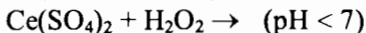
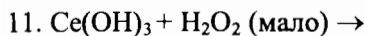
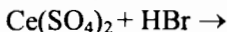
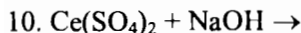
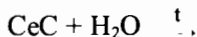
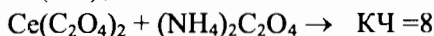
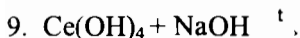
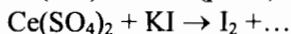
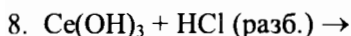
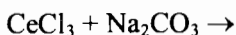
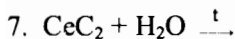
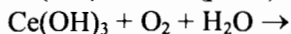
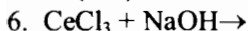
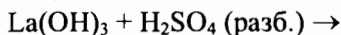
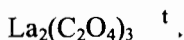
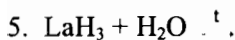
№ п/п	Средняя соль	Комплексное соединение		
		Центральный атом	Лиганд	КЧ
1	Карбонат церия (III)	Th ⁴⁺	CO ₃ ²⁻	8
2	Диуранат аммония	Ce ⁴⁺	C ₂ O ₄ ²⁻	8
3	Фторид тория	UO ₂ ²⁺	CO ₃ ²⁻	6
4	Сульфат диоксоурана	Th ⁴⁺	F	6
5	Нитрат тория	Ce ⁴⁺	CO ₃ ²⁻	8
6	Карбонат гадолиния	U ⁴⁺	F	6
7	Хлорид церия (III)	Th ⁴⁺	C ₂ O ₄ ²⁻	8

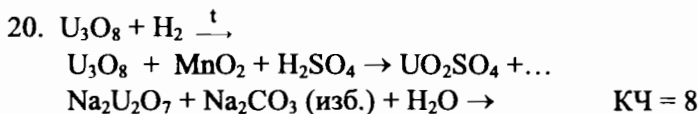
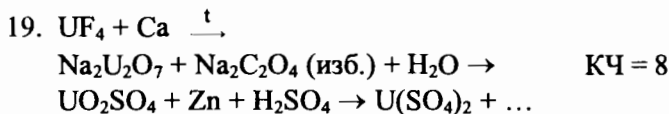
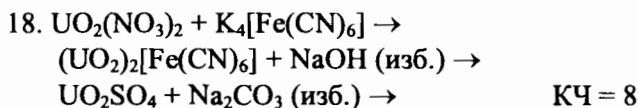
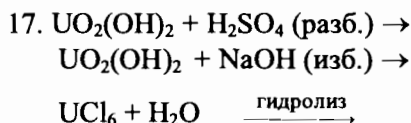
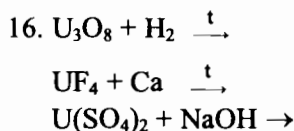
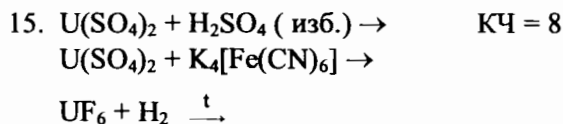
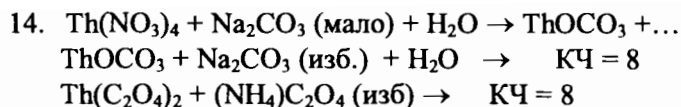
№ п/п	Средняя соль	Комплексное соединение		
		Централь- ный атом	Лиганд	КЧ
8	Фторид урана (IV)	UO_2^{2+}	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	6
9	Фторид диоксоурана(VI)	Ce^{4+}	SO_4^{2-}	8
10	Оксалат церия (III)	Pu^{4+}	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	8
11	Нитрат диоксоурана(VI)	U^{4+}	SO_4^{2-}	8
12	Фторид урана (VI)	Ce^{4+}	CO_3^{2-}	8
13	Ортофосфат тория (IV)	Th^{4+}	CO_3^{2-}	8
14	Диуранат аммония	Pu^{4+}	CO_3^{2-}	8
15	Карбонат оксотория	UO_2^{2+}	CO_3^{2-}	6
16	Хлорид диоксоурана	Ce^{4+}	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	8
17	Сульфат церия (IV)	Th^{4+}	CO_3^{2-}	8
18	Ортосиликат тория (IV)	UO_2^{2+}	SO_4^{2-}	6
19	Уранат натрия	Pu^{4+}	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	8
20	Оксалат неодима	UO_2^{2+}	F	6

Вопрос 3

Допишите уравнения следующих химических реакций:

- $\text{ScCl}_3 + \text{KOH (изб.)} \rightarrow$ КЧ = 6 или 4
 $\text{Sc(OH)}_3 + \text{HNO}_3 \text{ (разб.)} \rightarrow$
 $\text{ScF}_3 + \text{HF (изб.)} \rightarrow$ КЧ = 6
- $\text{Sc} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t},$ КЧ = 6 или 4
 $\text{ScCl}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ (изб.)} \rightarrow$ КЧ = 6
 $\text{Sc(OH)}_3 \xrightarrow{t}.$
- $\text{YCl}_3 + \text{Mg} \xrightarrow{t}.$
 $\text{Y(OH)}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ (разб.)}$
 $\text{Y} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t}.$
- $\text{LaCl}_3 + \text{Ca} \xrightarrow{t}.$
 $\text{La} + \text{HCl (разб.)} \rightarrow$
 $\text{La(OH)}_3 \xrightarrow{t}.$





Тема 12. СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА. ГРУППОВЫЕ И ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ЭЛЕМЕНТОВ

Изучите следующие определения, понятия и сведения: химическая идентификация вещества, качественный анализ, аналитический сигнал, аналитические группы ионов, групповой реактив, реакции обнаружения или открытия ионов.

Вопрос 1

Составьте сокращенные электронные формулы в виде энергетических ячеек для химических элементов с порядковыми номерами Z . Определите тип элементов. Определите высшие степени окисления элементов.

№ п/п	Z	№ п/п	Z	№ п/п	Z	№ п/п	Z
1	21, 58	6	92, 27	11	90, 28	16	34, 94
2	33, 90	7	40, 60	12	57, 92	17	82, 68
3	63, 22	8	29, 91	13	35, 66	18	64, 48
4	26, 59	9	25, 61	14	24, 70	19	69, 41
5	72, 64	10	79, 65	15	67, 42	20	49, 92

Вопрос 2

Составьте структурные формулы соединений, укажите степени окисления атомов и типы химических связей между ними (с использованием значений электроотрицательности – приложение, табл. 4). Сравните любые две связи по степени их ионности.

№ п/п	соединения	№ п/п	соединения	№ п/п	соединения	№ п/п	соединения
1	$\text{La}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ Na_2O_2	6	BaO_2 Na_2CrO_4	11	Pb_3O_4 H_2CO_3	16	$\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$ CH_3COOH
2	H_2O_2 CH_3COOH	7	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ $\text{Cr}(\text{OH})_3$	12	Na_2CrO_4 EuC_2	17	$(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ CeC_2
3	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ $\text{U}(\text{OH})_4$	8	ThOCO_3 $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	13	Fe_3O_4	18	CaC_2 $\text{Al}(\text{OH})_3$
4	H_2CO_3 Pb_3O_4	9	U_3O_8 $\text{Th}(\text{SO}_4)_2$	14	NaHCO_3 EuC_2	19	CrOHSO_4 $\text{Ce}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$
5	KMnO_4 Fe_3O_4	10	FeOHSO_4 CeC_2	15	$\text{Th}(\text{OH})_4$ $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$	20	NaAlO_2 BaO_2

Вопрос 3

Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения химических реакций (или схемы) обнаружения в водном растворе данных ионов. Укажите аналитический сигнал.

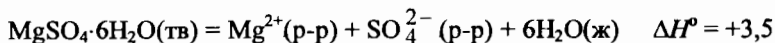
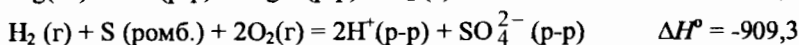
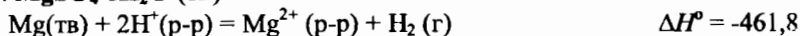
- | | |
|---|--|
| 1. H^+ , CO_3^{2-} , Cu^{2+} ; | 2. SO_4^{2-} , Pb^{2+} , H^+ ; |
| 3. Th^{4+} , Ca^{2+} , Pb^{2+} ; | 4. I^- , Fe^{3+} , NO_3^- ; |
| 5. Ce^{4+} , OH^- , Fe^{3+} ; | 6. Ag^+ , K^+ , NH_4^+ ; |
| 7. UO_2^{2+} , H^+ , Na^+ ; | 8. OH^- , Na^+ , UO_2^{2+} ; |
| 9. Ni^{2+} , Ba^{2+} , SO_4^{2-} ; | 10. Ni^{2+} , Ca^{2+} , SO_4^{2-} ; |
| 11. NO_3^- , Ca^{2+} , K^+ ; | 12. CO_3^{2-} , Th^{4+} , Ba^{2+} ; |
| 13. OH^- , Cl^- , Cu^{2+} ; | 14. Pb^{2+} , NO_3^- , Fe^{3+} ; |
| 15. Th^{4+} , SO_4^{2-} , Na^+ ; | 16. NH_4^+ , Cu^{2+} , H^+ ; |
| 17. UO_2^{2+} , NO_3^- , Ca^{2+} ; | 18. Ag^+ , OH^- , SO_4^{2-} ; |
| 19. Ce^{4+} , Ba^{2+} , Cl^- ; | 20. UO_2^{2+} , CO_3^{2-} , Cl^- ; |

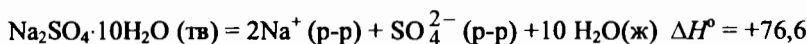
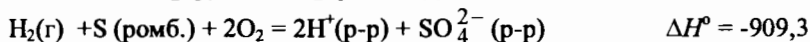
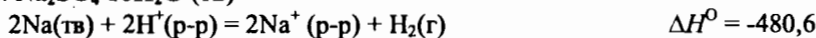
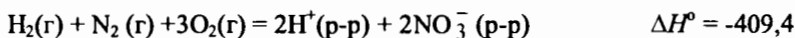
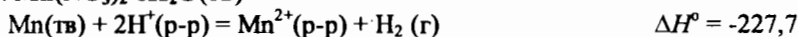
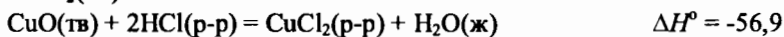
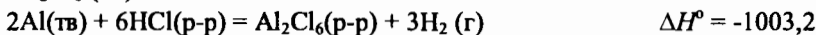
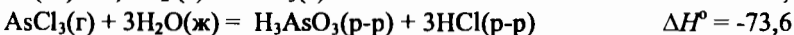
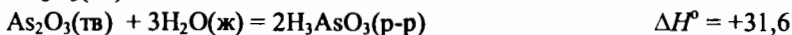
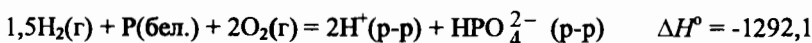
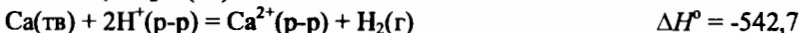
Тема 13. ЭНЕРГЕТИКА ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ (варианты домашнего задания)

Вопрос 1

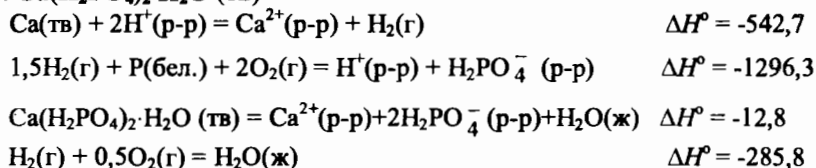
Термохимические расчеты на основе закона Гесса.
С использованием приведенных уравнений реакций и их тепловых эффектов (ΔH°), рассчитайте стандартные теплоты образования (энтальпии образования $\Delta H_{\text{обр}}^\circ$, кДж/моль) указанных веществ.

1. $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (тв)

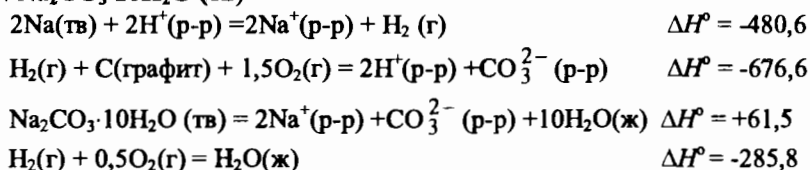


2. Na₂SO₄·10H₂O (тв)**3. Mn(NO₃)₂·6H₂O(тв)****4. CuCl₂(тв)****5. Al₂Cl₆ (тв)****6. As₂O₃(тв)****7. CaHPO₄·2H₂O (тв)**

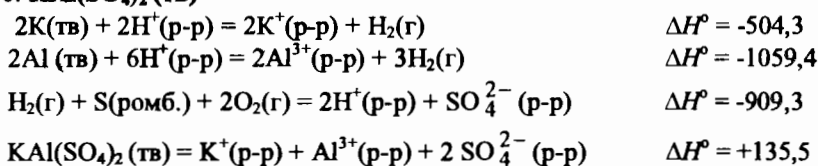
8. $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (тв)



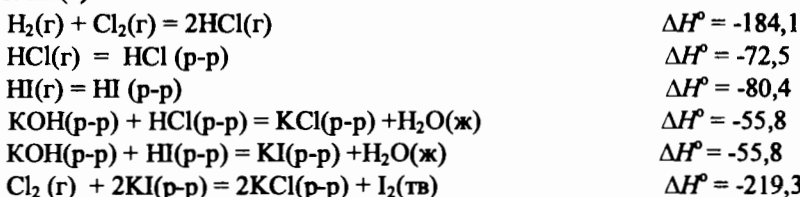
9. $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (тв)



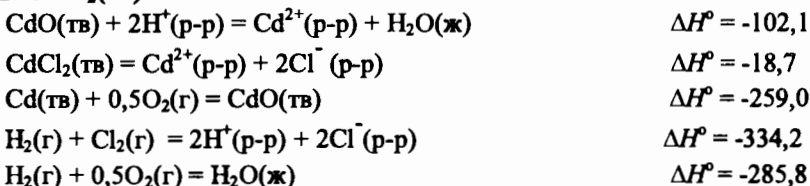
10. $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ (тв)



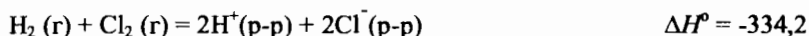
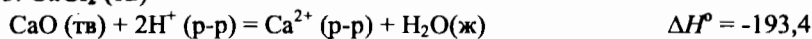
11. $\text{HI}(\text{г})$



12. CdCl_2 (тв)

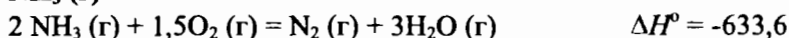


13. CaCl_2 (тв)



С использованием приведенных уравнений реакций и их тепловых эффектов (ΔH°) рассчитайте среднее значение энергии связи E , кДж/моль в указанных молекулах.

14. NH_3 (г)



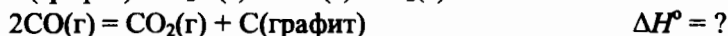
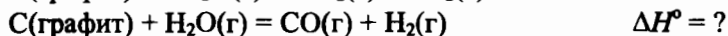
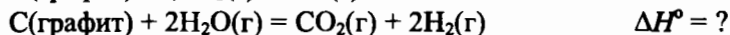
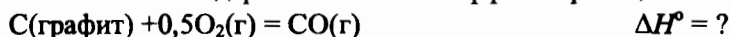
15. CH_4 (г)



16. HCl (г)



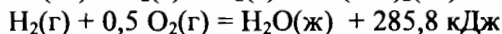
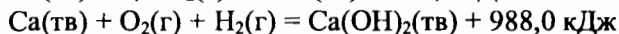
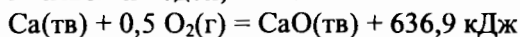
17. Рассчитайте стандартные тепловые эффекты реакций:



по следующим данным



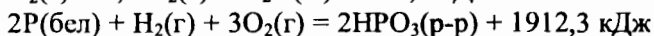
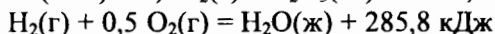
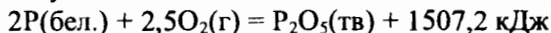
18. Определите количество теплоты, выделяющейся при гашении 500 кг извести водой, если:



19. Определите количество теплоты, выделяющейся при взаимодействии 30 кг пентаоксида фосфора с водой по реакции

$$\text{P}_2\text{O}_5(\text{тв}) + \text{H}_2\text{O(ж)} = 2\text{HPO}_3(\text{р-р}) + Q,$$

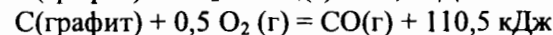
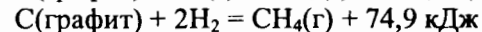
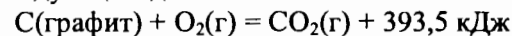
по следующим данным:



20. Рассчитайте расход теплоты на получение 100 л водорода в нормальных условиях при конверсии метана по реакции

$$\text{CH}_4(\text{г}) + \text{CO}_2(\text{г}) = 2\text{CO(г)} + 2\text{H}_2(\text{г}) \quad \pm Q$$

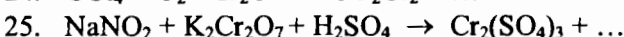
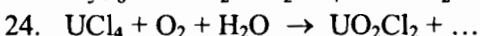
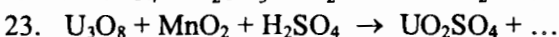
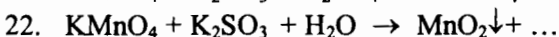
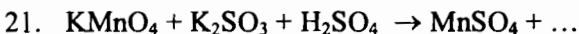
по следующим данным:



Вопрос 2

Расчет теплового эффекта реакций с использованием табличных значений $\Delta H_{\text{обр}}^0$ молекул и ионов в водных растворах (приложение табл. 5)

Допишите окислительно-восстановительную реакцию (ОВР), протекающую в водном растворе, расставьте коэффициенты с применением электронного баланса и рассчитайте тепловой эффект:



26. $\text{U}(\text{SO}_4)_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{UO}_2\text{SO}_4 + \dots$
27. $\text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \dots$
28. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HI} \rightarrow \text{CrI}_3 + \dots$
29. $\text{PbO}_2 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{PbSO}_4 + \dots$
30. $\text{Zn} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3 + \dots$
31. $\text{KI} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \dots$
32. $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \dots$
33. $\text{FeSO}_4 + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{KCl} + \dots$
34. $\text{KMnO}_4 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Br}_2 + \dots$
35. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl} (\text{конц}) \rightarrow \text{Cl}_2 + \dots$
36. $\text{MnSO}_4 + \text{Br}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{MnO}_2\downarrow + \dots$
37. $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{O}_2 + \dots$
38. $\text{KMnO}_4 + \text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \dots$
39. $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO} + \dots$
40. $\text{Cu} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO} + \dots$

