

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВПО  
ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени императора Петра I

## **НЕОРГАНИЧЕСКАЯ И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

### **Методические указания и задания для контрольных работ**

Студентам заочного обучения  
Факультеты: агрономии, агрохимии и экологии,  
технологии и товароведения,  
ветеринарной медицины и технологии животноводства

Воронеж

2011

**Методические указания и задания для контрольных работ составлены:** профессором В. В. Котовым, доцентами Л. Ф. Науменко, А. Н. Косиловой, А. К. Решетниковой, Д. Е. Емельяновым, С. В. Ткаченко.

Одобрены и рекомендованы к изданию решением кафедры химии (протокол № 1 от 11.11.2003) и методической комиссии факультета агрохимии, почвоведения и экологии (протокол № 3 от 21.11.2003).

**Рецензент:** профессор, д.х.н. В. Ф. Селеменев (Воронежский государственный университет).

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания и задания для контрольных работ составлены в соответствии с программами курсов “Неорганическая химия” и “Аналитическая химия” по направлениям подготовки бакалавров на факультетах: агрономии, агрохимии и экологии, технологии и товароведения, ветеринарной медицины и технологии животноводства.

В процессе изучения дисциплин студент выполняет контрольные работы в соответствии с учебной программой для данной специальности.

Перед выполнением контрольных работ необходимо ознакомиться с требованиями программы и теоретическим материалом с помощью рекомендованной учебной литературы, а также разобрать примеры, приведенные в настоящих методических указаниях.

При оформлении контрольной работы полностью переписывается условие каждого задания. Ответы на теоретические вопросы записываются кратко, ясно и по существу. При решении задач приводятся ход расчетов, математические преобразования и размерности величин.

Контрольная работа аккуратно оформляется, для замечаний рецензента оставляются широкие поля. В конце работы приводится список используемой литературы, ставится дата. Контрольная работа подписывается студентом и отправляется в агроуниверситет на рецензию.

Если контрольная работа не зачтена, ее необходимо исправить в соответствии с замечаниями рецензента и выслать на повторное рецензирование.

Вариант выполняемых заданий определяется по последним двум цифрам шифра (см. табл. на с. 30). Например, шифру 53 соответствует вариант № 53 (задания 4, 16, 25, 34, 45, 56, 67, 77, 85, 94, 109, 112, 123, 140, 142, 159, 164). При этом контрольная работа № 1 включает задания из раздела “Основы теории”, а контрольная работа № 2 – из разделов “Химия элементов” и “Аналитическая химия”. Если учебным планом предусмотрено выполнение одной контрольной работы, то она включает в себя все задания данного варианта. При возникновении трудностей в ходе выполнения контрольной работы следует обратиться на кафедру химии за консультацией.

Контрольные работы представляются до начала лабораторно-экзаменационной сессии.

## Рекомендуемая литература

### Основная:

1. Хомченко Г. П., Цитович И.К. Неорганическая химия. – М.: Высшая школа, 1987. – 464 с.
2. Князев Д. А., Смарыгин С. Н. Неорганическая химия. – М.: Высшая школа, 1990. – 430 с.
3. Цитович И. К. Курс аналитической химии. – М.: Высшая школа, 1994. – 495 с.
4. Павлов Н. Н. Общая и неорганическая химия. – М.: Дрофа, 2002. – 448 с.
5. Фадеева В. И., Шеховцева Т. Н. Основы аналитической химии. Практическое руководство: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2001. – 463 с.

### Дополнительная:

1. Угай Я. А. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов. 2-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2000. – 527 с.
2. Основы аналитической химии. В 2 кн.. Учебник для вузов / Ю. А. Золотов, Е. Н. Дорохова, В. И. Фадеева и др. Под ред. Ю. А. Золотова. 2-е изд. – М.: Высшая школа, 2002.  
Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения. – 383 с.  
Кн. 2. Методы химического анализа. – 461 с.
3. Основы аналитической химии. Задачи и вопросы: Учебное пособие для вузов / В. И. Фадеева, Ю. А. Барбалат, А. В. Гармаш и др. Под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2002. – 412 с.

# ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

## 1. Основы теории

### 1.1. Основные понятия и законы химии

#### Контрольные задания № 1-10

Сформулируйте основные стехиометрические законы химии. Дайте определения понятий: атом, молекула, относительная атомная и молекулярная масса, моль, молярная масса, молярный объем газа при нормальных условиях (н.у.), число Авогадро.

Сделайте расчеты и заполните для своего задания таблицу 1.

Таблица 1

№ задачи	Формула вещества	Молярная масса ( $M$ ), г/моль	Масса вещества ( $m$ ), г	Количество вещества ( $\nu$ ), моль	Число молекул или формульных единиц ( $N$ )	Объем газа при н.у. ( $V$ ), л
1	NH <sub>3</sub>					2,24
	CuSO <sub>4</sub>			0,2		-
2	SO <sub>2</sub>		6,4			
	NaNO <sub>3</sub>				$6,02 \cdot 10^{21}$	-
3	O <sub>2</sub>					11,2
	KCl			0,3		-
4	H <sub>2</sub> S		68			
	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>				$3,01 \cdot 10^{23}$	-
5	Cl <sub>2</sub>					1,4
	ZnSO <sub>4</sub>			0,5		-
6	CO <sub>2</sub>		11			
	NH <sub>4</sub> Cl				$3,01 \cdot 10^{22}$	-
7	N <sub>2</sub>					1,12
	MnSO <sub>4</sub>			1,5		-
8	H <sub>2</sub>		0,2			
	CaHPO <sub>4</sub>				$6,02 \cdot 10^{22}$	-
9	NO					5,6
	FeSO <sub>4</sub>			0,1		-
10	CO					2,8
	KNO <sub>3</sub>		10,1			-

**Пример.** Произвести расчеты, если известно, что оксид азота (IV) занимает объем 1,12 л (н.у.).

*Ответ:*

1) Молярная масса:

$$M_r(\text{NO}_2) = A_r(\text{N}) + 2 \cdot A_r(\text{O}) = 14 + 2 \cdot 16 = 46 \text{ а.е.м.},$$

$$M(\text{NO}_2) = 46 \text{ г/моль}.$$

2) Количество вещества:

$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{V}{V_m} = \frac{N}{N_A},$$

где  $m$  - масса газа,

$N$  - число молекул,

$V$  - объем, занимаемый газом при н.у. <sup>\*)</sup>,

$M$  - молярная масса,

$N_A$  - число Авогадро,

$V_m$  - молярный объем газа при н.у..

$$\nu = \frac{V}{V_m} = \frac{1,12 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,05 \text{ моль}.$$

3) Масса вещества:

$$m = \nu \cdot M = 0,05 \text{ моль} \cdot 46 \text{ г/моль} = 2,3 \text{ г}.$$

4) Число молекул:

$$N = \nu \cdot N_A = 0,05 \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 0,301 \cdot 10^{23} = 3,01 \cdot 10^{22}.$$

## 1.2. Номенклатура и химические свойства неорганических соединений

### Контрольные задания № 11-20

Для своего задания составьте уравнения химических реакций в соответствии с таблицей 2. Назовите исходные вещества и продукты реакций.

**Пример.** Исходные вещества: BeO и Mg(OH)<sub>2</sub>. Составить уравнения возможных реакций.

*Ответ:*

BeO - амфотерный оксид;

Mg(OH)<sub>2</sub> - малорастворимое основание.

<sup>\*)</sup> н.у. – нормальные условия, т.е. температура 0°C (273 К) и давление 1 атм (101.3 кПа).

Таблица 2

№ задачи	Исходные вещества	Составить уравнения возможных химических реакций с						
		водой	кислотой	щелочью	солью	основным оксидом	кислотным оксидом	амфотерным оксидом
11	CO <sub>2</sub>							
	NaOH							
12	CaO							
	HCl							
13	SO <sub>2</sub>							
	KOH							
14	MgO							
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>							
15	SO <sub>3</sub>							
	Ca(OH) <sub>2</sub>							
16	CuO							
	HNO <sub>3</sub>							
17	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>							
	Ba(OH) <sub>2</sub>							
18	ZnO							
	CuSO <sub>4</sub>							
19	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>							
	K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>							
20	SiO <sub>2</sub>							
	NH <sub>4</sub> Cl							