Вопрос 3

Определите направление реакции: а) при стандартной температуре (298 К); б) при нестандартной температуре (t), используя приближенную оценку изменения энергии Гиббса реакций при заданной температуре по уравнению:

$$\Delta G_T = \Delta H_{298}^0 - T \Delta S_{298}^0.$$

№ п/п	Реакция	$t, ^\circ\text{C}$
41	$\text{Ag}_2\text{O} (\text{тв}) + 2\text{NO} (\text{г}) + 1.5 \text{O}_2 (\text{г}) = 2 \text{AgNO}_3 (\text{тв})$	1000
42	$\text{Ag} (\text{тв}) + \text{NO} (\text{г}) + \text{O}_2 (\text{г}) = \text{AgNO}_3 (\text{тв})$	1000
43	$\text{CO}_2(\text{г}) + \text{PbO} (\text{тв}) = \text{PbCO}_3 (\text{тв})$	500
44	$\text{ZnO} (\text{тв}) + \text{CO}_2 (\text{г}) = \text{ZnCO}_3 (\text{тв})$	500
45	$\text{SO}_2 (\text{г}) + \text{Na}_2\text{O} (\text{тв}) = \text{Na}_2\text{SO}_3 (\text{тв})$	2000
46	$\text{Na}_2\text{O} (\text{тв}) + \text{CO}_2 (\text{г}) = \text{Na}_2\text{CO}_3 (\text{тв})$	2000
47	$\text{CO}_2(\text{г}) + \text{CaO}(\text{тв}) = \text{CaCO}_3 (\text{тв})$	1000
48	$2 \text{NO}_2 (\text{г}) = \text{N}_2\text{O}_4 (\text{г})$	100
49	$\text{BaO} (\text{тв}) + \text{CO}_2 (\text{г}) = \text{BaCO}_3 (\text{тв})$	1500
50	$2 \text{NO}(\text{г}) + 1,5 \text{O}_2(\text{г}) + \text{CaO}(\text{тв}) = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 (\text{тв})$	1000
51	$\text{MgO} (\text{тв}) + \text{CO}_2 (\text{г}) = \text{MgCO}_3 (\text{тв})$	800
52	$\text{CO}_2 (\text{г}) + \text{MnO} (\text{тв}) = \text{MnCO}_3 (\text{тв})$	500

№ п/п	Реакция	t, °C
53	$\text{H}_2\text{O (г)} + \text{BaO (тв)} = \text{Ba(OH)}_2 \text{ (тв)}$	1000
54	$2 \text{ NO (г)} + 1,5 \text{ O}_2 \text{ (г)} + \text{BaO (тв)} = \text{Ba(NO}_3)_2 \text{ (тв)}$	1500
55	$\text{CaO (тв)} + \text{H}_2\text{O (г)} = \text{Ca(OH)}_2 \text{ (тв)}$	1500
56	$2 \text{ Ag (тв)} + 0,5 \text{ O}_2 \text{ (г)} = \text{Ag}_2\text{O (тв)}$	300
57	$\text{NO (г)} + 0,5 \text{ Cl}_2 \text{ (г)} = \text{NOCl (г)}$	800
58	$\text{ZnO (тв)} + \text{SO}_3 \text{ (г)} = \text{ZnSO}_4 \text{ (тв)}$	1500
59	$\text{NO (г)} + 0,5 \text{ O}_2 \text{ (г)} = \text{NO}_2 \text{ (г)}$	800
60	$\text{H}_2\text{O (г)} + \text{ZnO (тв)} = \text{Zn(OH)}_2 \text{ (тв)}$	1000

Вопрос 4

Оценка температуры разложения веществ с использованием табличных значений $\Delta H_{\text{обр}, 298}^{\circ}$ и S_{298}° (приложение табл. 5).

Уравняйте реакцию термического разложения вещества и рассчитайте температуру начала разложения вещества $T_{\text{разл}}$, К.

- | | |
|--|--|
| 61. $\text{CaCO}_3 \text{ (тв)} \rightarrow$ | 62. $\text{Ba(OH)}_2 \text{ (тв)} \rightarrow$ |
| 63. $\text{Zn(OH)}_2 \text{ (тв)} \rightarrow$ | 64. $\text{NO}_2 \text{ (г)} \rightarrow \text{O}_2 \text{ (г)} + \text{NO (г)}$ |
| 65. $\text{Mg(OH)}_2 \text{ (тв)} \rightarrow$ | 66. $\text{Ca(OH)}_2 \text{ (тв)} \rightarrow$ |
| 67. $\text{Pb(OH)}_2 \text{ (тв)} \rightarrow$ | 68. $\text{Ag}_2\text{O (тв)} \rightarrow$ |
| 69. $\text{BaCO}_3 \text{ (тв)} \rightarrow$ | 70. $\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ (тв)} \rightarrow$ |
| 71. $\text{Y(OH)}_3 \text{ (тв)} \rightarrow$ | 72. $\text{AgNO}_3 \text{ (тв)} \rightarrow \text{Ag (тв)} + \dots$ |
| 73. $\text{HgO (тв)} \rightarrow$ | 74. $\text{PbCO}_3 \text{ (тв)} \rightarrow$ |
| 75. $\text{MgCO}_3 \text{ (тв)} \rightarrow$ | 76. $\text{ZnCO}_3 \text{ (тв)} \rightarrow$ |
| 77. $\text{MnCO}_3 \text{ (тв)} \rightarrow$ | 78. $\text{Na}_2\text{SO}_3 \text{ (тв)} \rightarrow$ |
| 79. $\text{HNO}_3 \text{ (г)} \rightarrow \text{NO (г)} + \dots$ | 80. $\text{La(OH)}_3 \text{ (тв)} \rightarrow$ |

Вопрос 5

Следует ответить на нижеперечисленные вопросы.

81. Какую практически важную информацию о химических превращениях дает химическая термодинамика?
82. Дайте определение внутренней энергии химической системы. Можно ли определить абсолютное значение внутренней энергии?
83. Что такое тепловой эффект химической реакции? Приведите примеры эндотермических и экзотермических реакций.

84. В чем различие экспериментальных методов определения изобарных и изохорных тепловых эффектов?
85. Приведите уравнение связи ΔH и ΔU . Могут ли быть равными эти термодинамические функции химических систем?
86. Каков физический смысл $\Delta H_{\text{обр}}^{\circ}$ вещества? Какие выводы можно сделать по знаку $\Delta H_{\text{обр}}^{\circ}$?
87. Приведите примеры термодинамического уравнения химической реакции.
88. Сформулируйте основные законы термохимии. Какие практические следствия вытекают из этих законов?
89. Является ли тепловой эффект реакции критерием возможности самопроизвольного протекания химического превращения?
90. Каков физический смысл энтропии и от каких факторов она зависит?
91. Что такое термодинамическая вероятность и как она связана с энтропией? С чем связана возможность определения абсолютных значений энтропии?
92. По каким данным можно рассчитать изменение энтропии в процессе химической реакции? Для каких систем (изолированных или неизолированных) ΔS является критерием возможности самопроизвольного протекания химического превращения?
93. Как оценить знак ΔS реакции, протекающей с участием газообразных веществ, не прибегая к справочным данным?
94. К какому результату приводит объединение функции ΔH и ΔS в одно уравнение? В чем заключается практическая ценность уравнения Гиббса?
95. Каков физический смысл $\Delta G_{\text{обр}}^{\circ}$ вещества?
96. Какие выводы можно сделать по знаку $\Delta G_{\text{обр}}^{\circ}$ вещества?
97. Какой из факторов (энтальпийный или энтропийный) имеет решающее значение для изменения энергии Гиббса при очень высоких и очень низких температурах?
98. Какие реакции (экзотермические или эндотермические) наиболее вероятны при низких температурах?

99. Дайте определение химического потенциала и поясните его физический смысл.
100. Какие выводы можно сделать о направлении реакции по величине и знаку ΔG реакции?

Тема 14. ЗАЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ ПЕРВОГО СЕМЕСТРА

Вопрос 1.

Следует знать нижеперечисленные вопросы.

1. Атом, химический элемент, вещество (простое, сложное, раствор, смесь).
2. Способы выражения состава раствора. Концентрация (молярная, моляльная, массовая и мольная доли).
3. Квантово-механическая модель атома, квантовые числа, типы атомных орбиталей.
4. Основные принципы и закономерности заполнения атомных орбиталей электронами (принцип минимума энергии, принцип Паули, правило Хунда, правило Клечковского).
5. Зависимость радиусов атомов, энергии ионизации, сродства к электрону и электроотрицательности от положения элемента в ПСЭ. Металлы и неметаллы.
6. Химическая связь: природа, основные виды и свойства.
7. Валентность, степень окисления атома элемента в химическом соединении. Структурные формулы.
8. Типы химических превращений. Уравнения химических реакций в ионно-молекулярной форме.
9. Основные законы термохимии (закон Гесса, закон Лавуазье-Лапласа) и следствия из них.
10. Стандартная энтальпия образования вещества (сложного, простого, ионов в водном растворе). Тепловой эффект химического превращения и его расчет.
11. Стандартная энтропия вещества (простого, сложного, ионов в водном растворе). Расчет изменения энтропии в химической реакции.

12. Определение направления химической реакции по термодинамическим функциям состояния. Энергия Гиббса.
13. Обратимые реакции. Химическое равновесие. Закон действующих масс в химической термодинамике.
14. Смещение химического равновесия. Принцип Ле Шателье
15. Диссоциация слабых электролитов. Константа и степень электролитической диссоциации. Расчет pH раствора слабой кислоты или слабого основания.
16. Произведение растворимости (ПР). Растворимость вещества и её расчет по ПР.
17. Гидролиз. Гидролиз по катиону и аниону (изменение pH среды). Константа и степень гидролиза.
18. Химический потенциал, активность, коэффициент активности.
19. Образование комплекса, тип гибридизации орбиталей комплекссообразователя и пространственная конфигурация комплекса. Типы комплексов.
20. Типичные комплекссообразователи и лиганды, виды химических связей в комплексных соединениях.
21. Константы нестойкости. Расчет концентрации комплекссообразователя в растворе комплексной соли. Разрушение комплексов с использованием реакций осаждения.
22. Уравнение скорости простой и сложной химической реакции. Порядок и молекулярность реакции.
23. Энергия активации. Между какими частицами (веществами) реакции идут с заметной скоростью при стандартных условиях, а какие реакции требуют инициирования?
24. Зависимость скорости реакции от температуры (уравнение Аррениуса, правило Вант-Гоффа).

Вопрос 2.

Составьте электронные формулы двух элементов в виде энергетических ячеек. Для второго элемента определите степени окисления в указанных соединениях. Составьте структурные формулы. Для каждой химической связи укажите, к какому из атомов смещена электронная плотность химической связи; выделите ионные и ковалентные неполярные связи.

№ п/п	Элементы	Химические соединения
1	Ni, C	CaC ₂ , CO ₂ , NaHCO ₃
2	Fe, N	N ₂ , NH ₃ , KNO ₃
3	Co, Sn	SnO ₂ , Na ₂ SnO ₃ , SnSO ₄
4	Cr, O	H ₂ O ₂ , OF ₂ , NaOH
5	F, Cu	CuI, Cu(OH) ₂ , (CuOH) ₂ SO ₄
6	Mn, Si	SiH ₄ , SiO ₂ , Na ₂ SiO ₃
7	Ti, Br	Br ₂ , HBrO, KBrO ₃
8	Cd, P	PCl ₃ , P ₂ O ₅ , Ca ₃ (PO ₄) ₂
9	B, Cr	Cr ₂ O ₃ , Na ₂ CrO ₄ , Cr(OH) ₃
10	Sc, S	SO ₂ , Na ₂ S ₂ O ₃ , H ₂ SO ₃
11	Ca, Mn	MnO ₂ , KMnO ₄ , MnSO ₄
12	Ti, Cl	Cl ₂ , RbCl, HClO ₄
13	Sb, Ba	Ba(OH) ₂ , BaO ₂ , Ba ₃ (PO ₄) ₂
14	Br, Fe	Fe ₃ O ₄ , FeCl ₃ , FeSO ₄
15	V, K	K ₂ O ₂ , K ₃ PO ₄ , KOH
16	Zr, Al	Al ₂ (SO ₄) ₃ , AlH ₃ , NaAlO ₂
17	As, H	H ₂ , CaH ₂ , H ₂ O ₂
18	Ag, B	B ₂ O ₃ , H ₃ BO ₃ , Na ₂ B ₄ O ₇
19	Mo, N	N ₂ , NO ₂ , KNO ₂
20	W, I	I ₂ , HI, KIO ₃

Вопрос 3.

Рассчитайте pH водных растворов кислоты и основания (для слабых многоосновных кислот и многовалентных оснований учитывайте только первую ступень диссоциации). Константы диссоциации слабого электролита возьмите из приложения, табл. 7.

№ п/п	Кислота, основание	C, моль/л	№ п/п	Кислота, основание	C, моль/л
1	H ₂ SO ₄	0,2	11	HCN	0,02
	NH ₄ OH	0,2		Ca(OH) ₂	0,02
2	CH ₃ COOH	1,0	12	H ₂ CO ₃	0,05
	NaOH	1,0		LiOH	0,05
3	HCl	0,05	13	CH ₃ COOH	0,5
	C ₆ H ₅ NH ₃ OH	0,5		Sr(OH) ₂	0,5
4	H ₂ S	0,5	14	HClO ₄	0,3
	KOH	0,5		NH ₄ OH	0,3

№ п/п	Кислота, основание	С, моль/л	№ п/п	Кислота, основание	С, моль/л
5	HNO ₃ NH ₄ OH	0,08 0,08	15	HNO ₂ NaOH	0,4 0,4
6	H ₂ SO ₃ RbOH	0,5 0,5	16	H ₂ SO ₄ C ₆ H ₅ NH ₃ OH	0,01 0,01
7	HBr (CH ₃) ₂ NH ₂ OH	0,2 0,2	17	HClO KOH	0,5 0,5
8	H ₃ PO ₄ Ba(OH) ₂	0,1 0,1	18	HCl (CH ₃) ₂ NH ₂ OH	0,05 0,05
9	HClO ₄ C ₆ H ₅ NH ₃ OH	0,01 0,02	19	HF RbOH	0,2 0,2
10	H ₃ BO ₃ CsOH	0,1 0,1	20	H ₂ SO ₃ NH ₄ OH	0,01 0,25

Вопрос 4.

Напишите выражения констант равновесия для следующих обратимых процессов. С использованием значений $\Delta G_{\text{обр}}^0$ веществ рассчитайте константу равновесия первой реакции и укажите, какие вещества (исходные или продукты) преобладают в системе при равновесии.

- $\text{CaCO}_3 (\text{тв}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} (\text{р-р}) + \text{CO}_3^{2-} (\text{р-р})$
 $2\text{H}_2 (\text{г}) + \text{O}_2 (\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O} (\text{г})$
- $2\text{NaOH} (\text{р-р}) + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{р-р}) \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{SO}_4 (\text{р-р}) + 2\text{H}_2\text{O} (\text{ж})$
 $\text{ZnSO}_3 (\text{тв}) \rightleftharpoons \text{ZnO} (\text{тв}) + \text{SO}_2 (\text{г})$
- $\text{N}_2 (\text{г}) + 3\text{H}_2 (\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3 (\text{г})$
 $\text{La}_2(\text{CO}_3)_3 (\text{тв}) \rightleftharpoons 2\text{La}^{3+} (\text{р-р}) + 3\text{CO}_3^{2-} (\text{р-р})$
- $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 (\text{р-р}) + 2\text{KI} (\text{р-р}) \rightleftharpoons \text{PbI}_2 (\text{тв}) + 2\text{KNO}_3 (\text{р-р})$
 $\text{ZnO} (\text{тв}) + \text{H}_2 (\text{г}) \rightleftharpoons \text{Zn} (\text{тв}) + \text{H}_2\text{O} (\text{г})$
- $\text{CaO} (\text{тв}) + \text{CO}_2 (\text{г}) \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 (\text{тв})$
 $\text{CH}_4 (\text{г}) + \text{H}_2\text{O} (\text{г}) \rightleftharpoons \text{CO} (\text{г}) + 3\text{H}_2 (\text{г})$
- $2\text{SO}_2 (\text{г}) + \text{O}_2 (\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3 (\text{г})$
 $\text{Ag}_2\text{SO}_4 (\text{тв}) \rightleftharpoons 2\text{Ag}^+ (\text{р-р}) + \text{SO}_4^{2-} (\text{р-р})$

7. $\text{ZnCO}_3(\text{тв}) \rightleftharpoons \text{ZnO}(\text{тв}) + \text{CO}_2(\text{г})$
 $2\text{CuSO}_4(\text{р-р}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightleftharpoons (\text{CuOH})_2\text{SO}_4(\text{р-р}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{р-р})$
8. $\text{AgCl}(\text{тв}) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(\text{р-р}) + \text{Cl}^-(\text{р-р})$
 $\text{CdSO}_4(\text{р-р}) + \text{Na}_2\text{S}(\text{р-р}) \rightleftharpoons \text{CdS}(\text{тв}) + \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{р-р})$
9. $\text{Zn}(\text{OH})_2(\text{тв}) \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}(\text{р-р}) + 2\text{OH}^-(\text{р-р})$
 $6\text{CO}_2(\text{г}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{тв}) + 6\text{O}_2(\text{г})$
10. $\text{Ag}^+(\text{р-р}) + \text{Br}^-(\text{р-р}) \rightleftharpoons \text{AgBr}(\text{тв})$
 $\text{AlCl}_3(\text{р-р}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightleftharpoons \text{AlOHCl}_2(\text{р-р}) + \text{HCl}(\text{р-р})$
11. $\text{SnO}_2(\text{тв}) + 2\text{CO}(\text{г}) \rightleftharpoons \text{Sn}(\text{тв}) + 2\text{CO}_2(\text{г})$
 $\text{Na}_2\text{SiO}_3(\text{р-р}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightleftharpoons \text{NaHSiO}_3(\text{р-р}) + \text{NaOH}(\text{р-р})$
12. $\text{BaCO}_3(\text{тв}) \rightleftharpoons \text{BaO}(\text{тв}) + \text{CO}_2(\text{г})$
 $2\text{CO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{г})$
13. $\text{S}(\text{тв}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2(\text{г})$
 $\text{PbBr}_2(\text{тв}) + 2\text{KI}(\text{р-р}) \rightleftharpoons \text{PbI}_2(\text{тв}) + 2\text{KBr}(\text{р-р})$
14. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{ж}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$
 $2\text{N}_2(\text{г}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{г}) \rightleftharpoons 4\text{NH}_3(\text{г}) + 3\text{O}_2(\text{г})$
15. $4\text{CO}(\text{г}) + 2\text{SO}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{S}(\text{тв}) + 4\text{CO}_2(\text{г})$
 $\text{H}_2\text{PO}_4^-(\text{р-р}) \rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-}(\text{р-р}) + \text{H}^+(\text{р-р})$
16. $4\text{NH}_3(\text{г}) + 3\text{O}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{N}_2(\text{г}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{г})$
 $3\text{AgNO}_3(\text{р-р}) + \text{Na}_3\text{PO}_4(\text{р-р}) \rightleftharpoons 3\text{NaNO}_3(\text{р-р}) + \text{Ag}_3\text{PO}_4(\text{тв})$
17. $\text{CH}_4(\text{г}) + 2\text{O}_2(\text{г}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г})$
 $2\text{NaOH}(\text{р-р}) + \text{CuSO}_4(\text{р-р}) \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{OH})_2(\text{тв}) + \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{р-р})$
18. $4\text{NO}(\text{г}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{г}) \rightleftharpoons 4\text{NH}_3(\text{г}) + 5\text{O}_2(\text{г})$
 $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{тв}) \rightleftharpoons \text{MgO}(\text{тв}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$
19. $2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{г})$
 $\text{CO}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$
20. $2\text{SO}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{г})$
 $\text{BaCl}_2(\text{р-р}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{р-р}) \rightleftharpoons \text{BaSO}_4(\text{тв}) + 2\text{HCl}(\text{р-р})$

Вопрос 5.

При взаимодействии растворов двух веществ А и В протекает стехиометрическая реакция с образованием вещества D. Плотность раствора А принять равной 1 г/мл.

Определите молярную концентрацию вещества В.

№ п/п	А	$\omega(A)$, %	V(A), мл	В	V(B), мл	D
1	H ₂ SO ₄	0,75	25	Ca(OH) ₂	10	Кислая соль
2	Na ₃ PO ₄	1,1	25	BaCl ₂	15	Средняя соль
3	Ca(OH) ₂	1,1	50	H ₃ PO ₄	100	Дигидроортофос- фат кальция
4	Ba(OH) ₂	1,12	25	HNO ₃	25	Средняя соль
5	Ca(OH) ₂	1,2	20	H ₃ PO ₄	10	Основная соль
6	CuCl ₂	2,2	110	Na ₂ CO ₃	10	Основная соль
7	H ₃ PO ₄	0,98	35	NaOH	10	Гидроортофос- фат натрия
8	AlCl ₃	1,1	10	KOH	5	Гидроксид алюминия
9	FeCl ₃	1,1	20	K ₄ [Fe(CN) ₆]]	10	Комплексная соль
10	CuSO ₄	1,2	20	NH ₄ OH	10	Гидроксид меди (II)

Определите объем вещества В.

№ п/п	А	$\omega(A)$, %	V(A), мл	В	C(B), моль/л	D
11	FeCl ₃	1,1	10	NaOH	0,1	Гидроксид же- леза (III)
12	Pb(NO ₃) ₂	3,3	10	KI	0,05	Средняя соль
13	Ca(OH) ₂	1,1	50	HCl	0,25	Средняя соль
14	H ₃ PO ₄	1,3	40	Ca(OH) ₂	0,1	Средняя соль
15	KOH	0,84	40	H ₂ SO ₄	0,03	Средняя соль
16	HCl	1,05	25	Ba(OH) ₂	0,3	Средняя соль
17	NaHCO ₃	1,5	25	H ₂ SO ₄	0,16	Средняя соль
18	KOH	1,1	25	H ₃ AsO ₄	0,1	Средняя соль
19	ThCl ₄	0,9	15	Na ₂ CO ₃	0,04	Средняя соль
20	Ba(OH) ₂	1,0	100	H ₃ PO ₄	0.01	Основная соль

Вопрос 6.

Какая из приведенных ниже двух реакций протекает с большей скоростью и почему? Приблизительно оцените величину энергии активации обеих реакций.

№ п/п	Реакции
1	а) $N_2 \rightarrow 2N$; б) $O_2 \rightarrow 2O$
2	а) $Na \cdot + H_2O \rightarrow Na^+ + OH^- + 0,5H_2$; б) $Cl_2 + H_2O \rightarrow H^+ + Cl^- + HClO$
3	а) $HF \rightarrow H + F$; б) $HI \rightarrow H + I$
4	а) $CO_3^{2-} + H^+ \rightarrow HCO_3^-$; б) $CO_2 + OH^- \rightarrow HCO_3^-$
5	а) $HCl \rightarrow H + Cl$; б) $H \cdot + Cl \cdot \rightarrow HCl$
6	а) $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$; б) $2Na \cdot + O_2 \rightarrow Na_2O_2$
7	а) $CO \rightarrow C + O$; б) $NO \rightarrow N + O$
8	а) $H^+ + HS^- \rightarrow H_2S$; б) $H_2 + S \rightarrow H_2S$
9	а) $SiO \rightarrow Si + O$; б) $H \cdot + OH \cdot \rightarrow H_2O$
10	а) $KOH + HCl \xrightarrow{H_2O} KCl + H_2O$; б) $H_2 + S \rightarrow H_2S$
11	а) $H_2 \rightarrow 2H$; б) $O_2 \rightarrow 2O$
12	а) $Na \cdot + H_2 \rightarrow NaH + H$; б) $Na + Cl_2 \rightarrow NaCl + Cl$
13	а) $H_2 + 0,5 O_2 \rightarrow H_2O$; б) $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$
14	а) $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$; б) $Rb \cdot + Cl_2 \rightarrow RbCl + Cl \cdot$
15	а) $HO_2 \cdot + H_2O \rightarrow H_2O_2 + OH \cdot$; б) $H \cdot + H \cdot \rightarrow H_2$
16	а) $Ba + 2H_2O \rightarrow Ba(OH)_2 + H_2$; б) $Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4$
17	а) $Br^- + Ag^+ \rightarrow AgBr$; б) $Br^- + ClO^- \rightarrow BrO^- + Cl^-$
18	а) $H_2 \rightarrow 2H \cdot$; б) $Cl_2 \rightarrow 2Cl \cdot$
19	а) $4Li \cdot + O_2 \rightarrow 2Li_2O$; б) $Pb^{2+} + 2I^- \rightarrow PbI_2$
20	а) $Ag^+ + I^- \rightarrow AgI$; б) $AgNO_3 + KI \xrightarrow{H_2O} AgI + KNO_3$

Тема 15. РАСТВОРЫ. ЭЛЕКТРОХИМИЯ

Вопрос 1

Следует знать нижеперечисленные вопросы.

1. Чем отличаются растворы от смесей и химических соединений?

Идеальные растворы. Изменение ΔH , ΔG и ΔS при образовании идеальных растворов.

2. Реальные растворы. Причины отклонения их свойств от идеальности. Диссоциация и ассоциация. Сольватация и гидратация.
3. Теория электролитической диссоциации Аррениуса. Экспериментальные факты, подтверждающие теорию Аррениуса и кажущееся противоречие теории Аррениуса законам физики.
4. Сильные и слабые электролиты. Степень и константа диссоциации. Закон разбавления Оствальда.
5. Закон Рауля для идеальных растворов. Зависимость давления пара компонентов реальных растворов от состава.
6. Кипение и замерзание растворов. Определение молярной массы неэлектролитов.
7. Осмос и осмотическое давление. Уравнение Вант-Гоффа.
8. Активность неэлектролитов, электролитов, ионов. Коэффициент активности.
9. Расчет коэффициентов активности электролитов по уравнению Дебая-Хюккеля. Ионная сила раствора.
10. Электрохимические процессы. Гальванический элемент.
11. Двойной электрический слой. Электродный потенциал.
12. Электроды первого рода. Уравнение Нернста для металлических и газовых электродов.
13. Окислительно-восстановительные электроды. Уравнение Нернста. Влияние pH среды на потенциалы окислительно-восстановительного электрода.
14. Конструкция и электродные процессы водородного и кислородного электродов, зависимость их потенциалов от pH среды.
15. Уравнение Нернста для ЭДС гальванического элемента. Обратимый и необратимый гальванический элемент.
16. Электролиз. Законы Фарадея. Примеры металлов, получаемых электролизом водных растворов. Реакции электролиза.
17. Факторы, определяющие последовательность разряда ионов при электролизе?
18. Перенапряжение и факторы, которые определяют его величину.
19. Электрохимическая коррозия на примере систем Fe-Cu и Fe-Sn.
20. Защита металлов от коррозии.

Вопрос 2

По данным о понижении температуры замерзания (ΔT , К) водных растворов (по сравнению с чистой водой) для хлорида натрия, ацетона и уксусной кислоты при различных концентрациях (г вещества на 100 г воды) определите состояние (электролит, неэлектролит, ассоциат) растворенных веществ в воде. Объясните выявленные различия в состоянии рассматриваемых веществ. Криоскопическая постоянная воды ($K_{кр}$) равна 1,86.

№ п/п	Хлорид натрия		Ацетон $(CH_3)_2CO$		Уксусная кислота CH_3COOH	
	Концентрация	ΔT	Концентрация	ΔT	Концентрация	ΔT
1	0,584	0,347	0,581	0,186	6,006	1,148
2	1,169	0,693	1,162	0,372	12,010	2,296
3	1,759	1,022	1,742	0,558	18,015	3,444
4	2,223	1,358	2,323	0,744	24,020	4,592
5	2,922	1,693	2,904	0,930	30,025	5,740
6	3,506	2,030	3,458	1,116	36,030	6,888
7	4,091	2,368	4,066	1,302	42,035	8,036
8	4,675	2,708	4,640	1,488	48,040	9,184
9	5,260	3,048	5,227	1,674	54,045	10,332
10	5,844	3,391	5,808	1,860	60,050	11,480
11	6,429	3,738	6,389	2,046	66,056	12,628
12	7,013	4,084	6,970	2,232	72,060	13,776
13	7,597	4,413	7,550	2,418	78,065	14,924
14	8,182	4,749	8,131	2,604	84,070	16,072
15	8,766	5,084	8,712	2,790	90,075	17,220
16	9,351	5,421	9,293	2,976	96,080	18,368
17	9,935	5,759	9,874	3,162	102,085	19,516
18	10,520	6,099	10,454	3,348	108,090	20,664
49	11,104	6,439	11,035	3,534	114,095	21,812
20	11,689	6,782	11,616	3,720	120,100	22,960

Вопрос 3

Оцените с использованием нижеприведенных таблиц активность (а) ионов в растворах указанных электролитов с концентрацией C (моль/л).

№ п/п	Ион	Электролит	C, моль/л	№ п/п	Ион	Электро- лит	C, моль/л
1	H^+	HCl	0,002	11	Cd^{2+}	$CdCl_2$	0,133
2	Cl^-	HCl	0,005	12	Zn^{2+}	$ZnCl_2$	0,166
3	Ag^+	$AgNO_3$	0,01	13	Fe^{2+}	$FeSO_4$	0,025
4	I^-	HI	0,02	14	Cd^{2+}	$CdSO_4$	0,05
5	Br^-	HBr	0,05	15	Cu^{2+}	$CuSO_4$	0,075
6	Ni^{2+}	$NiCl_2$	0,007	16	Ni^{2+}	$NiSO_4$	0,10
7	Co^{2+}	$CoCl_2$	0,017	17	Zn^{2+}	$ZnSO_4$	0,125
8	Pb^{2+}	$Pb(NO_3)_2$	0,033	18	Cr^{3+}	$CrCl_3$	0,017
9	Cu^{2+}	$CuCl_2$	0,066	19	Fe^{3+}	$FeCl_3$	0,033
10	S^{2-}	K_2S	0,10	20	In^{3+}	$In(NO_3)_3$	0,05

Приближенные значения коэффициентов активности ($\gamma_{\pm}$) ионов при различных ионных силах раствора (I) приведены в приложении, табл. 12).

Вопрос 4

Рассчитайте значения потенциала электрода в растворе электролита с активностью (a) потенциалобразующих ионов (см. вопрос 3). Воспользуйтесь значениями стандартных электродных потенциалов (приложение табл. 10).

№ п/п	Электрод	№ п/п	Электрод
1	Pt, H_2 HCl	11	Cd $CdCl_2$
2	Pt, Cl_2 HCl	12	Zn $ZnCl_2$
3	Ag $AgNO_3$	13	Fe $FeSO_4$
4	Pt, I_2 HI	14	Cd $CdSO_4$
5	Pt, Br_2 HBr	15	Cu $CuSO_4$
6	Ni $NiCl_2$	16	Ni $NiSO_4$
7	Co $CoCl_2$	17	Zn $ZnSO_4$
8	Pb $Pb(NO_3)_2$	18	Cr $CrCl_3$
9	Cu $CuCl_2$	19	Fe $FeCl_3$
10	Pt, S K_2S	20	In $In(NO_3)_3$

Вопрос 5

Составьте гальванический элемент из двух электродов: стандартного (вопрос 5) и нестандартного (вопрос 4) и рассчитайте его ЭДС. Напишите электронно-ионные уравнения электродных процессов и ионно-молекулярное уравнение токообразующей химической реакции, протекающей в гальваническом элементе. Определите направление перемещения электронов по проводнику первого рода и ионов в электролите.

№ п/п	Стандартный электрод		№ п/п	Стандартный электрод	
1	Zn	ZnCl ₂	11	Zn	Zn(NO ₃) ₂
2	Cd	CdCl ₂	12	Cu	CuCl ₂
3	Pt, H ₂	HNO ₃	13	Pt, H ₂	H ₂ SO ₄
4	Ag	AgNO ₃	14	Ni	NiSO ₄
5	Pt, H ₂	HBr	15	Fe	FeSO ₄
6	Cu	CuCl ₂	16	Pt, H ₂	HCl
7	Co	CoCl ₂	17	Zn	ZnSO ₄
8	Fe	FeCl ₂	18	Co	CoSO ₄
9	Cd	CdCl ₂	19	Pt, Cl ₂	HCl
10	Pt, H ₂	HCl	20	Pt, H ₂	HNO ₃

Вопрос 6

Определите продукты электролиза водного раствора соли. Запишите уравнения электродных реакций и суммарное уравнение электролиза.

№ п/п	Соль	pH раствора	Материал анода	Материал катода
1	Pb(NO ₃) ₂	< 7	графит	свинец
2	Cu(NO ₃) ₂	< 7	медь	медь
3	CuSO ₄	< 7	графит	медь
4	AgNO ₃	< 7	графит	серебро
5	CdCl ₂	< 7	графит	кадмий
6	Zn(NO ₃) ₂	< 7	графит	цинк
7	CuCl ₂	< 7	графит	графит
8	AgNO ₃	< 7	графит	графит
9	NaNO ₃	≈ 7	графит	графит

№ п/п	Соль	pH раствора	Материал анода	Материал катода
10	KNO_3	≈ 7	графит	графит
11	CuSO_4	< 7	медь	графит
12	CaCl_2	≈ 7	графит	графит
13	NaCl	≈ 7	графит	платина
14	ZnCl_2	< 7	графит	цинк
15	MgCl_2	< 7	графит	графит
16	K_2SO_4	≈ 7	графит	графит
17	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	< 7	свинец	свинец
18	Na_2SO_4	≈ 7	графит	графит
19	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	< 7	свинец	графит
20	AlCl_3	< 7	графит	графит

Значения перенапряжения выделения водорода, кислорода и хлора на электродах указаны в таблице 11 приложения.

Вопрос 7

Какой из металлов при нарушении целостности покрытия будет подвергаться коррозии в кислой среде в первую очередь. Для тех же коррозионных пар напишите уравнения катодной и анодной реакций.

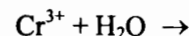
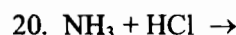
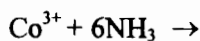
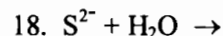
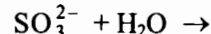
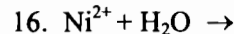
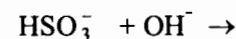
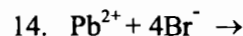
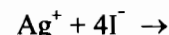
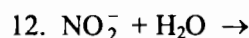
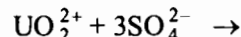
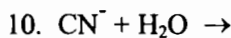
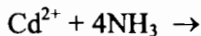
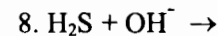
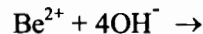
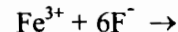
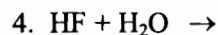
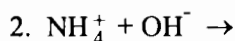
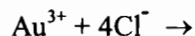
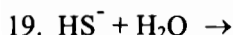
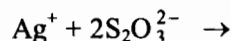
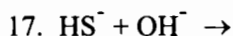
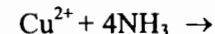
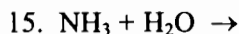
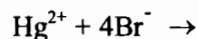
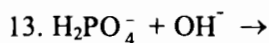
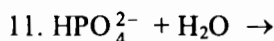
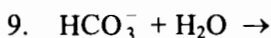
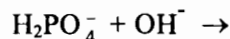
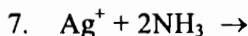
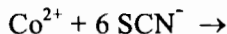
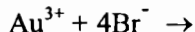
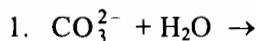
№ п/п	Основной Me/ Me покрытия	№ п/п	Основной Me/ Me покрытия
1	Fe/Zn	11	Pb/Cu
2	Fe/Al	12	Fe/Cu
3	Fe/Pb	13	Pb/Zn
4	Zn/Sn	14	Sn/Al
5	Fe/Sn	15	Fe/Pb
6	Cd/Sn	16	Pb/Ag
7	Fe/Ag	17	Cd/Ag
8	Cu/Sn	18	Fe/Ag
9	Cu/Cd	19	Al/Sn
10	Pb/Cd	20	Al/Zn

Тема 16. КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ СИСТЕМЫ

Изучите следующие понятия, определения, сведения: кислоты и основания по Аррениусу, Бренстеду и Льюису; константы кислотности и основности, расчет pH водных растворов кислот и оснований, кислотно-основные индикаторы.

Вопрос 1

Допишите уравнения реакций кислотно-основного взаимодействия. Укажите пары сопряженных кислот и оснований Бренстеда, а также кислоты Льюиса.



Вопрос 2

Рассчитайте рН водных растворов кислоты и основания (для слабых многоосновных кислот и многовалентных оснований учитывайте только первую ступень диссоциации).

№ п/п	Кислота, основание	С, моль/л	К _д слабого электро- лита	№ п/п	Кислота, основание	С, моль/л	К _д слабого элек- тролита
1	H ₂ SO ₄ NH ₄ OH	0,2 0,2	1,7·10 ⁻⁵	11	HI Ca(OH) ₂	0,02 0,02	4,0·10 ⁻²
2	CH ₃ COOH NaOH	1,0 1,0	1,7·10 ⁻⁵	12	H ₂ CO ₃ LiOH	0,01 0,01	4,5·10 ⁻⁷
3	HCl C ₆ H ₅ NH ₃ OH	0,05 0,05	4,3·10 ⁻¹⁰	13	CH ₃ COOH Sr(OH) ₂	0,5 0,5	1,7·10 ⁻⁵
4	H ₂ S KOH	0,05 0,05	1,0·10 ⁻⁷	14	HClO ₄ NH ₄ OH	0,5 0,5	1,7·10 ⁻⁵
5	HNO ₃ NH ₄ OH	2,0 2,0	1,7·10 ⁻⁵	15	HNO ₂ NaOH	0,4 0,4	5,1·10 ⁻⁴
6	H ₂ SO ₃ RbOH	0,5 0,5	1,4·10 ⁻²	16	H ₂ SO ₄ C ₆ H ₅ NH ₃ OH	0,01 0,01	4,3·10 ⁻¹⁰
7	HBr (CH ₃) ₂ NH ₂ OH	0,2 0,2	5,4·10 ⁻⁴	17	HClO KOH	0,01 0,01	5,0·10 ⁻⁸
8	H ₂ Cr ₂ O ₇ Ba(OH) ₂	0,05 0,05	2,3·10 ⁻²	18	HCl (CH ₃) ₂ NH ₂ OH	0,05 0,05	5,4·10 ⁻⁴
9	HClO ₄ (CH ₃) ₂ NH ₂ OH	0,01 0,01	5,4·10 ⁻⁴	19	HF RbOH	2,0 2,0	3,5·10 ⁻⁵
10	H ₃ BO ₃ CsOH	0,1 0,1	7,1·10 ⁻¹⁰	20	HBr C ₆ H ₅ NH ₃ OH	0,02 0,02	4,3·10 ⁻¹⁰

Вопрос 3

Укажите, для титрования каких кислот и оснований наиболее пригодны индикаторы, приведенные в таблице: а) сильных кислот сильными основаниями; б) сильных кислот слабыми основаниями; в) слабых кислот сильными основаниями?