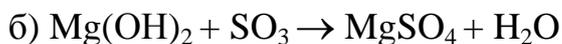
- 1) С водой амфотерные оксиды и основания не взаимодействуют.
- 2) С кислотой:
  - а)  $\text{BeO} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{BeCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
  - б)  $\text{Mg(OH)}_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 3) Со щелочью:
  - а) в растворе:  $\text{BeO} + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Be(OH)}_4]$   
при сплавлении:  $\text{BeO} + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{BeO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
  - б) основания со щелочами не взаимодействуют.
- 4) С солью:
  - а) для оксидов реакции с солями не характерны;
  - б) для малорастворимых оснований реакции с солями не характерны.

5) С основным оксидом:



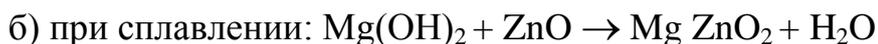
б) основания с основными оксидами не взаимодействуют.

6) С кислотным оксидом:



7) С амфотерным оксидом:

а) амфотерные оксиды с амфотерными оксидами не взаимодействуют;



### 1.3. Химическое равновесие

#### Контрольные задания № 21-30

Приведите определение понятий “обратимая реакция” и “химическое равновесие”. Чем характеризуется состояние равновесия, что такое константа химического равновесия? Какие факторы приводят к смещению химического равновесия? Сформулируйте принцип Ле Шателье.

В соответствии с номером своего задания определите направление смещения равновесия при изменении параметров, указанных в таблице 3. Составьте математическое выражение константы равновесия ( $K_p$ ) реакции.

**Пример.** Для реакции



определить направление смещения равновесия при изменении параметров процесса: а) повышении температуры; б) повышении давления; в) увеличении концентрации хлора  $[\text{Cl}_2]$ . Составить математическое выражение константы равновесия данной реакции.

*Ответ:*

а) В соответствии с принципом Ле Шателье повышение температуры должно способствовать реакции, протекающей с поглощением тепла, т.е. равновесие сместится в направлении эндотермической реакции. В нашем случае эндотермична прямая реакция ( $\Delta H > 0$ ), поэтому равновесие сместится вправо, т.е. в сторону образования  $\text{PCl}_3$  и  $\text{Cl}_2$ .

б) Повышение давления должно ослабляться реакцией, приводящей к уменьшению общего количества вещества газообразных компонентов системы. В нашем случае уменьшением количества вещества газов сопровождается обратная реакция, поэтому равновесие сместится влево, т.е. в сторону образования  $\text{PCl}_5$ .

Таблица 3

№ задачи	Обратимая реакция	Изменение температуры	Изменение давления	Изменение концентрации
21	$4\text{HCl}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} \rightleftharpoons 2\text{Cl}_{2(г)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(г)}$ ; $\Delta H = -116,4 \text{ кДж}$	повышение	понижение	увеличение [HCl]
22	$2\text{SO}_{2(г)} + \text{O}_{2(г)} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{3(ж)}$ ; $\Delta H = -284,2 \text{ кДж}$	понижение	повышение	уменьшение [SO <sub>3</sub> ]
23	$\text{CaCO}_{3(г)} \rightleftharpoons \text{CaO}_{(г)} + \text{CO}_{2(г)}$ ; $\Delta H = 178 \text{ кДж}$	повышение	понижение	увеличение [CO <sub>2</sub> ]
24	$2\text{NO}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(г)}$ ; $\Delta H = -114,5 \text{ кДж}$	понижение	повышение	уменьшение [NO <sub>2</sub> ]
25	$\text{N}_2\text{O}_{4(г)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(г)}$ ; $\Delta H = 58,2 \text{ кДж}$	повышение	понижение	увеличение [N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ]
26	$2\text{H}_{2(г)} + \text{O}_{2(г)} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}_{(г)}$ ; $\Delta H = -483,6 \text{ кДж}$	понижение	повышение	уменьшение [O <sub>2</sub> ]
27	$2\text{H}_2\text{S}_{(г)} \rightleftharpoons 2\text{H}_{2(г)} + \text{S}_{2(г)}$ ; $\Delta H = -41,8 \text{ кДж}$	повышение	понижение	увеличение [H <sub>2</sub> ]
28	$\text{N}_{2(г)} + \text{O}_{2(г)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(г)}$ ; $\Delta H = 180 \text{ кДж}$	понижение	повышение	уменьшение [NO]
29	$\text{CO}_{(г)} + \text{H}_2\text{O}_{(г)} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(г)} + \text{H}_{2(г)}$ ; $\Delta H = 42,7 \text{ кДж}$	повышение	понижение	увеличение [CO]
30	$\text{N}_{2(г)} + 3\text{H}_{2(г)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(г)}$ ; $\Delta H = -389 \text{ кДж}$	понижение	повышение	уменьшение [NH <sub>3</sub> ]