№ п/п	Индикатор	Область перехода окраски, интервал рН
1	Метиловый оранжевый	3,1 – 4,4
2	Метиловый красный	4,2 – 6,3
3	Лакмус	6,0 – 8,0
4	Феноловый красный	6,8 – 8,4

№ п/п	Индикатор	Область перехода окраски, интервал pH
5	Фенолфталеин	8,2 – 10,0
6	Ализариновый желтый	10,1 – 12,1
7	Пикриновая кислота	0,0 – 1,3
8	Метиловый фиолетовый	1,0 – 1,5
9	Бромтимоловый синий	6,0 – 7,6
10	Ализариновый желтый	10,1 – 12,1
11	Индигокармин	11,6 – 14,0
12	Хинолиновый синий	7,0 – 8,0
13	Нейтральный красный	6,8 – 8,4
14	о – Нитрофенол	5,0 – 7,0
15	Бромкрезолпурпурный	5,2 – 6,8
16	Нитразин желтый	6,0 – 7,0
17	Лакмоид	4,0 – 6,4
18	α - Нафтиловый красный	3,7 – 5,7
19	Конго красный	3,0 – 5,2
20	Малахитовый зеленый	0,1 – 2,0

Тема 17. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

(для подготовки к экзамену и выполнения
итогового домашнего задания)

1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ХИМИИ

1. Химическая система. Вещество и химические превращения. Химический элемент. Простое и сложное вещество. Основные свойства химических систем. Химическая двойственность. Типы химических реакций.
2. Электронное строение атома, квантовые числа, типы орбиталей. Порядок заполнения энергетических уровней и подуровней (принцип минимума энергии, принцип Паули, правило Хунда, правило Клечковского). Особенности формирования много-

электронных подуровней (*d*-, *f*-подуровней). Электронные формулы элементов в виде энергетических ячеек. Валентность.

3. Периодическая система Д.И.Менделеева (ПСЭ). Взаимосвязь химических свойств простых веществ с электронным строением атомов. Причины несоответствия высшей валентности *p*-элементов 5 – 7 групп второго периода и *d*-элементов 8 группы номеру группы ПСЭ. Зависимость радиусов атомов, энергии ионизации, сродства к электрону и электроотрицательности от положения элемента в ПСЭ. Металлы и неметаллы.
4. Химическая связь. Методы валентных связей и молекулярных орбиталей. Основные виды (ковалентная, ионная, донорно-акцепторная, водородная и металлическая) и характеристики (энергия, длина, направленность, полярность и поляризуемость) химической связи. Взаимосвязь вида, характеристик химической связи и электроотрицательности элементов. Характеристики химической связи, состав и строение молекул. Степень окисления.

Межмолекулярные взаимодействия. Структурные формулы молекул и ассоциатов.

5. Энергетика химических процессов. Тепловой эффект и энтальпия реакции. Законы термохимии. Энтальпия образования химических соединений. Энтропия. Энергия Гиббса, ее связь с направлением химических процессов. Расчет термодинамических функций химических реакций по справочным данным. Оценка реакционной способности и устойчивости веществ.
6. Химическое равновесие. Химический потенциал и его свойства. Активность. Коэффициент активности неэлектролита и электролита. Закон действия масс для равновесия. Термодинамическая и концентрационная константы равновесия. Химическое равновесие в гетерогенных системах. Закон Бертло-Нернста. Произведение растворимости. Гидролиз. Смещение равновесия диссоциации воды в растворах электролитов. Гидролиз по катиону и аниону (изменение *pH* среды). Константа и степень гидролиза. Принцип Ле Шателье.
7. Химическая кинетика. Скорость химической реакции и закон действия масс для скорости. Порядок и молекулярность реакции. Кинетическое уравнение реакции первого порядка. Зави-

симость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Катализ.

8. Растворы. Способы выражения концентрации. Растворители и их свойства. Особенности воды как растворителя. Водородный показатель. Электролитическая диссоциация, сольватация. Связь свойств растворов (осмотического давления, температуры кипения и замерзания) с состоянием растворенного вещества. Закон Рауля. Среднеионный коэффициент активности и активность. Константа и степень диссоциации слабых электролитов. Закон разбавления Оствальда.
9. Коллоидные растворы. Дисперсные системы и области их применения. Строение мицеллы. Правило Пескова-Фаянса. Адсорбция. Свойства коллоидных растворов (агрегативная и кинетическая устойчивость, седиментация, коагуляция, оптические и электрические). Методы получения и разрушения коллоидных систем.
10. Кислотно-основные системы. Протонная и электронная теории кислот и оснований. Кислоты Льюиса и Бренстеда. Гидролиз и комплексообразование как частные случаи кислотно-основных взаимодействий.
11. Комплексные соединения. Классификация. Типичные комплексообразователи и лиганды. Координационное число. Взаимосвязь строения комплексов и гибридизации орбиталей комплексообразователей. Внутриккомплексные соединения. Двойные соли. Константы нестойкости. Разрушение комплексов с использованием реакций осаждения.
12. Электрохимические процессы. Окислительно-восстановительные реакции. Окислители и восстановители. Методы составления уравнений ОВР. Направление реакции ОВР. Двойной электрический слой, электродный потенциал, гальванический элемент, электродвижущая сила. Уравнение Нернста.
13. Электролиз водных растворов. Потенциалы водородного и кислородного электродов, их зависимость от pH среды. Перенапряжение. Последовательность разряда ионов на катоде и аноде.

14. Коррозия металлов. Виды коррозии. Специфика электрохимической коррозии. Примеры коррозии в системах цинк-медь, железо-цинк. Методы защиты от коррозии.

II. СВОЙСТВА ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ

15. Водород. Особенности его положения в ПСЭ. Химические свойства. Синтез и свойства гидридов. Изотопы водорода. Применение водорода и его соединений. Водородная энергетика.
16. Свойства *s*- и *d*-металлов I группы. Сравнение электронного строения и реакционной способности. Токсичность. Особенности свойств лития. Области применения. Соединения меди и золота в различных степенях окисления. Методы получения *d*-металлов, области применения.
17. Свойства *d*-элементов III группы и 4*f*-элементов. Особенности свойств скандия. Лантаноиды. Лантаноидное сжатие. Зависимость химических свойств лантаноидов от степени их окисления. Свойства церия и европия. Основные методы разделения. Области применения РЗЭ и их соединений.
18. Радиоактивность и радиохимия. Стабильные и нестабильные изотопы. Ионизирующее излучение и его взаимодействие с веществом. Области применения изотопов. Источники радиации и ее воздействие на организм.
19. Свойства 5*f*-элементов (актиноиды). Особенности электронного строения. Сопоставление свойств лантаноидов и актиноидов в реакциях комплексообразования. Свойства тория, урана и их соединений. Свойства химических соединений актиноидов в различных степенях окисления.
20. Методы разделения элементов. Краткая характеристика методов осаждения, экстракции, ионного обмена. Применение транспортных химических реакций для получения металлов высокой степени чистоты.
21. Химическая идентификация и измерение. Чистота вещества. Фаза. Аналитический сигнал и его виды. Объемный, колориметрический и гравиметрический методы измерения. Погрешность химического измерения. Проба и ее представительность. Стандартные образцы.

22. Химико-биологические системы. Предельно допустимая концентрация (ПДК). Токсичность. Ряды токсичности. Избирательная токсичность и ее применение в медицине.

III. ТИПОВЫЕ УПРАЖНЕНИЯ

1. Определите последовательность заполнения электронных орбиталей, характеризующихся суммами $n+l$, равными: а) 4; б) 5; в) 6; г) 7; д) 8.
2. Составьте электронные формулы элементов (полные и сокращенные в виде энергетических ячеек) с зарядами ядер: а) 11; б) 23; в) 57; г) 58; д) 92. Определите тип элемента, назовите его электронные аналоги. Определите высшую степень окисления элемента. Для валентных электронов приведите значения их квантовых чисел.
3. Составьте структурные формулы соединений: а) BaO_2 , $\text{K}_2\text{U}_2\text{O}_7$, Na_2SO_4 ; б) H_2SO_3 , $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$; в) UO_2SO_4 , UO_3 , UO_4 ; г) U_3O_8 , Pb_3O_4 , Fe_3O_4 ; д) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, CrO_5 , $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$. Укажите степени окисления атомов и типы химической связи между ними. Используя значения относительных электроотрицательностей, сравните любые две связи в каждом соединении по степени ионности.
4. Дайте определение стандартной энтальпии образования вещества. Являются ли энтальпии нижеприведенных реакций стандартными энтальпиями образования веществ (укажите каких)?
а) $\text{N}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{NO}(\text{г})$; д) $\text{CaO}(\text{тв}) + \text{CO}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CaCO}_3(\text{тв})$;
б) $\text{N}(\text{г}) + \text{O}(\text{г}) \rightarrow \text{NO}(\text{г})$; е) $\text{C}(\text{графит}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{г})$;
в) $\text{N}(\text{г}) + \text{N}(\text{г}) \rightarrow \text{N}_2(\text{г})$; ж) $\text{C}(\text{алмаз}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{г})$;
г) $1/2\text{N}_2(\text{г}) \rightarrow \text{N}(\text{г})$.
5. Сформулируйте закономерности в изменении величины энтропии (Дж/(моль · К)) веществ в приведенных рядах:
а) $\text{O}(\text{г})$, 160,8; $\text{O}_2(\text{г})$, 204,86; $\text{O}_3(\text{г})$, 238,68;
б) $\text{C}(\text{алмаз})$, 2,44; $\text{C}(\text{графит})$, 5,69;
в) $\text{H}_2\text{O}(\text{лед})$, 43,9; $\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$, 66,9; $\text{H}_2\text{O}(\text{пар})$, 188,7.
6. Не проводя расчетов, оцените возможны ли с термодинамической точки зрения следующие реакции и при каких условиях (стандартные, высокие или низкие температуры):

- а) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{тв}) \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{ж}) + 2\text{CO}_2(\text{г})$ $\Delta H^\circ_{298} = -69,2 \text{ кДж}$;
 б) $\text{N}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_2(\text{тв})$ $\Delta H^\circ_{298} = 37,62 \text{ кДж}$;
 в) $2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{г})$ $\Delta H^\circ_{298} = -601,92 \text{ кДж}$;
 г) $\text{CaCO}_3(\text{тв}) \rightarrow \text{CaO}(\text{тв}) + \text{CO}_2(\text{г})$ $\Delta H^\circ_{298} = 177,65 \text{ кДж}$;
 д) $\text{TiO}_2(\text{тв}) + 2\text{C}(\text{графит}) \rightarrow \text{Ti}(\text{тв}) + 2\text{CO}(\text{г})$ $\Delta H^\circ_{298} = 722,9 \text{ кДж}$.

7. Рассчитайте энергию связи H-Cl по следующим данным:

- 1) $\text{H}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{H}(\text{г})$ $\Delta H^\circ_1 = 435 \text{ кДж/моль}$;
 2) $\text{Cl}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{Cl}(\text{г})$ $\Delta H^\circ_2 = 243 \text{ кДж/моль}$;
 3) $\Delta H^\circ_{\text{обр}} \text{HCl}(\text{г}) = -92 \text{ кДж/моль}$.

8. При изучении кинетики газовой реакции $\text{A} + \text{B} + 2\text{C} \rightarrow \text{D}$ было обнаружено, что скорость реакции при увеличении концентрации А в 2 раза возрастает в 4 раза, не зависит от концентрации В и возрастает в 3 раза при увеличении концентрации С в 3 раза. Напишите кинетическое уравнение данной реакции. Укажите порядок реакции по А, В, С и общий порядок. Почему найденный экспериментально порядок не согласуется со стехиометрией уравнения, описывающего реакцию в целом?

9. Газовая реакция $2\text{NO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ подчиняется кинетическому уравнению $\nu = kC_{\text{NO}}^2 C_{\text{H}_2}$. Каковы общий порядок реакции и порядки по реагирующим веществам? Почему экспериментально найденный порядок реакции не согласуется со стехиометрическими коэффициентами участвующих в реакции веществ?

10. Период полураспада ^{239}Pu равен 24000 г. Определите, какая часть ^{239}Pu сохранится к 2500 г по отношению к 2000 г.?

11. Изотоп $^{66}_{32}\text{Ge}$ распадается с испусканием позитронов, его период полураспада равен 2,5 часа. Какое количество изотопа в % от исходного сохранится по истечении: а) 2,5 часов; б) 5,0 часов; в) 7,5 часов; г) 10 часов?

12. Период полураспада $^{139}_{56}\text{Ba}$ равен 85 мин. Какое время потребуется для распада: а) 50 %; б) 75 %; в) 82,5 %; г) 88,75 % этого изотопа от исходного?

13. Установите возраст куска старого дерева, интенсивность радиоактивного излучения изотопа $^{14}_6\text{C}$ которого в 10 раз меньше,

чем у такого же куска растущего дерева одинакового типа.
Период полураспада $^{14}_6\text{C}$ равен 5760 лет.

14. В какую сторону сместится химическое равновесие простой реакции $\text{A}(\text{г}) + 2\text{B}(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{г}) + \text{Q}$, если увеличить давление в 3 раза и одновременно повысить температуру на 20°C . Температурный коэффициент скорости экзотермической реакции равен 2, а эндотермической равен 3.

15. Выделите среди перечисленных ниже реакций группу быстрых и группу медленных реакций, исходя из природы реагирующих частиц. Приблизительно оцените величину энергии активации каждой реакции:

- а) $\text{C}(\text{графит}) + \text{O}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{г})$;
- б) $\text{CH}_4(\text{г}) + 2\text{O}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г})$;
- в) $\text{Ag}^+(\text{p-p}) + \text{Cl}^-(\text{p-p}) \rightarrow \text{AgCl}(\text{тв})$;
- г) $\text{OH}^-(\text{p-p}) + \text{H}^+(\text{p-p}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$;
- д) $\text{KOH}(\text{p-p}) + \text{HCl}(\text{p-p}) \rightarrow \text{KCl}(\text{p-p}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$;
- е) $\text{H}\cdot(\text{г}) + \text{H}\cdot(\text{г}) \rightarrow \text{H}_2(\text{г})$;
- ж) $\text{Cl}\cdot(\text{г}) + \text{Cl}\cdot(\text{г}) \rightarrow \text{Cl}_2(\text{г})$.

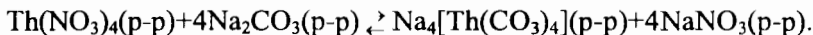
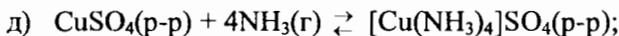
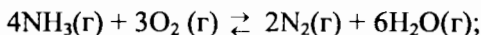
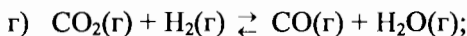
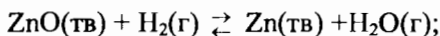
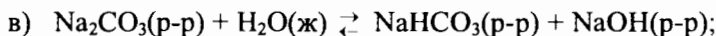
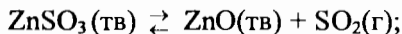
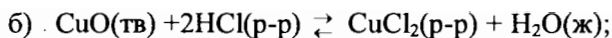
16. Вычислите энергию активации реакции $\text{A} \rightarrow \text{B}$, если в температурном интервале $25 - 35^\circ\text{C}$ константа скорости данной реакции возрастает: а) в 2 раза; б) в 3 раза; в) в 4 раза; г) в 2,5 раза, д) в 3,5 раза.

17. Напишите выражения констант равновесия и приведите их названия для следующих физико-химических процессов:

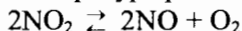
- а) $\text{Cr}^{3+}(\text{p-p}) + \text{H}_2\text{O}(\text{p-p}) \rightleftharpoons \text{CrOH}^{2+}(\text{p-p}) + \text{H}^+(\text{p-p})$;
- б) $\text{Ag}_3\text{PO}_4(\text{тв}) \rightleftharpoons 3\text{Ag}^+(\text{p-p}) + \text{PO}_4^{3-}(\text{p-p})$;
- в) $\text{H}_2\text{SO}_3(\text{p-p}) \rightleftharpoons \text{HSO}_3^-(\text{p-p}) + \text{H}^+(\text{p-p})$;
- г) $\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightleftharpoons \text{H}^+(\text{гидратир.}) + \text{OH}^-(\text{гидратир.})$;
- д) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}(\text{p-p}) \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}(\text{p-p}) + 4\text{NH}_3(\text{p-p})$.

18. Напишите выражения констант равновесия. Для первой реакции с использованием справочных данных рассчитайте константу равновесия.

- а) $2\text{NaOH}(\text{p-p}) + \text{CuSO}_4(\text{p-p}) \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{OH})_2(\text{тв}) + \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{p-p})$;
 $\text{BaCl}_2(\text{p-p}) + \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{p-p}) \rightleftharpoons \text{BaSO}_4(\text{тв}) + 2\text{NaCl}(\text{p-p})$;



19. При некоторой температуре равновесие в системе



установилось при следующих значениях концентраций:

$C_{\text{NO}_2} = 0,006$ моль/л; $C_{\text{NO}} = 0,024$ моль/л. Найдите константу равновесия реакции и исходную концентрацию NO_2 .

20. Найдите константу равновесия реакции $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$, если начальная концентрация N_2O_4 составляла 0,08 моль/л, а к моменту наступления равновесия диссоциировало 50% N_2O_4 .

21. В закрытом сосуде протекает реакция $\text{AB(г)} \rightleftharpoons \text{A(г)} + \text{B(г)}$. Константа равновесия реакции равна 0,04, а равновесная концентрация вещества В составляет 0,02 моль/л. Найдите начальную концентрацию вещества АВ. Сколько процентов вещества АВ разложилось?

22. Константа диссоциации уксусной кислоты при 25°C равна $1,8 \cdot 10^{-5}$. Вычислите степень ее диссоциации (α) и концентрацию ионов водорода в 0,02 моль/л растворе кислоты. Как изменится C_{H^+} , если к 1 л 0,02 моль/л раствора кислоты добавить CH_3COONa (в граммах): а) 0,41; б) 0,82; в) 4,1; г) 8,2; д) 16,4.

23. Считая диссоциацию полной, вычислите молярную концентрацию катионов в следующих растворах:

№ п/п	Соль	Объем раствора	Содержание соли в растворе
а	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$	200 м ³	800 кг
б	ZnCl_2	90 л	90 г
в	LaCl_3	120 л	2,4 кг

24. Приведены растворенное вещество, его концентрация (в граммах вещества на 100 г воды) и понижение температуры замер-

зания этого раствора по сравнению с чистой водой ($^{\circ}\text{C}$): хлорид натрия: 5,26, 3,05; ацетон: 5,23, 1,67; уксусная кислота: 48,04, 9,18. Криоскопическая постоянная воды равна 1,86. По этим данным определите состояние (электролит, неэлектролит, ассоциат) растворенных веществ в воде. Объясните выявленные различия в состоянии рассматриваемых веществ.

25. Рассчитайте концентрацию глюкозы $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (массовую долю в %) в растворе, изотоничном крови. Осмотическое давление крови 7,8 атм. Температура $36,6^{\circ}\text{C}$. Универсальная газовая постоянная R равна 0,082 л·атм/моль·К. Плотность раствора примите равной 1 г/мл.
26. Растворы глюкозы и хлорида натрия имеют одинаковые осмотические давления. Как относятся друг к другу молярные концентрации этих веществ в данных растворах.
27. Определите молярную массу гемоглобина, если известно, что осмотическое давление раствора гемоглобина, содержащего 0,2 г гемоглобина в 20 мл раствора при 25°C составляет 383,97 Па.
28. Определите активность электролитов (концентрация электролитов 0,1 моль/л): а) NaCl , CaCl_2 ; б) KMnO_4 , UO_2SO_4 ; в) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{Th}(\text{SO}_4)_2$; г) ThCl_4 , $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$; д) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$, AlCl_3 . Для расчета используйте уравнение первого приближения теории Дебая-Хюккеля.
29. Какое количество NaOH потребуется для осаждения $\text{Al}(\text{OH})_3$ из 1 моля двойной соли $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$?
30. Молекулярная формула соли $\text{CrCl}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, координационное число хрома равно 6. Вычислите, какой объем 0,1 моль/л раствора AgNO_3 понадобится для осаждения внешнесферного хлора, содержащегося в 200 мл 0,01 моль/л раствора комплексной соли.
31. Определите, чему равны заряды комплексных ионов, степени окисления и координационные числа комплексообразователей в соединениях $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Напишите уравнения диссоциации этих соединений в водных растворах.
32. Вычислите степень диссоциации по первой ступени (в %) комплексного иона $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ в 0,001 моль/л растворе $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$, если константа нестойкости первой ступени равна $1,4 \cdot 10^{-20}$.

33. Для электролитов различного валентного типа (KA , K_2A и K_3A) $\text{PR} = 10^{-20}$. Оцените, в какой последовательности увеличивается растворимость этих солей.
34. Составьте уравнения гидролиза следующих соединений: EuC_2 , CeC_2 , CaH_2 , Cl_2 , SO_2Cl_2 .
35. Смешиванием 25 мл 0,01 моль/л раствора бромида калия и 20 мл 0,008 моль/л раствора нитрата серебра получен золь бромида серебра. Напишите формулу мицеллы, определите знак заряда частицы золя.
36. Приведены электролиты и пороги коагуляции некоторого золя, ммоль/л: NaNO_3 , 250; $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, 20; $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, 0,5. Определите, какие ионы перечисленных электролитов являются коагулянтами, как заряжены частицы золя.
37. Вычислите значения электродного потенциала водорода:
 а) в чистой воде;
 б) в 0,05 моль/л растворе H_2SO_4 ($\alpha = 1$);
 в) в 0,05 моль/л растворе KOH ($\alpha = 1$);
 г) в 0,02 моль/л растворе CH_3COOH ($K_{\text{д}}(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$);
 д) в 0,02 моль/л растворе NH_4OH ($K_{\text{д}}(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,7 \cdot 10^{-5}$).
 Также вычислите ЭДС концентрационного гальванического элемента, составленного из двух водородных электродов – стандартного и помещенного в раствор указанной концентрации.
38. Составьте из двух электродов гальванический элемент. Напишите уравнения реакций на катоде и аноде, а также суммарное уравнение токообразующей реакции. Используя значения стандартных электродных потенциалов, рассчитайте ЭДС:
 а) $\text{Zn} | \text{ZnSO}_4$, $\text{Cu} | \text{CuSO}_4$; б) $\text{Ag} | \text{AgNO}_3$, $\text{Cu} | \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$;
 в) $\text{Fe} | \text{FeCl}_3$, $\text{Cu} | \text{CuCl}_2$; г) $\text{Zn} | \text{ZnCl}_2$, $\text{Ni} | \text{NiCl}_2$;
 д) $\text{Au} | \text{AuCl}_3$, $\text{Zn} | \text{ZnCl}_2$.
39. Напишите уравнения реакций, протекающих на электродах при электролизе водного раствора CuCl_2 при $\text{pH} = 0$. Катод и анод – графит. Значения перенапряжений выделения H_2 , O_2 , и Cl_2 на электродах возьмите из приложения, табл. 11.
40. Напишите уравнения реакций, протекающих на электродах при электролизе водного раствора NaCl (перенапряжением на электродах можно пренебречь).

41. Железо, погруженное в разбавленный раствор соляной кислоты, растворяется медленно. Изменится ли скорость растворения, если железо находится в контакте с медью или с цинком? Напишите схемы происходящих процессов электрохимической коррозии.
42. Приведите уравнения химических реакций, которые могут быть использованы для разделения соединений тория (IV) и гадолиния (III), исходно находящихся в водном растворе.
43. Какие химические реакции могут быть использованы для разделения соединений скандия и лантана?
44. Приведите примеры химических реакций, которые можно использовать для разделения соединений урана (VI) и тория, урана (VI) и лантана.
45. Какие реакции можно использовать для выделения соединений церия (IV) и европия (II) из смеси соединений лантаноидов?
46. Какие процессы можно использовать для отделения соединений урана (VI) от примесей соединений железа (III) и редкоземельных элементов? Напишите уравнения реакций.
47. Можно ли выделить лантаноиды в виде металлов электролизом водных растворов? Какие реакции используют на практике для выделения этих металлов в чистом виде?
48. Используя протонную теорию кислот и оснований Бренстеда, укажите сопряженные пары кислот и оснований в реакциях:
 - а) $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$;
 - б) $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$;
 - в) $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} = \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$;
 - г) $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{HCl} = \text{CH}_3\text{COOH} + \text{Cl}^-$;
 - д) $\text{HF} + \text{H}_2\text{O} = \text{F}^- + \text{H}_3\text{O}^+$.
49. В приведенных реакциях укажите, какое вещество является кислотой Льюиса, а какое основанием Льюиса:
 - а) $\text{Al}^{3+} + \text{H}_2\text{O} = \text{AlOH}^{2+} + \text{H}^+$;
 - б) $[\text{FeF}_6]^{3-} + 6\text{CN}^- = [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + 6\text{F}^-$;
 - в) $4\text{NH}_3 + \text{Cu}^{2+} = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$;
 - г) $\text{BF}_3 + \text{F}^- = [\text{BF}_4]^-$;
 - д) $\text{AuCl}_3 + \text{Cl}^- = [\text{AuCl}_4]^-$.

49. Какие новые изотопы образуются при распаде следующих изотопов:

а) при β -распаде ${}^{14}_6\text{C}$; ${}^{17}_7\text{N}$; ${}^9_3\text{Li}$; ${}^{21}_9\text{F}$

б) при β^+ -распаде ${}^{19}_{10}\text{Ne}$; ${}^{13}_7\text{N}$; ${}^8_5\text{B}$; ${}^{17}_9\text{F}$

в) при α -распаде ${}^{10}_5\text{B}$; ${}^{226}_{88}\text{Ra}$; ${}^{238}_{92}\text{U}$; ${}^{232}_{90}\text{Th}$.

IV. ТИПОВЫЕ УРАВНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

1. Допишите уравнения реакций получения оксидов, гидроксидов, кислот и солей:

а) оксидов

окисление простых веществ: $\text{Th} + \text{O}_2 \rightarrow$; $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow$;

окисление сложных веществ: $\text{FeS} + \text{O}_2 \rightarrow$; $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow$;

разложение гидроксидов и солей: $\text{Sc}(\text{OH})_3 \xrightarrow{t}$;

$\text{La}_2(\text{CO}_3)_3 \xrightarrow{t}$; $\text{Y}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \xrightarrow{t}$; $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{t}$;

б) гидроксидов

взаимодействие щелочных металлов $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$;

и их оксидов с водой: $\text{K}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$;

электролиз растворов хлоридов щелочных металлов: $\text{NaCl} \rightarrow$;

взаимодействие щелочей с солями: $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{NaOH} \rightarrow$;

$(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 + \text{NaOH} \rightarrow$;

в) кислот

взаимодействие ангидридов с водой: $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$;

$\text{P}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$;

вытеснение сильной кислотой слабой из ее солей:

$\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$;

реакция нейтрализации: $\text{KOH} + \text{HNO}_3 \rightarrow$;

взаимодействие кислот с основаниями или амфотерными оксидами:

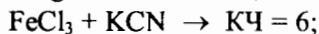
$\text{K}_2\text{O} + \text{HClO}_4 \rightarrow$;

$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$;

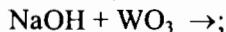
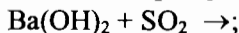
г) солей

взаимодействие кислот с солями: $\text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow$;

взаимодействие двух солей: $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow$;

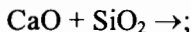


взаимодействие щелочей с кислотными или амфотерными оксидами и гидроксидами:



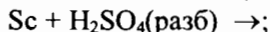
д) солей

взаимодействие основных оксидов с кислотными или амфотерными:



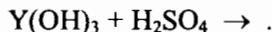
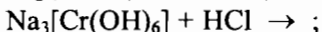
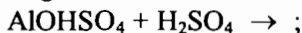
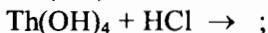
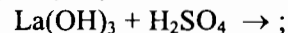
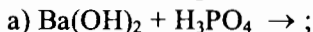
взаимодействие металлов с неметаллами: $\text{La} + \text{Cl}_2 \rightarrow$;

взаимодействие металлов с кислотами: $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц}) \rightarrow$;

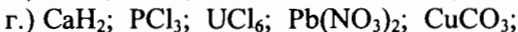


взаимодействие металлов с солями: $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 \rightarrow$.

2. Какие соли образуются при следующих взаимодействиях:



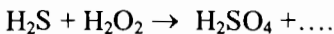
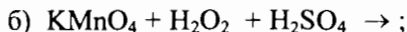
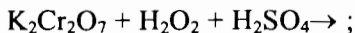
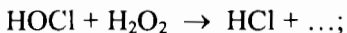
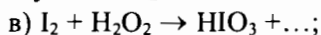
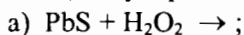
3. Напишите уравнения реакций гидролиза следующих соединений в молекулярной и ионно-молекулярной формах:



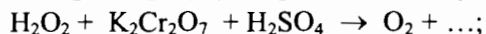
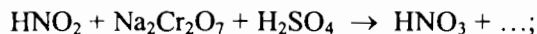
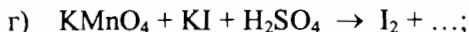
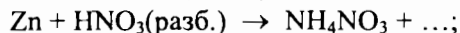
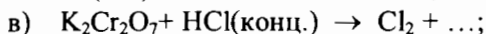
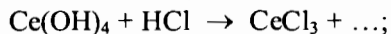
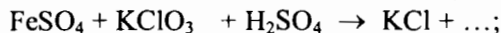
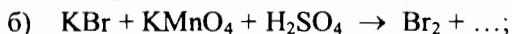
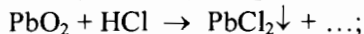
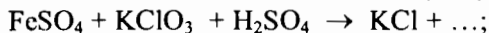
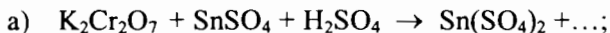
4. Составьте уравнения реакций в молекулярной и ионно-молекулярной формах. Объясните влияние среды на восстановление ионов марганца:



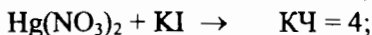
5. Допишите уравнения реакций, расставьте коэффициенты, укажите, какую роль играет в каждом случае H_2O_2 :



6. Допишите окислительно-восстановительные реакции, протекающие в растворе, расставьте коэффициенты, рассчитайте ΔG° реакции с использованием стандартных окислительно-восстановительных потенциалов, определите направление процессов:



7. Напишите полное и ионно-молекулярное уравнения реакций комплексообразования. Напишите в общем виде выражения для расчета ΔG° этих реакций, а также для константы нестойкости комплексного иона:



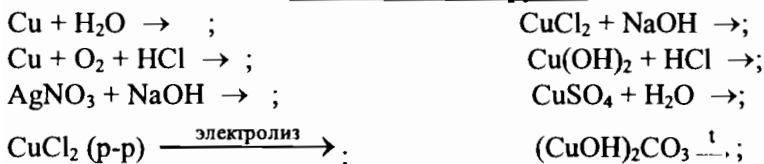
- 6) $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{KCN} \rightarrow \text{KЧ} = 6;$
 $\text{AgCl} + \text{KCN} \rightarrow \text{KЧ} = 2;$
 в) $\text{Fe}(\text{SCN})_3 + \text{KF} \rightarrow \text{KЧ} = 6;$
 $\text{Zr}(\text{OH})_4 + \text{KF} \rightarrow \text{KЧ} = 6;$
 г) $\text{UO}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{KЧ} = 6, \text{CO}_3^{2-} - \text{бидентатный лиганд};$
 $\text{AgNO}_3 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O} \rightarrow \text{KЧ} = 2, \text{S}_2\text{O}_3^{2-} - \text{монодентатный лиганд};$
 д) $\text{Th}(\text{SO}_4)_2 + \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{KЧ} = 8, \text{C}_2\text{O}_4^{2-} - \text{бидентатный лиганд};$
 $\text{Th}(\text{SO}_4)_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{KЧ} = 8, \text{CO}_3^{2-} - \text{бидентатный лиганд}.$
8. Напишите уравнения реакций, протекающих при образовании золей, и схему построения золей. В избытке взяты ионы электролита, который указан первым исходным реагентом:
- а) $\text{KI} + \text{AgNO}_3 \rightarrow ;$ б) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{ZnSO}_4 \rightarrow ;$
 $\text{AgNO}_3 + \text{KI} \rightarrow ;$ $\text{AlCl}_3 + \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow ;$
 в) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{Th}(\text{SO}_4)_2 \rightarrow ;$ г) $\text{KAuO}_2 + \text{Au} \rightarrow ;$
 $\text{FeCl}_3 + \text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow ;$ $\text{Na}_2\text{S} + \text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow ;$
 д) $\text{KBr} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow ;$
 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{KBr} \rightarrow .$

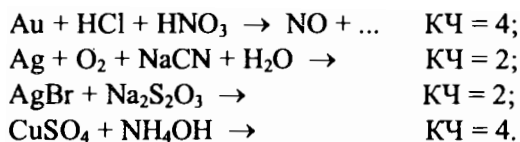
V. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ

s – элементы I группы

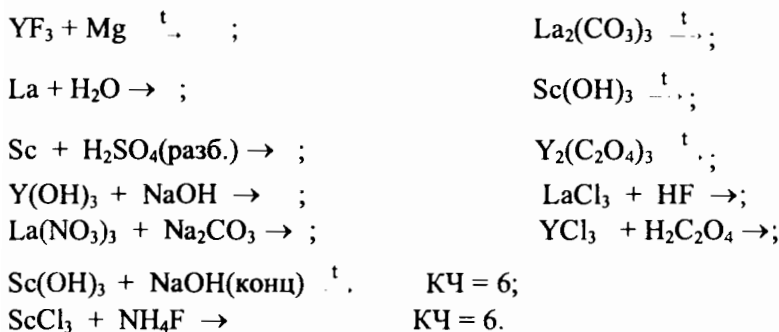


d – элементы I группы

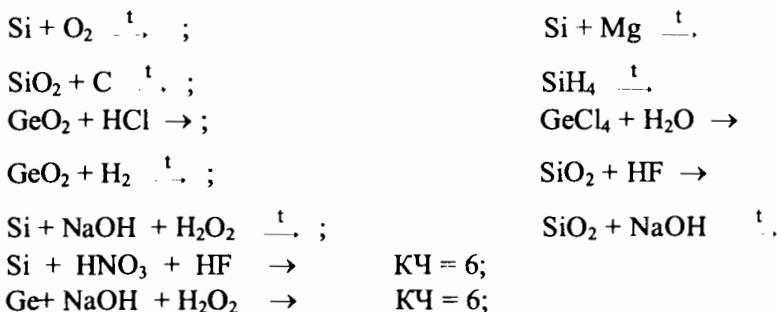




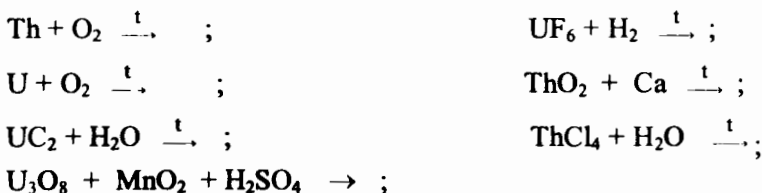
d-элементы III группы

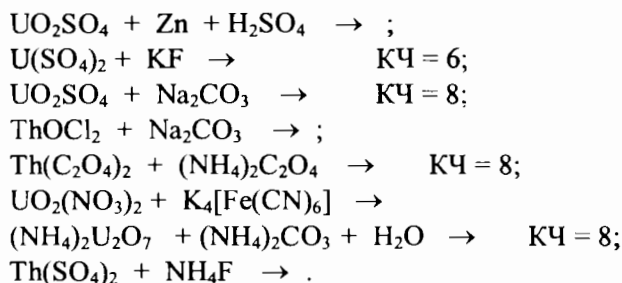


p-элементы IV группы

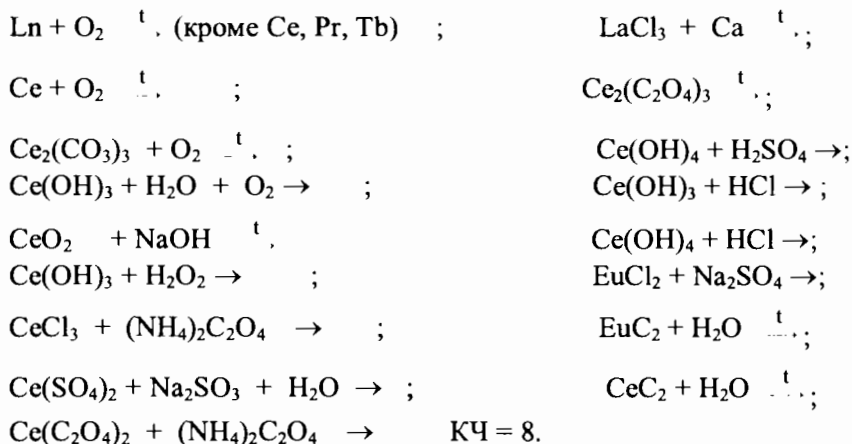


f-элементы (актиноиды)

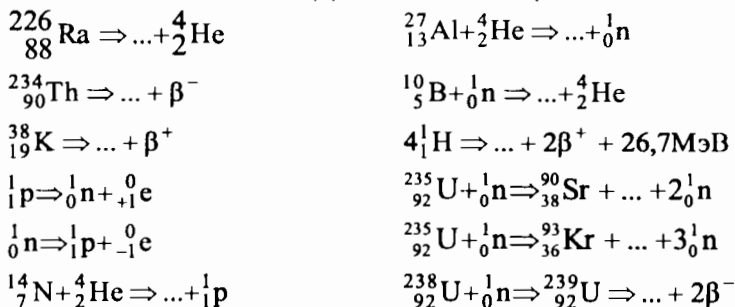




f-элементы (лантаноиды)