в) Увеличение концентрации продукта прямой реакции Cl<sub>2</sub> приведет к смещению равновесия в направлении обратной реакции, т.е. в сторону образования PCl<sub>5</sub> (влево).

Математическое выражение константы равновесия:

$$K_p = \frac{[\text{PCl}_3] \cdot [\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]}.$$

## 1.4. Растворы

### Контрольные задания № 31-40

Приведите определения понятия “раствор” и способов выражения состава растворов (массовая доля, молярная и моляльная концентрации, молярная концентрация эквивалента<sup>\*)</sup>).

Произведите расчеты в соответствии с номером своего задания в таблице 4.

**Пример.** Дано: 100 мл 3 %-ного раствора  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , плотностью 1,026 г/мл. Произвести расчеты и заполнить пропуски в таблице.

*Ответ.* Вычислим:

1) массу раствора:

$$m_{\text{р-ра}} = \rho \cdot V = 1,026 \text{ г/мл} \cdot 100 \text{ мл} = 102,6 \text{ г}.$$

2) массу растворенного вещества:

$$m_{\text{в}} = m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{\omega_{\text{в}} \cdot m_{\text{р-ра}}}{100\%} = \frac{3\% \cdot 102,6 \text{ г}}{100\%} = 3,078 \text{ г}.$$

3) массу растворителя:

$$L = m_{\text{р-ра}} - m_{\text{в}} = 102,6 - 3,078 = 99,522 \text{ г} \approx 0,0995 \text{ кг}.$$

4) молярную концентрацию:

$$c_{\text{м}} = \frac{m_{\text{в}}}{M_{\text{в}} \cdot V} = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{M(\text{Na}_2\text{SO}_4) \cdot V} = \frac{3,078 \text{ г}}{142 \text{ г/моль} \cdot 0,1 \text{ л}} = 0,22 \text{ моль/л}.$$

5) молярную концентрацию эквивалента:

$$c_{\text{н}} = \frac{m_{\text{в}}}{\mathcal{E}_{\text{в}} \cdot V}, \text{ где } \mathcal{E}_{\text{в}} - \text{молярная масса эквивалента}^{**}) \text{ вещества, г/моль;}$$

$$\mathcal{E}(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{M(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{2} = \frac{142 \text{ г/моль}}{2} = 71 \text{ г/моль},$$

$$c_{\text{н}} = \frac{3,078 \text{ г}}{71 \text{ г/моль} \cdot 0,1 \text{ л}} = 0,44 \text{ моль/л}.$$

б) моляльную концентрацию:

$$c_{\text{м}} = \frac{m_{\text{в}}}{M_{\text{в}} \cdot L}, \text{ где } L - \text{масса растворителя, кг;}$$

$$c_{\text{м}} = \frac{3,078 \text{ г}}{142 \text{ г/моль} \cdot 0,0995 \text{ кг}} = 0,22 \text{ моль/кг}.$$

<sup>\*)</sup> Ранее называлась “нормальная концентрация”.

<sup>\*\*)</sup> Ранее называлась “эквивалентной массой”.