VI. РЕАКЦИИ РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА, ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ



ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Энергия разрыва связей при 0 К двухатомных молекул

Молекула	E_0 , кДж/моль	Молекула	E_0 , кДж/моль	Молекула	E_0 , кДж/моль
Br ₂	190,1	HBr	362,5	NO	626,8
CO	1072	HCl	427,8	O ₂	493,6
CaF	531,1	HF	566,3	P ₂	485,6
Cl ₂	239,2	HI	294,5	S ₂	422,6
F ₂	154,8	I ₂	148,8	SiN	500
H ₂	432,2	N ₂	941,6		

Таблица 2

Энергия разрыва связей в молекулах и радикалах газообразных веществ при 298 К

Вещество	Продукты диссоциации	E_0 , кДж/моль	Вещество	Продукты диссоциации	E_0 , кДж/моль
CH ₄	CH ₃ , H	435,1	CH ₃ Cl	CH ₃ , Cl	349,8
C ₂ H ₂	C ₂ H, H	502,1	H ₂ O	OH, H	498,7
	CH, CH	962,3	NH ₃	NH ₂ , H	438,1
C ₂ H ₄	C ₂ H ₃ , H	443,5	N ₂ O ₄	NO ₂ , NO ₂	57,4
	CH ₂ , CH ₂	711,7	N ₂ O	N ₂ , O	167,4
C ₂ H ₆	C ₂ H ₅ , H	410,5	O ₃	O ₂ , O	107,1
C ₆ H ₆	C ₆ H ₅ , H	457,3	SiO ₂	SiO, O	472,8

Таблица 3

Энергия кристаллической решетки (ΔH_{298} , кДж/моль)

Катионы	Анионы							
	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻	H ⁻	O ²⁻	OH ⁻	S ²⁻
Li ⁺	1044,3	862,3	819,6	764,6	923,0	-	-	-
Na ⁺	925,9	788,3	753,1	705,8	810,0	-	-	-
Cu ²⁺	-	2763,9	-	-	-	4144,7	-	3726,3
Ca ²⁺	2613,3	2240,9	2157,3	2065,2	-	3533,8	2584,0	3107,0
Ba ²⁺	2316,2	2023,4	1952,5	1847,6	-	3140,5	2299,5	2738,8
Zn ²⁺	-	2688,6	2051,0	2596,6	-	4061,0	-	3441,7

Таблица 4

Относительные электроотрицательности атомов (ЭО) в молекулах
 (для приближенных расчетов можно использовать значения ЭО
 без учета степени окисления элемента)

Z	Элемент	ЭО	Z	Элемент	ЭО
1	Водород	2,2	42	Молибден	1,6(+4); 2,1(+6)
3	Литий	1,0	43	Технеций	1,9
4	Бериллий	1,5	44	Рутений	2,2(+2)
5	Бор	2,0	45	Родий	2,2(+2)
6	Углерод	2,6	46	Палладий	2,2(+2)
7	Азот	3,0	47	Серебро	1,9
8	Кислород	3,5	48	Кадмий	1,7
9	Фтор	4,0	49	Индий	1,8
11	Натрий	0,9	50	Олово	1,8(+2); 1,9(+4)
12	Магний	1,3	51	Сурьма	1,8(+3); 2,1(+5)
13	Алюминий	1,6	52	Теллур	2,1
14	Кремний	1,8	53	Иод	2,6
15	Фосфор	2,1	55	Цезий	0,75
16	Сера	2,6	56	Барий	0,90
17	Хлор	3,1	57	Лантан	1,1
19	Калий	0,8	58	Церий	1,2
20	Кальций	1,0	63	Европий	1,2
21	Скандий	1,3	64	Гадолиний	1,3
22	Титан	1,3(+3); 1,6(+4)	65	Тербий	1,3
23	Ванадий	1,4(+3); 1,7(+4); 1,9(+5)	70	Иттербий	1,2
24	Хром	1,6(+3); 2,4(+6)	71	Лютеций	1,3
25	Марганец	1,4(+2); 2,5(+7)	72	Гафний	1,3
26	Железо	1,8(+2); 1,9(+3)	73	Тантал	1,3(+3); 1,7(+5)
27	Кобальт	1,8(+2); 2,0(+3)	74	Вольфрам	1,6(+4); 2,0(+6)
28	Никель	1,8(+2); 2,0(+3)	75	Рений	1,9
29	Медь	1,9(+1); 2,0(+2)	79	Золото	2,4
30	Цинк	1,6	80	Ртуть	1,9

31	Галлий	1,7	82	Свинец	1,6(+2); 1,8(+4)
32	Германий	1,9	83	Висмут	1,8
33	Мышьяк	2,0	87	Франций	0,7
34	Селен	2,5	88	Радий	0,9
35	Бром	2,9	90	Торий	1,4(+4)
37	Рубидий	0,8	91	Протактиний	1,3(+3); 1,7(+5)
38	Стронций	1,0	92	Уран	1,4(+4); 1,9(+6)
39	Иттрий	1,2	93	Нептуний	1,4(+4); 1,9(+6)
40	Цирконий	1,4	94	Плутоний	1,3
41	Ниобий	1,6(+3)	97	Берклий	1,3

Таблица 5

Стандартные энтропии (S_{298}^0), энтальпии образования ($\Delta H_{обр,298}^0$) и энергии Гиббса образования ($\Delta G_{обр,298}^0$) некоторых веществ

Вещество	$\Delta H_{обр,298}^0$, кДж/моль	S_{298}^0 , Дж/(моль·К)	$\Delta G_{обр,298}^0$, кДж/моль
Простые вещества			
Ag(кр)	0	42,55	0
Al(кр)	0	28,33	0
Au(кр)	0	47,40	0
B(кр)	0	5,86	0
Ba(кр)	0	60,67	0
Be(кр)	0	9,54	0
Bi(кр)	0	56,90	0
Br ₂ (ж)	0	152,21	0
Br ₂ (г)	30,91	245,37	3,14
C(алмаз)	1,83	2,37	2,83
C(графит)	0	5,74	0
Ca(кр)	0	41,63	0
Cd(кр)	0	51,76	0
Cl ₂ (г)	0	222,98	0

Вещество	$\Delta H^0_{\text{обр},298},$ кДж/моль	$S^0_{298},$ Дж/(моль·К)	$\Delta G^0_{\text{обр},298},$ кДж/моль
Co(кр)	0	30,04	0
Cr(кр)	0	23,64	0
Cu(кр)	0	33,14	0
F ₂ (г)	0	202,67	0
Fe(кр)	0	27,15	0
Ge(кр)	0	31,09	0
H ₂ (г)	0	130,52	0
Hg(ж)	0	75,90	0
Hg(г)	61,0	175,0	31,0
I ₂ (кр)	0	116,14	0
I ₂ (г)	62,43	260,60	19,39
K(кр)	0	64,18	0
La(кр)	0	56,90	0
Li(кр)	0	28,24	0
Mg(кр)	0	32,68	0
Mn(кр)	0	32,01	0
N ₂ (г)	0	191,50	0
Na(кр)	0	51,21	0
Na(ж)	2,60	—	—
Ni(кр)	0	29,87	0
O ₂ (г)	0	205,04	0
O ₃ (г)	-142,26	238,82	162,76
P(бел)	0	41,09	0
Pb(кр)	0	64,81	0
S(ромб)	0	31,92	0
Sb(кр)	0	45,69	0
Sc(кр)	0	37,62	0
Se(кр)	0	42,44	0
Si(кр)	0	18,83	0
Sn(бел)	0	51,55	0
Th(кр)	0	53,39	0
Ti(кр)	0	30,63	0
U(кр)	0	50,29	0
Zn(кр)	0	41,63	0
Zr(кр)	0	38,99	0
AgBr(кр)	-100,42	107,11	-97,02

Вещество	$\Delta H^0_{\text{обр,298}}$, кДж/моль	S^0_{298} , Дж/(моль·К)	$\Delta G^0_{\text{обр,298}}$, кДж/моль
Неорганические соединения			
AgCl(кр)	-126,78	96,23	-109,54
AgI(кр)	-61,92	115,48	-66,35
AgNO ₃ (кр)	-124,52	140,92	-33,6
Ag ₂ O(кр)	-30,54	121,75	-10,9
Al ₂ O ₃ (корунд)	-1675,69	50,92	-1582,27
AsCl ₃ (г)	-270,34	328,82	-258,04
As ₂ O ₃ (клаудетит)	-653,37	122,72	-577,03
As ₂ O ₃ (арсенолит)	-656,89	108,32	-576,16
BaCO ₃ (кр)	-1210,85	112,13	-1132,77
Ba(NO ₃) ₂ (кр)	-992,07	213,8	-797,23
BaO(кр)	-553,54	70,29	-525,84
Ba(OH) ₂ (кр)	-943,49	100,83	-855,42
BaSO ₄ (кр)	-1458,88	132,21	-1348,43
Ba ₃ (PO ₄) ₂ (кр)	-4178,43	—	-3951,37
CO(г)	-110,53	197,55	-137,15
CO ₂ (г)	-393,51	213,66	-394,37
CaCO ₃ (кальцит)	-1206,83	91,71	-1128,35
CaCl ₂ (кр)	-795,92	108,37	-749,34
CaF ₂ (кр)	-1220,89	68,45	-1168,46
Ca(NO ₃) ₂ (кр)	-938,76	193,3	-743,49
CaO(кр)	-635,09	38,07	-603,46
Ca(OH) ₂ (кр)	-985,12	83,39	-897,52
CdCl ₂ (кр)	-390,79	115,27	-343,24
CdO(кр)	-258,99	54,81	-229,33
CrCl ₃ (кр)	-556,47	123,01	-486,37
CuCl ₂ (кр)	-205,85	108,07	-161,71
CuO(кр)	-162	42,63	-134,36
Cu ₂ O(кр)	-173,18	92,93	-150,56
Eu ₂ O ₃ (кр)	-1662,72	146,44	-1568,16
Fe(OH) ₂ (кр)	-569,02	—	-483,84
Fe(OH) ₃ (кр)	-825,50	120,50	-695,80
GeO ₂ (тетраг.)	-580,15	39,71	-521,59
HBr(г)	-36,38	198,58	-53,43
HCl(г)	-92,31	186,79	-95,3
HI(г)	26,36	206,48	1,58

Вещество	$\Delta H_{\text{обр},298}^0$ кДж/моль	S_{298}^0 Дж/(моль·К)	$\Delta G_{\text{обр},298}^0$ кДж/моль
HNO ₃ (ж)	-173	156,16	-79,9
HNO ₃ (г)	-135	267	-75
H ₂ O(кр)	-291,85	39,33	—
H ₂ O(ж)	-285,83	69,95	-237,23
H ₂ O(г)	-241,81	188,72	-228,61
H ₂ O ₂ (ж)	-187,66	109,6	-120,52
H ₂ O ₂ (г)	-135,88	234,41	-105,74
H ₃ PO ₄ (ж)	-1266,90	200,83	-1134,0
H ₂ S(г)	-20,6	205,7	-33,5
H ₂ SO ₄ (ж)	-813,99	156,9	-690,14
HgO(кр)	-90	70	-58
HgBr ₂ (кр)	-225	146	-179
KCl(кр)	-436,68	82,55	-408,93
KClO ₃ (кр)	-391,2	142,97	-289,8
KI(кр)	-327,9	106,4	-323,18
KmnO ₄ (кр)	-828,89	171,54	-729,14
KOH(кр)	-424,72	79,28	-379,14
K ₂ CrO ₄ (кр)	-1385,74	200	-1277,84
K ₂ Cr ₂ O ₇ (кр)	-2067,27	291,21	-1887,85
K ₂ SO ₄ (кр)	-1433,69	175,56	-1316,04
La ₂ (CO ₃) ₃ (кр)	-3446,70	—	-2950,5
La(OH) ₃ (кр)	-1360,8	125,6	-1230,9
La ₂ O ₃ (кр)	-1796,2	127,3	-1708,3
MgCO ₃ (кр)	-1095,85	65,1	-1012,15
MgCl ₂ (кр)	-644,8	89,54	-595,3
MgO(кр)	-601,49	27,07	-569,27
Mg(OH) ₂ (кр)	-925	63	-834
MgSO ₄ ·6H ₂ O(кр)	-3089,5	348,1	-2635,1
MnCO ₃ (кр)	-881,66	109,54	-811,4
MnCl ₂ (кр)	-481,16	118,24	-440,41
MnO(кр)	-385,1	61,5	-363,34
MnO ₂ (кр)	-521,49	53,14	-466,68
NH ₃ (ж)	-69,8	—	—
NH ₃ (г)	-45,94	192,66	-16,48
NO(г)	91,26	210,64	87,58
NO ₂ (г)	34,19	240,06	52,29

Вещество	$\Delta H^0_{\text{обр},298}$, кДж/моль	S^0_{298} , Дж/(моль·К)	$\Delta G^0_{\text{обр},298}$, кДж/моль
$\text{N}_2\text{O}_4(\text{г})$	11,11	304,35	99,68
$\text{NOCl}(\text{г})$	52,6	263,5	66,35
$\text{NaOH}(\text{кр})$	-426,35	64,43	-380,29
$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{кр})$	-1130,8	138,8	-1048,2
$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}(\text{кр})$	-4077	2172	-3906
$\text{Na}_2\text{O}(\text{кр})$	-417,98	75,06	-379,26
$\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{кр})$	-1089,43	146,02	-1001,21
$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}(\text{кр})$	-4324,75	591,87	-3644,09
$\text{Na}_2\text{SiO}_3(\text{кр})$	-1561,43	113,76	-1467,5
$\text{Na}_2\text{SiO}_3(\text{ж})$	51,8	—	—
$\text{Na}_2\text{SiO}_3(\text{стекл})$	-1541,64	—	—
$\text{PH}_3(\text{г})$	17,14	209,96	13,13
$\text{P}_2\text{O}_5(\text{кр})$	-1507,2	140,3	-1371,7
$\text{PbBr}_2(\text{кр})$	-282,42	161,75	-265,94
$\text{PbCO}_3(\text{кр})$	-699,56	130,96	-625,87
$\text{PbCl}_2(\text{кр})$	-359,82	135,98	-314,56
$\text{PbI}_2(\text{кр})$	-175,23	175,35	-173,56
$\text{PbO}(\text{желт})$	-217,61	68,7	-188,2
$\text{PbO}(\text{красн})$	-219,28	66,11	-189,1
$\text{PbO}_2(\text{кр})$	-276,56	71,92	-217,55
$\text{Pb}_3\text{O}_4(\text{кр})$	-723,41	211,29	-606,17
$\text{Pb}(\text{OH})_2(\text{кр})$	-545	88	-452
$\text{PbS}(\text{кр})$	-100,42	91,21	-98,77
$\text{PbSO}_4(\text{кр})$	-920,48	148,57	-813,67
$\text{SO}_2(\text{г})$	-296,9	248,07	-300,21
$\text{SO}_3(\text{г})$	-395,85	256,69	-371,17
$\text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{ж})$	-378	210	-365
$\text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{г})$	-364	312	-320
$\text{ScCl}_2(\text{кр})$	-606,1	—	—
$\text{ScCl}_3(\text{кр})$	-898,7	122,07	-859,83
$\text{SiO}_2(\text{кварц})$	-910,94	41,84	-856,67
$\text{SiO}_2(\text{стекл})$	-903,49	46,86	-850,71
$\text{SnCl}_2(\text{кр})$	-330,95	131,8	-288,4
$\text{SnCl}_4(\text{ж})$	-528,86	258,99	-457,74
$\text{SnCl}_4(\text{г})$	-489,11	364,84	-449,55
$\text{SnO}(\text{кр})$	-285,98	56,48	-256,88

Вещество	$\Delta H^0_{\text{обр},298}$, кДж/моль	S^0_{298} , Дж/(моль·К)	$\Delta G^0_{\text{обр},298}$, кДж/моль
SnO ₂ (кр)	-580,74	52,3	-519,83
TiO ₂ (рутил)	-944,75	50,33	-889,49
TiO ₂ (анатаз)	-933,03	49,92	-877,65
Y ₂ (CO ₃) ₃ (кр)	-3303,90	—	-2962,30
Y(OH) ₃ (кр)	-1431,1	113	-1301,3
Y ₂ O ₃ (кр)	-1906,3	99,2	-1817,6
UF ₄ (кр)	-1910,37	151,67	-1819,74
UF ₆ (кр)	-2188,23	227,61	-2059,82
UO ₂ (кр)	-1084,91	77,82	-1031,98
U ₃ O ₈ (кр)	-3574,81	282,42	-3369,5
ZnCO ₃ (кр)	-812,53	80,33	-730,66
ZnO(кр)	-348,11	43,51	-318,1
ZnS(кр)	-205,18	57,66	-200,44
ZnSO ₄ (кр)	-981,36	110,54	-870,12
Zn(OH) ₂ (кр)	-645,43	76,99	-555,92
ZrCl ₄ (кр)	-979,77	181,42	-889,27
Органические соединения			
CH ₄ (г)	-74,85	186,27	-50,85
C ₂ H ₄ (г)	52,30	219,45	68,14
CH ₃ COOH(г)	-434,84	282,50	-376,68
C ₂ H ₅ OH(ж)	-276,98	160,67	-174,15
Ионы в водных растворах			
Ag ⁺	105,75	73,39	77,10
Al ³⁺	-529,99	-301,25	-489,80
AsO ₄ ³⁻	-890,06	-167,28	-648,93
Ba ²⁺	-524,05	8,79	-547,50
Br ⁻	-121,50	82,84	-104,04
BrO ₃ ⁻	-65,0	164,0	20,0
CH ₃ COO ⁻	-485,64	87,58	-369,37
CN ⁻	150,62	96,45	171,58
CNS ⁻	74,27	146,05	89,96
CO ₃ ²⁻	-676,64	-56,04	-527,6
Ca ²⁺	-542,66	-55,23	-552,7

Вещество	$\Delta H_{\text{обр},298}^0$, кДж/моль	S_{298}^0 , Дж/(моль·К)	$\Delta G_{\text{обр},298}^0$, кДж/моль
Cd^{2+}	-75,31	-70,92	-77,65
Ce^{3+}	-698	-201	-676
Cl^-	-167,07	56,74	-131,29
ClO_3^-	-98,35	163,2	-2,6
Cr^{2+}	-138,91	41,87	-183,26
Cr^{3+}	-235,98	-215,48	-223,06
CrO_4^{2-}	-875,42	46,02	-720,91
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	-1490,93	270,39	-1295,62
Cu^+	72,8	44,35	50
Cu^{2+}	66,94	-92,72	65,56
$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	-346,52	280,5	-111,51
Eu^{3+}	-608,77	-221,75	-557,81
Fe^{2+}	-87,86	-113,39	-84,88
Fe^{3+}	-47,7	-293,3	-10,53
H^+	0	0	0
HCO_3^-	-691,28	92,57	-586,56
HPO_4^{2-}	-1292,14	-33,47	-1089,28
HS^-	-17,57	62,76	12,15
HSO_3^-	-627,98	132,38	-527,32
HSO_4^-	-887,77	127,97	-755,23
Hg^{2+}	171	-32	164
I^-	-56,9	106,69	-51,94
La^{3+}	-707,60	-220,20	-683,30
MnO_4^{2-}	—	191	-449
NH_4^+	-132,8	112,84	-79,52
NO_2^-	-104,6	139,85	-37,16
NO_3^-	-207,38	146,94	-111,49
Na^+	-240,3	58,41	-261,9