Таблица 4

№ задачи	Растворенное вещество	Масса растворенного вещества ( $m_{в}$ ), г	Масса растворителя ( $L$ ), г	Масса раствора ( $m_{р-ра}$ ), г	Объем раствора ( $V$ ), л	Плотность раствора ( $\rho$ ), г/мл	Массовая доля ( $\omega_{в}$ ), %	Молярная концентрация ( $c_{м}$ ), моль/л	Молярная концентрация эквивалента ( $c_{н}$ ), моль/л	Молярная концентрация ( $c_{м}$ ), моль/кг
31	$K_2CO_3$				0,1	1,090			1,58	
32	$NH_4NO_3$				1,0	1,023	6			
33	$FeCl_3$	85,36				1,067		0,52		
34	$H_2SO_4$				0,5	1,065			2,14	
35	$KOH$			1050		1,050				1,07
36	$ZnSO_4$				0,25	1,040			0,52	
37	$H_3PO_4$			400		1,204	32			
38	$BaCl_2$	41,6				1,034		0,2		
39	$CH_3COOH$				2,0	1,007		1		
40	$Ca(NO_3)_2$		180			1,080				0,68

## 1.5. Электролитическая диссоциация

### Контрольные задания № 41-50

Приведите определения электролита, неэлектролита, электролитической диссоциации. Укажите роль растворителя в процессе электролитической диссоциации. Что такое степень и константа диссоциации, какова взаимосвязь между ними?

Дайте определения кислот, оснований, амфолитов и солей с точки зрения теории электролитической диссоциации.

Для своего задания в соответствии с таблицей 5 составьте уравнения электролитической диссоциации кислоты и основания (назовите их), а также уравнения возможных реакций между ними, приводящих к образованию средних, кислых и основных солей (назовите их). Реакции запишите в молекулярной и ионно-молекулярной (полной и сокращенной) формах.

Таблица 5

№ задачи	Основание	Кислота
41	Mg(OH) <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
42	Ca(OH) <sub>2</sub>	HNO <sub>3</sub>
43	Ba(OH) <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
44	NaOH	H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>
45	LiOH	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
46	Co(OH) <sub>2</sub>	HI
47	NH <sub>4</sub> OH	H <sub>2</sub> S
48	Sr(OH) <sub>2</sub>	HClO <sub>4</sub>
49	Fe(OH) <sub>2</sub>	HCl
50	KOH	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>

**Пример.** Исходные вещества: Cu(OH)<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Составить уравнения возможных реакций с образованием средних, кислых и основных солей.

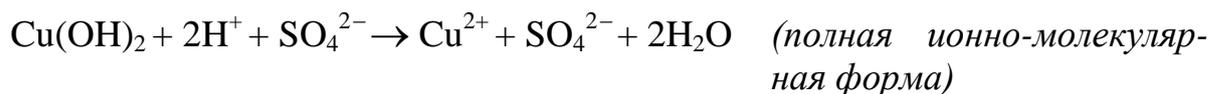
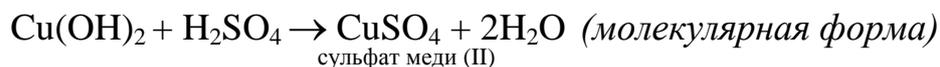
*Ответ:*

Cu(OH)<sub>2</sub> - малорастворимое слабое *двухкислотное* основание;  
H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - сильная *двухосновная* кислота.

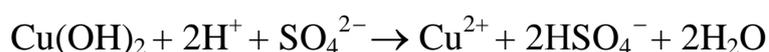
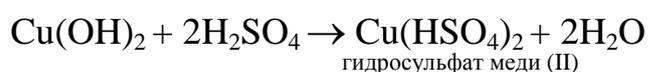
Следовательно, данные кислота и основание диссоциируют в две стадии (ступенчато), образуя по два основных и кислотных остатка:



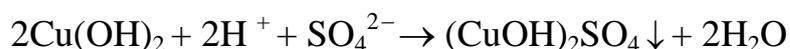
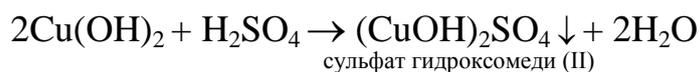
1) Образование средней соли:



2) Образование кислой соли:



3) Образование основной соли:



## 1.6. Ионное произведение воды. Водородный и гидроксильный показатели

### Контрольные задания № 51-60

Дайте определение ионного произведения воды. Чему оно равно? Что такое  $pH$  и  $pOH$  и какова связь между ними? Для своего задания в соответствии с таблицей 6 вычислите  $pH$  раствора.

**Вычисление  $pH$  ведут по следующим формулам:**

1) Для сильной одноосновной кислоты:

$$[\text{H}^+] = c_{\text{кисл}}, \quad \text{где } c_{\text{кисл}} - \text{молярная концентрация кислоты};$$

$$pH = -\lg[\text{H}^+] = -\lg c_{\text{кисл}}.$$

2) Для сильного однокислотного основания:

$$[\text{OH}^-] = c_{\text{осн}}, \quad \text{где } c_{\text{осн}} - \text{молярная концентрация основания};$$

Таблица 6

№ задачи	Кислота или основание	Молярная концентрация, моль/л
51	HCl	$3 \cdot 10^{-2}$
52	NaOH	$5 \cdot 10^{-4}$
53	HNO <sub>3</sub>	$6 \cdot 10^{-3}$
54	NH <sub>4</sub> OH	$8 \cdot 10^{-2}$
55	HCN	$2 \cdot 10^{-4}$
56	KOH	$3 \cdot 10^{-3}$
57	CH <sub>3</sub> COOH	$4 \cdot 10^{-2}$
58	HI	$7 \cdot 10^{-1}$
59	CsOH	$5 \cdot 10^{-3}$
60	HBr	$8 \cdot 10^{-2}$

$$pOH = -\lg[OH^-] = -\lg c_{осн} ,$$

$$pH = 14 - pOH .$$

3) Для слабой одноосновной кислоты:

$$[H^+] = \sqrt{K_{кисл} \cdot c_{кисл}} ,$$

$$pH = -\lg[H^+] = -\frac{1}{2}(\lg K_{кисл} + \lg c_{кисл}) = \frac{1}{2}(pK_{кисл} - \lg c_{кисл}) ,$$

где  $K_{кисл}$  - константа диссоциации слабой кислоты;

$$pK_{кисл} = -\lg K_{кисл} .$$

4) Для слабого однокислотного основания:

$$[OH^-] = \sqrt{K_{осн} \cdot c_{осн}} ,$$

$$pOH = -\lg[OH^-] = -\frac{1}{2}(\lg K_{осн} + \lg c_{осн}) = \frac{1}{2}(pK_{осн} - \lg c_{осн}) ,$$

$$pH = 14 - pOH ,$$

где  $K_{осн}$  - константа диссоциации слабого основания;

$$pK_{осн} = -\lg K_{осн} .$$

## 1.7. Гидролиз солей

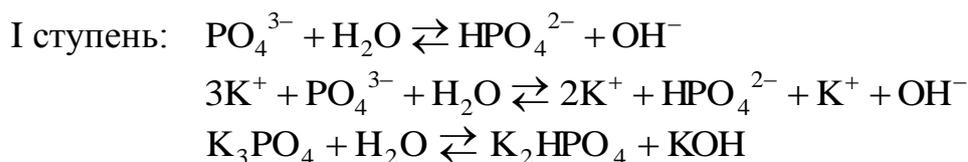
### Контрольные задания № 61-70

В чем сущность реакций гидролиза солей? Какие соли подвергаются гидролизу? Что такое степень и константа гидролиза? Для своего задания в соответствии с таблицей 7 составьте уравнения гидролиза солей в сокращенной, полной ионно-молекулярной и молекулярной формах. Укажите реакцию среды в растворе соли. Напишите выражение для константы гидролиза.