Вещество	$\Delta H^0_{\text{обр},298}$, кДж/моль	S^0_{298} , Дж/(моль·К)	$\Delta G^0_{\text{обр},298}$, кДж/моль
OH^-	-230,02	-10,71	-157,35
PO_4^{3-}	-1277,38	-220,29	-1018,81
Pb^{2+}	-1,18	-24,32	11,82
S^{2-}	32,64	-14,52	85,4
SO_3^{2-}	-638,27	-38,28	-486,73
SO_4^{2-}	-909,26	18,2	-743,99
Se^{2-}	64	-46	129
Sn^{2+}	-10,23	-25,26	-26,24
Th^{4+}	-760	-330	-724
U^{3+}	-514,63	-125,52	-520,59
U^{4+}	-590,15	-382,62	-538,91
UO_2^{2+}	-1018,66	-89,68	-954,71
Y^{3+}	-723,90	-267,90	-689,20
Zn^{2+}	-153,64	-110,62	-147,16

Таблица 6

**Произведение растворимости малорастворимых соединений (ПР) в
воде при 293 К**

Вещество	ПР	Вещество	ПР
AgBr	$5,3 \cdot 10^{-13}$	KClO ₄	$1,1 \cdot 10^{-2}$
Ag ₂ CO ₃	$1,2 \cdot 10^{-12}$	K ₃ [Ca(NO ₂) ₄]	$4,3 \cdot 10^{-10}$
AgCl	$1,8 \cdot 10^{-10}$	La ₂ (CO ₃) ₃	$4,0 \cdot 10^{-34}$
AgI	$8,3 \cdot 10^{-17}$	La ₂ (C ₂ O ₄) ₃	$1,0 \cdot 10^{-25}$
Ag ₃ PO ₄	$1,3 \cdot 10^{-20}$	Li ₃ PO ₄	$3,2 \cdot 10^{-9}$
Ag ₂ S	$6,3 \cdot 10^{-50}$	Li ₂ CO ₃	$4,0 \cdot 10^{-3}$
Ag ₂ SO ₄	$1,6 \cdot 10^{-5}$	LiF	$1,7 \cdot 10^{-3}$
Ag ₂ CrO ₄	$4,4 \cdot 10^{-12}$	NaIO ₄	$3 \cdot 10^{-3}$
Al(OH) ₃	$3,2 \cdot 10^{-34}$	Na[Sb(OH) ₆]	$4,0 \cdot 10^{-8}$

Вещество	ПР	Вещество	ПР
AlPO_4	$5,75 \cdot 10^{-19}$	NiC_2O_4	$4,0 \cdot 10^{-10}$
BaCO_3	$4,0 \cdot 10^{-10}$	NiCO_3	$1,3 \cdot 10^{-7}$
$\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$	$6,0 \cdot 10^{-39}$	$\text{Ni}(\text{OH})_2$	$2,0 \cdot 10^{-15}$
BaSO_4	$1,1 \cdot 10^{-10}$	PbS	$2,5 \cdot 10^{-27}$
BaCrO_4	$1,2 \cdot 10^{-10}$	$\text{Pb}(\text{OH})_2$ желтый	$7,9 \cdot 10^{-16}$
BaC_2O_4	$1,1 \cdot 10^{-7}$	$\text{Pb}(\text{OH})_2$ красный	$5 \cdot 10^{-16}$
CaCO_3	$3,8 \cdot 10^{-9}$	PbBr_2	$9,1 \cdot 10^{-6}$
CaC_2O_4	$2,3 \cdot 10^{-9}$	PbC_2O_4	$4,8 \cdot 10^{-10}$
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$2,0 \cdot 10^{-29}$	PbI_2	$1,1 \cdot 10^{-9}$
CaSO_4	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$	$7,9 \cdot 10^{-43}$
$\text{Cd}(\text{OH})_2$	$2,2 \cdot 10^{-14}$	PbCl_2	$1,6 \cdot 10^{-5}$
CdCO_3	$1,0 \cdot 10^{-12}$	$\text{Th}(\text{C}_2\text{O}_4)_2$	$1,1 \cdot 10^{-25}$
$\text{Ce}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$	$2,5 \cdot 10^{-29}$	$\text{Th}(\text{OH})_4$	$2,0 \cdot 10^{-50}$
CuI	$1,1 \cdot 10^{-12}$	$\text{Th}_3(\text{PO}_4)_4$	$7,6 \cdot 10^{-79}$
$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$8,3 \cdot 10^{-20}$	$(\text{UO}_2)_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$7,1 \cdot 10^{-14}$
CuS	$6,3 \cdot 10^{-36}$	UO_2CO_3	$1,9 \cdot 10^{-12}$
$\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$1,3 \cdot 10^{-16}$	$\text{UO}_2(\text{OH})_2$	$4,4 \cdot 10^{-23}$
$(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$	$1,7 \cdot 10^{-34}$	$\text{U}(\text{OH})_4$	$6,3 \cdot 10^{-55}$
Cu_2S	$2,5 \cdot 10^{-48}$	ZnS	$1,6 \cdot 10^{-24}$
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$6,3 \cdot 10^{-38}$	ZnCO_3	$1,45 \cdot 10^{-11}$
$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$7,1 \cdot 10^{-16}$	$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$	$9,1 \cdot 10^{-33}$
FeS	$5,0 \cdot 10^{-18}$	$\text{Zr}(\text{OH})_4$	$7,9 \cdot 10^{-55}$
$\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$	$3,0 \cdot 10^{-41}$	$\text{Zr}_3(\text{PO}_4)_4$	$1,0 \cdot 10^{-132}$

Таблица 7

Константы диссоциации кислот и оснований

Электролит	Константа диссоциации		
	K_1	K_2	K_3
Кислоты			
CH_3COOH	$1,8 \cdot 10^{-5}$	—	—
H_3AsO_4	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$3,0 \cdot 10^{-12}$
H_3BO_3	$5,8 \cdot 10^{-10}$	—	—
$\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-8}$	—
HBrO	$2,5 \cdot 10^{-9}$	—	—
HCN	$6,2 \cdot 10^{-10}$	—	—

Электролит	Константа диссоциации		
	K_1	K_2	K_3
H_2CO_3	$4,5 \cdot 10^{-7}$	$4,8 \cdot 10^{-11}$	—
$H_2C_2O_4$	$5,5 \cdot 10^{-2}$	$5,4 \cdot 10^{-5}$	—
$HClO$	$5,0 \cdot 10^{-8}$	—	—
H_2CrO_4	$1,1 \cdot 10^{-1}$	$3,2 \cdot 10^{-7}$	—
$H_2Cr_2O_7$		$2,3 \cdot 10^{-2}$	—
HF	$6,8 \cdot 10^{-4}$	—	—
HIO	$2,3 \cdot 10^{-11}$	—	—
HIO_3	$1,6 \cdot 10^{-1}$	—	—
HNO_2	$5,1 \cdot 10^{-4}$	—	—
H_2O_2	$2,0 \cdot 10^{-12}$	—	—
H_3PO_4	$7,6 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-8}$	$4,2 \cdot 10^{-13}$
H_2S	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$1,0 \cdot 10^{-14}$	—
H_2SO_3	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$6,2 \cdot 10^{-8}$	—
H_4SiO_4	$1,3 \cdot 10^{-11}$	—	—
Основания			
$AgOH$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	—	—
$Al(OH)_3$	$7,4 \cdot 10^{-9}$	$3,1 \cdot 10^{-9}$	$1,1 \cdot 10^{-9}$
$Ca(OH)_2$		$4,0 \cdot 10^{-2}$	—
$Cd(OH)_2$	$8,1 \cdot 10^{-4}$	$4,1 \cdot 10^{-7}$	—
$Ce(OH)_3$	—	—	$1,0 \cdot 10^{-5}$
$Cr(OH)_3$	—	$3,6 \cdot 10^{-9}$	$8,9 \cdot 10^{-11}$
$Cu(OH)_2$	$6,6 \cdot 10^{-8}$	$7,9 \cdot 10^{-14}$	—
$Fe(OH)_2$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$5,5 \cdot 10^{-8}$	—
$Fe(OH)_3$	$4,8 \cdot 10^{-11}$	$1,8 \cdot 10^{-11}$	$1,5 \cdot 10^{-12}$
$Hf(OH)_4$	$3,2 \cdot 10^{-13}$	$6,3 \cdot 10^{-14}$	—
$La(OH)_3$	—	—	$5,0 \cdot 10^{-4}$
$Pb(OH)_2$	$9,5 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-8}$	—
$Th(OH)_4$	$3,6 \cdot 10^{-11}$	$2,4 \cdot 10^{-11}$	$2,0 \cdot 10^{-11}$
$U(OH)_4$	—	$1,4 \cdot 10^{-11}$	$2,6 \cdot 10^{-12}$
$UO_2(OH)_2$	$1,9 \cdot 10^{-7}$	$1,4 \cdot 10^{-9}$	—
$Zn(OH)_2$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$4,9 \cdot 10^{-7}$	—
$Zr(OH)_4$	$6,5 \cdot 10^{-14}$	$1,6 \cdot 10^{-14}$	—
$(CH_3)_2NH_2OH$	$5,4 \cdot 10^{-4}$	—	—
$C_6H_5NH_3OH$	$4,3 \cdot 10^{-10}$	—	—

Таблица 8

Общие константы нестойкости комплексных ионов

Вещество	K_n	Вещество	K_n
$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$	$5,9 \cdot 10^{-8}$	$[\text{Cu}(\text{OH})_4]^{2-}$	$4,0 \cdot 10^{-17}$
$[\text{Ag}(\text{OH})_3]^{2-}$	$6,3 \cdot 10^{-6}$	$[\text{Fe}(\text{OH})_4]^{2-}$	$1,0 \cdot 10^{-10}$
$[\text{AgI}_4]^{3-}$	$7,9 \cdot 10^{-14}$	$[\text{Fe}(\text{OH})_4]^-$	$4,0 \cdot 10^{-35}$
$[\text{Ag}(\text{SCN})_4]^{3-}$	$2,1 \cdot 10^{-10}$	$[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-}$	$5,9 \cdot 10^{-4}$
$[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_3]^{5-}$	$3,5 \cdot 10^{-14}$	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	$1,3 \cdot 10^{-37}$
$[\text{Ag}(\text{CN})_4]^{3-}$	$3,8 \cdot 10^{-20}$	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$	$1,3 \cdot 10^{-44}$
$[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$	$1,0 \cdot 10^{-33}$	$[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$	$1,0 \cdot 10^{-31}$
$[\text{AlF}_6]^{3-}$	$2,1 \cdot 10^{-21}$	$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$	$9,8 \cdot 10^{-9}$
$[\text{Au}(\text{NH}_3)_2]^+$	$1,0 \cdot 10^{-27}$	$[\text{Th}(\text{OH})_4]^0$	$7,9 \cdot 10^{-41}$
$[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$	$5,0 \cdot 10^{-39}$	$[\text{U}(\text{OH})_4]^0$	$2,0 \cdot 10^{-46}$
$[\text{Au}(\text{CN})_4]^-$	$1,0 \cdot 10^{-56}$	$[\text{UO}_2(\text{OH})_4]^{2-}$	$4,0 \cdot 10^{-33}$
$[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$	$7,8 \cdot 10^{-18}$	$[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]^{4-}$	$5,0 \cdot 10^{-19}$
$[\text{Cr}(\text{OH})_4]^-$	$2,5 \cdot 10^{-29}$	$[\text{UF}_6]^{2-}$	$1,6 \cdot 10^{-25}$
$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$9,3 \cdot 10^{-13}$	$[\text{UO}_2\text{F}_4]^{2-}$	$2,0 \cdot 10^{-12}$

Таблица 9

Равновесные потенциалы выделения водорода и кислорода

pH	Уравнения электродных реакций	Электродный потенциал, В
pH < 7	$2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2$	0
pH < 7	$2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e} = \text{O}_2 + 4\text{H}^+$	1,226
pH = 7	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0,413
pH = 7	$2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e} = \text{O}_2 + 4\text{H}^+$	0,814
pH > 7	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0,828
pH > 7	$4\text{OH}^- - 4\text{e} = \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	0,401

Таблица 10

Стандартные электродные потенциалы в водных растворах при 298 К

Элемент	Реакция	pH	E, В
Ag	$\text{Ag}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{Ag} \downarrow$		0,799
	$\text{AgCl} \downarrow + \text{e} \rightleftharpoons \text{Ag} \downarrow + \text{Cl}$		0,22
Al	$\text{Al}^{3+} + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Al} \downarrow$	<7	-1,622
	$\text{Al}^{3+} + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Al} \downarrow$	>7	-2,35

Элемент	Реакция	pH	E, В
As	$\text{As}^{+5} + 2e \rightleftharpoons \text{As}^{3+}$	<7	0,56
	$\text{As}^{+5} + 2e \rightleftharpoons \text{As}^{3+}$	>7	-0,71
Au	$\text{Au}^{+} + e \rightleftharpoons \text{Au}\downarrow$		1,68
	$\text{Au}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Au}\downarrow$		1,498
Ba	$\text{Ba}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ba}\downarrow$		-2,906
Be	$\text{Be}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Be}\downarrow$		-1,847
Bi	$\text{Bi}^{+5} + 2e \rightleftharpoons \text{Bi}^{3+}$	<7	1,80
	$\text{Bi}^{+3} + 3e \rightleftharpoons \text{Bi}\downarrow$	<7	0,371
	$\text{Bi}^{+3} + 3e \rightleftharpoons \text{Bi}\downarrow$	>7	-0,46
Br	$\text{Br}_2 + e \rightleftharpoons 2\text{Br}^{-}$		1,063
	$2\text{Br}^{+5} + 10e \rightleftharpoons \text{Br}_2$	<7	1,52
C	$\text{C}^{+4} + 2e \rightleftharpoons \text{C}^{+2}$		-0,12
Ca	$\text{Ca}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ca}\downarrow$		-2,866
Cd	$\text{Cd}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cd}\downarrow$		-0,403
Ce	$\text{Ce}^{4+} + e \rightleftharpoons \text{Ce}^{3+}$		1,61
Cl	$\text{Cl}_2\uparrow + 2e \rightleftharpoons 2\text{Cl}^{-}$		1,36
	$\text{Cl}^{+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cl}^{-}$	>7	0,89
	$\text{Cl}^{+3} + 2e \rightleftharpoons \text{Cl}^{+}$	>7	0,66
	$\text{Cl}^{+5} + 6e \rightleftharpoons \text{Cl}^{-}$	<7	1,45
	$\text{Cl}^{+5} + 6e \rightleftharpoons \text{Cl}^{-}$	>7	0,63
	$2\text{Cl}^{+5} + 10e \rightleftharpoons \text{Cl}_2\uparrow$		1,47
	$\text{Cl}^{+7} + 2e \rightleftharpoons \text{Cl}^{+5}$	<7	1,19
Co	$\text{Co}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Co}\downarrow$		-0,277
	$\text{Co}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{Co}^{2+}$		1,95
	$\text{Co}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Co}$		0,46
Cr	$\text{Cr}^{+6} + 3e \rightleftharpoons \text{Cr}^{3+}$	<7	1,33
	$\text{Cr}^{+6} + 3e \rightleftharpoons \text{Cr}^{3+}$	>7	1,46
	$\text{Cr}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Cr}\downarrow$	<7	-0,74
	$\text{Cr}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Cr}\downarrow$	>7	-0,12

Элемент	Реакция	pH	E, В
	$\text{Cr}^{+3} + e \rightleftharpoons \text{Cr}^{2+}$		-0,47
	$\text{Cr}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cr}\downarrow$		-0,913
Cs	$\text{Cs}^{+} + e \rightleftharpoons \text{Cs}\downarrow$		-2,923
Cu	$\text{Cu}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cu}\downarrow$		0,337
	$\text{Cu}^{2+} + e \rightleftharpoons \text{Cu}^{+}$		0,521
Eu	$\text{Eu}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Eu}\downarrow$		-2,4
	$\text{Eu}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{Eu}^{2+}$		-0,55
F	$\text{F}_2\uparrow + 2e \rightleftharpoons 2\text{F}^{-}$		2,77
Fe	$\text{Fe}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Fe}\downarrow$		-0,44
	$\text{Fe}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Fe}\downarrow$		-0,058
	$\text{Fe}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	<7	0,77
	$\text{Fe}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	>7	-0,56
Ge	$\text{Ge}^{+4} + 4e \rightleftharpoons \text{Ge}\downarrow$	<7	-0,15
H	$2\text{H}^{+} + 2e \rightleftharpoons \text{H}_2$	<7	0
	$2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2\text{OH}^{-}$	=7	-0,413
	$2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2\text{OH}^{-}$	>7	-0,828
	$\text{H}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{H}^{-}$		-2,25
Hg	$\text{Hg}_2^{2+} + 2e \rightleftharpoons 2\text{Hg}\downarrow$		0,792
	$\text{Hg}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Hg}\downarrow$		0,85
	$2\text{Hg}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Hg}_2^{2+}$		0,92
I	$\text{I}_2\downarrow + 2e \rightleftharpoons 2\text{I}^{-}$		0,54
	$2\text{I}^{+5} + 10e \rightleftharpoons \text{I}_2\downarrow$	<7	1,19
	$\text{I}^{+5} + 6e \rightleftharpoons \text{I}^{-}$	>7	0,26
	$\text{I}^{+5} + 6e \rightleftharpoons \text{I}^{-}$	<7	1,08
	$\text{I}^{+7} + 2e \rightleftharpoons \text{I}^{+5}$	<7	1,6
In	$\text{In}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{In}\downarrow$		-0,34
K	$\text{K}^{+} + e \rightleftharpoons \text{K}\downarrow$		-2,925
La	$\text{La}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{La}\downarrow$		-2,522
Li	$\text{Li}^{+} + e \rightleftharpoons \text{Li}$		-3,046