**Пример.** Составить уравнения гидролиза фосфата калия ( $K_3PO_4$ ).

*Ответ:*

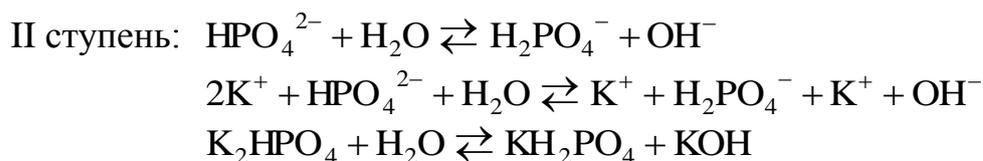
Соль образована сильным основанием (KOH) и слабой кислотой ( $H_3PO_4$ ), поэтому гидролиз идет по аниону. Поскольку анион имеет заряд (-3), то гидролиз протекает по трем ступеням (преимущественно по первой ступени):



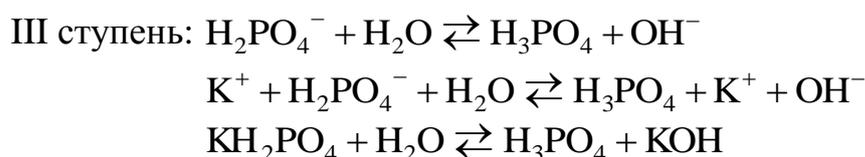
$$K_{г1} = \frac{[HPO_4^{2-}] \cdot [OH^-]}{[PO_4^{3-}]}$$

Таблица 7

№ задания	Исходная соль
61	MnSO <sub>4</sub>
62	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
63	ZnCl <sub>2</sub>
64	KCN
65	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
66	K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>
67	CuCl <sub>2</sub>
68	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
69	FeSO <sub>4</sub>
70	Na <sub>2</sub> S



$$K_{\text{r2}} = \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{HPO}_4^{2-}]}$$



$$K_{\text{r3}} = \frac{[\text{H}_3\text{PO}_4] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$$

где  $K_{\text{r1}}$ ,  $K_{\text{r2}}$ ,  $K_{\text{r3}}$  - константы гидролиза для I, II и III ступеней гидролиза соответственно.

Так как в результате гидролиза накапливаются гидроксид-ионы  $\text{OH}^-$ , реакция среды в растворе  $\text{K}_3\text{PO}_4$  щелочная.

Константа гидролиза соли данного типа может быть вычислена по формуле:

$$K_{\text{r}} = K_w / K_{\text{кисл}},$$

где  $K_w$  - ионное произведение воды ( $K_w \approx 1 \cdot 10^{-14}$ ),

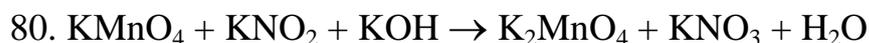
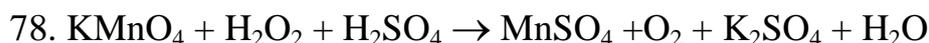
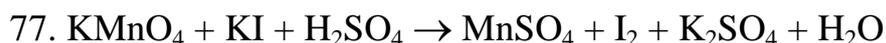
$K_{\text{кисл}}$  - константа диссоциации кислоты по соответствующей ступени.

## 1.8. Окислительно-восстановительные реакции

### Контрольные задания № 71-80

Что называют степенью окисления, окислительно-восстановительной реакцией, окислителем, восстановителем, окислением, восстановлением?

Для своего задания подберите коэффициенты к окислительно-восстановительной реакции, используя метод электронного баланса. Укажите окислитель и восстановитель, процессы окисления и восстановления;



**Пример.** Подберите коэффициенты к окислительно-восстановительной реакции, укажите процессы окисления и восстановления, окислитель и восстановитель:

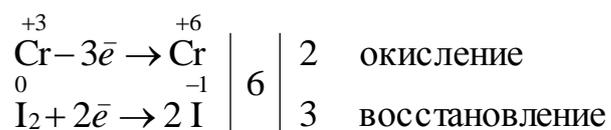


*Ответ:*

Определим степени окисления атомов элементов и отметим те, которые изменяются в ходе реакции:



Составим электронные уравнения:



Расставим коэффициенты:



$\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$  – восстановитель,  $\text{I}_2$  – окислитель.

## 1.9. Комплексные соединения

### Контрольные задания № 81-90

Приведите определение комплексного соединения. Каково значение комплексных соединений для биологических систем?

В соответствии с номером своего задания заполните таблицу 8. Для каждого комплексного соединения запишите уравнения диссоциации (две ступени) и составьте выражение для константы устойчивости комплексного иона.