Элемент	Реакция	pH	E, В
Mg	$\text{Mg}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Mg}\downarrow$		-2,363
Mn	$\text{Mn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Mn}\downarrow$		-1,180
	$\text{Mn}^{+7} + 5e \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+}$	<7	1,51
	$\text{Mn}^{+7} + 3e \rightleftharpoons \text{Mn}^{+4}\downarrow$	<7	1,69
	$\text{Mn}^{+4}\downarrow + 2e \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+}$	<7	1,23
	$\text{Mn}^{+7} + e \rightleftharpoons \text{Mn}^{+6}$	>7	0,56
	$\text{Mn}^{+7} + 3e \rightleftharpoons \text{Mn}^{+4}\downarrow$	>7	0,60
	$\text{Mn}^{+6} + 2e \rightleftharpoons \text{Mn}^{+4}\downarrow$	>7	0,65
	$\text{Mn}^{+4}\downarrow + 2e \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+}$	>7	-0,05
	$\text{Mn}^{+6} + 2e \rightleftharpoons \text{Mn}^{+4}\downarrow$	<7	2,26
Mo	$\text{Mo}^{+6} + e \rightleftharpoons \text{Mo}^{+5}$		0,40
N	$\text{N}^{+3} + e \rightleftharpoons \text{N}^{+2}$	<7	0,98
	$\text{N}^{+3} + e \rightleftharpoons \text{N}^{+2}$	>7	-0,46
	$2\text{N}^{+3} + 6e \rightleftharpoons \text{N}_2\uparrow$	<7	1,44
	$2\text{N}^{+3} + 6e \rightleftharpoons \text{N}_2\uparrow$	>7	0,41
	$\text{N}^{+5} + 2e \rightleftharpoons \text{N}^{+3}$	<7	0,94
	$\text{N}^{+5} + 2e \rightleftharpoons \text{N}^{+3}$	>7	0,01
	$\text{N}^{+5} + e \rightleftharpoons \text{N}^{+4}$	<7	0,80
	$\text{N}^{+5} + e \rightleftharpoons \text{N}^{+4}$	>7	-0,86
	$\text{N}^{+5} + 3e \rightleftharpoons \text{N}^{+2}$	<7	0,96
	$\text{N}^{+5} + 3e \rightleftharpoons \text{N}^{+2}$	>7	-0,14
	$2\text{N}^{+5} + 10e \rightleftharpoons \text{N}_2\uparrow$	<7	1,24
	$\text{N}^{+5} + 8e \rightleftharpoons \text{N}^{-3}$	<7	0,86
	$\text{N}^{+5} + 8e \rightleftharpoons \text{N}^{-3}$	>7	-0,12
Na	$\text{Na}^{+} + e \rightleftharpoons \text{Na}\downarrow$		-2,714
Ni	$\text{Ni}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ni}\downarrow$		-0,25
	$\text{Ni}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+}$	<7	1,75
	$\text{Ni}^{+3} + e \rightleftharpoons \text{Ni}^{+2}$	>7	0,49
O	$\text{O}_2 + 4e + 4\text{H}^{+} = 2\text{H}_2\text{O}$	<7	1,23
	$\text{O}_2 + 4e + 4\text{H}^{+} = 2\text{H}_2\text{O}$	=7	0,814

Элемент	Реакция	pH	E, В
O	$O_2 + 4e + 2H_2O = 4OH^-$	>7	0,401
	$O_2 \uparrow + 2e + 2H^+ \rightleftharpoons H_2O_2$	<7	0,68
	$O_2 \uparrow + 2e + H_2O \rightleftharpoons HO_2^- + OH^-$	>7	-0,076
	$H_2O_2 + 2e + 2H^+ \rightleftharpoons 2H_2O$	<7	1,77
	$HO_2^- + 2e + H_2O \rightleftharpoons 3OH^-$	>7	0,88
P	$P^{+3} + 2e \rightleftharpoons P^{+3}$	<7	-0,276
	$P^{+3} + 2e \rightleftharpoons P^+$	<7	-0,50
Pb	$Pb^{2+} + 2e \rightleftharpoons Pb \downarrow$		-0,126
	$Pb^{+4} + 2e \rightleftharpoons Pb^{2+}$		1,66
Pt	$Pt^{2+} + 2e \rightleftharpoons Pt \downarrow$		1,19
	$Pt^{+4} + 2e \rightleftharpoons Pt^{+2}$		0,68
Pu	$Pu^{3+} + 3e \rightleftharpoons Pu \downarrow$		-2,03
Ra	$Ra^{2+} + 2e \rightleftharpoons Ra \downarrow$		-2,916
Rb	$Rb^+ + e \rightleftharpoons Rb \downarrow$		-2,925
Re	$Re^{+7} + 3e \rightleftharpoons Re^{+4}$	<7	0,51
	$Re^{+7} + e \rightleftharpoons Re^{+6}$	<7	0,77
S	$S^{+6} + 2e \rightleftharpoons S^{+4}$	<7	0,17
	$S^{+6} + 2e \rightleftharpoons S^{+4}$	>7	-0,93
S	$S^{+6} + 6e \rightleftharpoons S \downarrow$	<7	-0,75
	$S^{+6} + 6e \rightleftharpoons S \downarrow$	>7	0,36
	$S^{+6} + 8e \rightleftharpoons S^{2-}$	<7	0,31
	$S^{+6} + 8e \rightleftharpoons S^{2-}$	>7	-0,68
	$S^{+4} + 2e \rightleftharpoons S \downarrow$	<7	0,45
	$S \downarrow + 2e \rightleftharpoons S^{2-}$		-0,46
	$S \downarrow + 2e + 2H^+ \rightleftharpoons H_2S$		0,14
Sb	$Sb^{+3} + 3e \rightleftharpoons Sb \downarrow$	<7	0,212
Se	$Se + 2e \rightleftharpoons Se^{2-}$		-0,92
Si	$Si^{+4} + 4e \rightleftharpoons Si \downarrow$	<7	-0,86
	$Si^{+4} + 4e \rightleftharpoons Si \downarrow$	>7	-1,70

Элемент	Реакция	pH	E, В
Sn	$\text{Sn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Sn} \downarrow$		-0,136
	$\text{Sn}^{+4} + 2e \rightleftharpoons \text{Sn}^{+2}$	>7	-0,90
	$\text{Sn}^{+4} + 2e \rightleftharpoons \text{Sn}^{+2}$		0,15
Sr	$\text{Sr}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Sr} \downarrow$		-2,89
Th	$\text{Th}^{4+} + 4e \rightleftharpoons \text{Th} \downarrow$		-1,90
Ti	$\text{Ti}^{4+} + e \rightleftharpoons \text{Ti}^{3+}$		0,10
	$\text{Ti}^{4+} + 4e \rightleftharpoons \text{Ti} \downarrow$		-1,90
Tl	$\text{Tl}^{+} + e \rightleftharpoons \text{Tl} \downarrow$		-0,336
U	$\text{U}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{U} \downarrow$		-1,79
	$\text{U}^{4+} + e \rightleftharpoons \text{U}^{3+}$		-0,607
	$\text{U}^{+6} + 2e \rightleftharpoons \text{U}^{4+}$		0,33
W	$\text{W}^{+6} + e \rightleftharpoons \text{W}^{+5}$		-0,03
V	$\text{V}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{V}^{2+}$		-0,255
	$\text{V}^{+4} + e \rightleftharpoons \text{V}^{3+}$		0,361
	$\text{V}^{+5} + 2e \rightleftharpoons \text{V}^{4+}$	<7	1,0
Yb	$\text{Yb}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Yb} \downarrow$		-2,27
	$\text{Yb}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{Yb}^{2+}$		1,518
Zn	$\text{Zn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Zn} \downarrow$	<7	-0,763
	$\text{Zn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Zn} \downarrow$	>7	-1,216
Zr	$\text{Zr}^{4+} + 4e \rightleftharpoons \text{Zr} \downarrow$		-1,57

Таблица 11

**Перенапряжение выделения водорода, кислорода и хлора
на электродах**

(приближенные значения при плотности тока $\leq 10^{-3}$ А/см², T=298 К)

Электрод	η_{H_2} , В	η_{O_2} , В	η_{Cl_2} , В
Zn	0,8	1,5	—
Cu	0,5	0,8	—
С (графит)	0,6	1,1	0,1

Электрод	η_{H_2}, B	η_{O_2}, B	η_{Cl_2}, B
Pt (платиниров.)	0	0,1	—
Pb	1,2	1,2	—
Ag	0,7	0,5	—
Cd	1,1	0,9	—

Таблица 12

Приближенные значения коэффициентов активности ($\gamma_{\pm}$) ионов при различных ионных силах раствора (I)

№ п/п	I	Заряд иона			№ п/п	I	Заряд иона		
		± 1	± 2	± 3			± 1	± 2	± 3
1	0,002	0,97	0,74	0,66	6	0,1	0,81	0,44	0,16
2	0,005	0,95	0,66	0,55	7	0,2	0,81	0,41	0,14
3	0,01	0,92	0,60	0,47	8	0,3	0,81	0,42	0,14
4	0,02	0,90	0,53	0,37	9	0,4	0,82	0,45	0,17
5	0,05	0,84	0,50	0,21	10	0,5	0,84	0,50	0,20

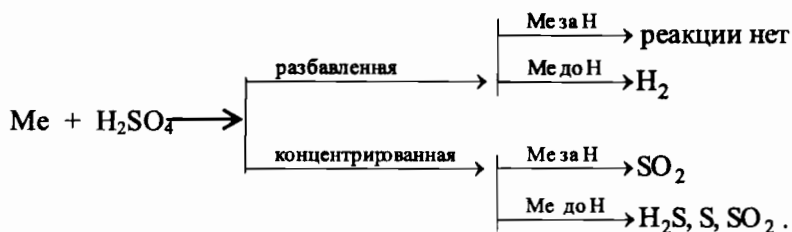
Таблицы 13

СХЕМЫ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

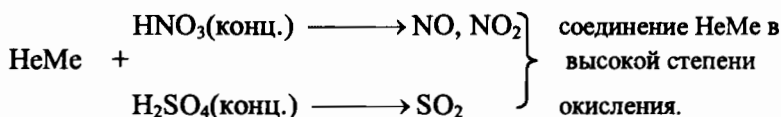
1) Взаимодействие металлов с азотной кислотой:



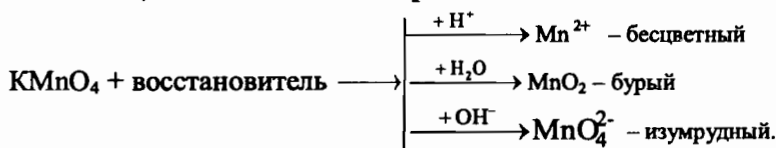
2) Взаимодействие металлов с серной кислотой:



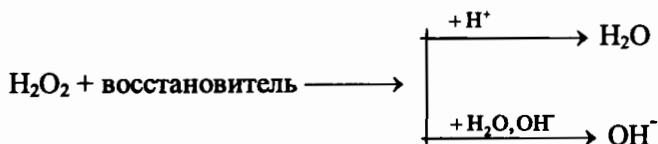
3) Взаимодействие неметаллов (HeMe) с кислотами:



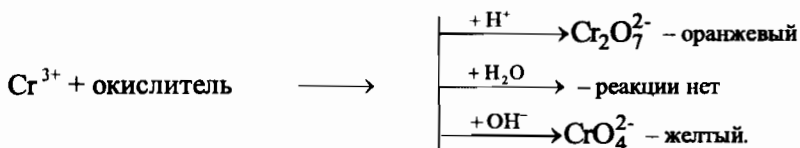
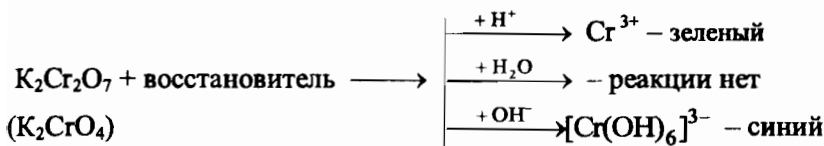
4) Взаимодействие перманганата калия:



5) Взаимодействие перекиси водорода:



6) Взаимодействие соединений хрома:



7) Взаимодействие соединений серы

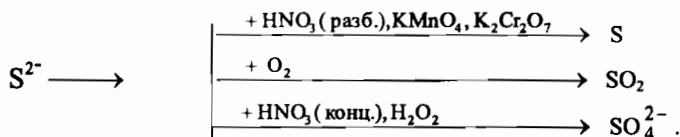


Таблица 1

РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, ОСНОВАНИЙ И СОЛЕЙ В ВОДЕ

		СИЛЬНЫЕ ОСНОВАНИЯ					С Л А Б Ы Е О С Н О В А Н И Я																			
ОСЛАБЛЕНИЕ КИСЛОТЫХ СВОЙСТВ ↓	КАТИОНЫ АНИОНЫ	H ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	NH ₄ ⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Co ²⁺	Ni ²⁺	Pb ²⁺	Cu ²⁺	Hg ²⁺	Ag ⁺	In ³⁺	Th ⁴⁺	UO ₂ ²⁺	Ti ⁴⁺		
	OH ⁻							М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	М	Н	-	-	Н	Н	Н	Н	
	NO ₃ ⁻																									
	SO ₄ ²⁻				Н	М												М			М	М	М	М		
	Br ⁻																	М		М	Н					
	Cl ⁻																	М			Н				-	
	SO ₃ ²⁻				М	М			-		М	-	М	-	Н	Н	Н	-	-	М						
	C ₂ O ₄ ²⁻				Н	Н								М				М	Н		Н	Н	Н	М		
	PO ₄ ³⁻				Н	Н	-			Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	
	F ⁻				М	-			Н	М	М			Н	М	М			Н		-		Н	Н		-
	CH ₃ COO ⁻									М																
	CO ₃ ²⁻				Н	Н			Н	-	Н	Н	-		-	Н	Н	Н	-	-	Н	Н	Н	Н	Н	
	S ²⁻				-				-	-	Н	Н	-	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	-	-	Н	Н	
	SiO ₃ ²⁻	Н			Н	Н	-		Н	-	-	Н	-	Н	-	-	-	Н	-	-			Н		Н	

РАСТВОРИМЫЕ
БОЛЬШЕ 1 Г В 100 Г ВОДЫМАЛОРАСТВОРИМЫЕ
0,001 - 1 Г В 100 Г ВОДЫНЕРАСТВОРИМЫЕ
МЕНЬШЕ 0,001 Г В 100 Г ВОДЫРАЗЛАГАЮЩИЕСЯ
ИЛИ НЕ СУЩЕСТВУЮТ

Список литературы

1. Коровин Н.В. Общая химия. М.: Высшая школа. 1998, 2000.
2. Гуров А.А., Бадаев Ф.З., Овчаренко Л.П., Шаповал В.Н. Химия: учебник для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004.
3. Сергиевский В.В., Ананьева Е.А., Звончевская М.Ф., Котыхова О.А., Кучук Ж.С., Рудаков А.М. Химия растворов. М.: МИФИ, 2005.
4. В.В. Сергиевский, Е.А. Ананьева, Т.В. Жукова, М.Ф. Звончевская, Ж.С. Кучук, О.А. Котыхова. Неорганическая химия: учебное пособие для внеаудиторной работы. М.: МИФИ, 2007.
5. Ананьева Е.А., Звончевская М.Ф. Химическая термодинамика, равновесие, кинетика. М.: МИФИ, 2004.
6. Ананьева Е.А., Глаголева М.А., Звончевская М.Ф., Сергиевский В.В. Электрохимия. М.: МИФИ, 2006.
7. Лабораторный практикум по общей химии. Е.А. Ананьева, Н.С. Вагина, А.В. Вальков, М.А. Глаголева, Т.В. Жукова, М.Ф. Звончевская, Ж.С. Кучук, Н.Ю. Безрукова, В.И. Петров, И.В. Сорока, Н.Д. Хмелевская. /Под ред. Е.А. Ананьевой. М.: МИФИ, 1999, 2001.
8. Глинка Н.Л. Общая химия /Под ред. В.А. Рабиновича. Л.: Химия, 1985 – 1989.
9. Сергиевский В.В., Вагина Н.С., Вальков А.В., Несмеянова Г.М. Химия переходных металлов. М.: МИФИ, 1989.
10. Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. А.А. Равделя, А.М. Пономаревой. Л.: Химия, 1983.

периоды	ряды	г р у п п ы										э л е м е н т о в															
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII											
1	1	1,008 H водород												(H)		4,003 He гелий											
2	2	6,941 Li литий		9,012 Be бериллий		10,811 B бор		12,011 C углерод		14,00 N азот		15,99 O кислород		18,99 F фтор		20,18 Ne неон											
3	3	22,99 Na натрий		24,31 Mg магний		26,981 Al алюминий		28,09 Si кремний		30,97 P фосфор		32,06 S сера		35,45 Cl хлор		39,95 Ar аргон											
4	4	39,098 K калий		40,08 Ca кальций		3 Sc скандий		3,4 Ti титан		23,45 V ванадий		23,6 Cr хром		23,46 Mn марганец		23,6 Fe железо		23 Co кобальт		23 Ni никель							
	5	1,23 3d ¹ 4s ¹ Cu медь		2 3d ¹⁰ 4s ² Zn цинк		69,72 Ga галлий		72,59 Ge германий		74,92 As мышьяк		78,96 Se селен		79,91 Br бром								83,80 Kr криптон					
5	6	85,47 Rb рубидий		87,62 Sr стронций		3 4d ¹ 5s ² Y иттрий		4 4d ² 5s ² Zr цирконий		2,3,4,5 4d ⁴ 5s ² Nb ниобий		2,3,4,5,6 4d ⁴ 5s ¹ Mo молибден		2,4,6,7 4d ⁴ 5s ² Tc технеций		2,3,4,6,8 4d ⁴ 5s ¹ Ru рутений		2,3,4,6 4d ⁴ 5s ¹ Rh родий		2,4 4d ¹⁰ 5s ⁰ Pd палладий							
	7	1,3 4d ¹⁰ 5s ¹ Ag серебро		2 4d ¹⁰ 5s ² Cd кадмий		114,82 In индий		118,69 Sn олово		121,75 Sb сурьма		127,60 Te теллур		126,90 I иод								131,30 Xe ксенон					
6	8	132,91 Cs цезий		137,33 Ba барий		3 5d ¹ 6s ² La* лантан		4 5d ² 6s ² Hf гафний		2,3,4,5 5d ³ 6s ² Ta тантал		2,3,4,5,6 5d ³ 6s ¹ W вольфрам		2,3,4,6,7 5d ³ 6s ¹ Re рений		2,4,6,8 5d ³ 6s ² Os осмий		3,4,6 5d ³ 6s ² Ir иридий		2,4,6 5d ³ 6s ¹ Pt платина							
	9	1,3 5d ¹⁰ 6s ¹ Au золото		1,2 5d ¹⁰ 6s ² Hg ртуть		204,37 Tl таллий		207,2 Pb свинец		208,98 Bi висмут		[209] Po полоний		[210] At астат								[222] Rn радон					
7	10	[223] Fr франций		226,03 Ra радий		3 6d ¹ 7s ² Ac** актиний		4 6d ² 7s ² Rf резерфордий		105 6d ³ 7s ² Db дубний		106 6d ⁴ 7s ² Sg сиборгий		107 6d ⁵ 7s ² Bh борий		108 6d ⁶ 7s ² Hs хассий		109 6d ⁷ 7s ² Mt мейтнерий		110 6d ⁸ 7s ² Ds дармштадтий							
* л а н т а н о и д ы																											
140,12 Ce церий		140,91 Pr празеодим		144,24 Nd неодим		[145] Pm прометий		150,35 Sm самарий		151,96 Eu европий		157,25 Gd гадолиний		158,92 Tb тербий		162,50 Dy диспрозий		164,93 Ho гольмий		167,26 Er эрбий		168,93 Tm тулий		173,04 Yb иттербий		174,97 Lu лютеций	
* * а к т и н о и д ы																											
232,04 Th торий		231,03 Pa протактиний		238,03 U уран		237,05 Np нептуний		[244] Pu плутоний		[243] Am амерций		[247] Cm курий		[247] Bk берклий		[251] Cf калifornий		[254] Es эйнштейний		[257] Fm фермий		[257] Md менделевий		[255] (No) нобелий		[256] (Lr) лоуренсий	