Таблица 8

№ задачи	Формула комплексного соединения	Название комплексного соединения	Ионы внешней сферы	Внутренняя сфера комплексного соединения	Комплексообразователь	Лиганд	Координационное число
81	$K_3[Fe(CN)_6]$						
			$Cl^-$		$Ag^+$	$H_2O$	2
82	$[Cr(H_2O)_6]Cl_3$						
			$K^+$		$Fe^{2+}$	$F^-$	6
83	$Na_3[PtCl_6]$						
			$SO_4^{2-}$	$[Cu(NH_3)_4]^{2+}$			
84	$[Co(NH_3)_6]SO_4$						
			$Na^+$	$[Co(SCN)_4]^{2-}$			
85	$Na_4[FeF_6]$						
			$NO_3^-$		$Cu^{2+}$	$H_2O$	4
86	$[Ag(NH_3)_2]Cl$						
			$K^+$		$Co^{3+}$	$NO_2^-$	6
87	$K_2[Cu(NO_2)_4]$						
			$SO_4^{2-}$	$[Pt(NH_3)_4]^{2+}$			
88	$Fe_3[Fe(CN)_6]_2$						
			$Cl^-$	$[Cr(NH_3)_6]^{3+}$			
89	$K_2[HgI_4]$						
			$SO_4^{2-}$		$Ni^{2+}$	$NH_3$	6
90	$Fe_4[Fe(CN)_6]_3$						
			$Na^+$	$[SiF_6]^{2-}$			

**Пример.** Дано:  $K_2[Zn(SCN)_4]$ .

*Ответ:*

Название комплексного соединения - тетрацианоцинкат (II) калия, ионы внешней сферы -  $K^+$ , внутренняя сфера комплексного соединения -  $[Zn(SCN)_4]^{2-}$ , комплексообразователь -  $Zn^{2+}$ , лиганд -  $SCN^-$ , координационное число - 4.

Данное комплексное соединение диссоциирует сначала на ионы внешней и внутренней сферы, затем происходит диссоциация внутренней координационной сферы:



Из уравнения диссоциации комплексного иона (вторая ступень) следует выражение для константы устойчивости:

$$K_{\text{уст}} = \frac{[Zn(SCN)_4]^{2-}}{[Zn^{2+}] \cdot [SCN^-]^4}.$$







# АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

## 1. Обработка результатов измерений

### Контрольные задания № 121-130

121. Какими числами – точными или приближенными можно выразить: а) массу вещества; б) плотность раствора; в) объем раствора; г) число опытов; д) среднее значение результатов нескольких параллельно выполненных анализов одного и того же образца; е) валентность элемента; ж) число пробирок в штативе.

122. Чем определяется точность приближенного числа?

Укажите число значащих цифр в следующих приближенных числах: а) 27,205; б) 371,0; в) 0,00849; г)  $1,2 \cdot 10^{-3}$ ; д) 0,04730.

123. Сколько значащих цифр должны содержать величины молярной концентрации эквивалента ( $N$ ) и титра ( $T$ )?

Укажите, какие величины записаны верно: а)  $T = 0,1$  г/мл; б)  $N = 0,08$  моль/л; в)  $T = 0,04070$  г/мл; г)  $N = 0,1000$  моль/л; д)  $T = 0,0309$  г/мл; е)  $N = 0,0075$  моль/л.

124. Как следует записывать результаты взвешивания веществ при помощи технических и аналитических весов?

Какой из приведенных ниже результатов взвешивания следует считать наименее точным: а) 1,03 г; б) 0,05367 г; в) 2,1 г; г) 2,10 г.

125. Как следует округлять числа? Что значит округлить число по правилу “запасной” цифры?

Масса воды, вмещающей мерной колбой объемом 1 л, при 20°C равна 0,99717 кг. Округлите это число до четырех, трех и двух значащих цифр.

126. Сколько значащих цифр должен иметь окончательный результат вычисления?

Выполните действия и округлите результат:

а)  $6,75 + 0,443 + 15,28 =$

б)  $10,1412 - 10,0 =$

в)  $5,1 \cdot 12,00 =$

г)  $1,05 : 97,8 =$

127. С какой точностью следует вычислять среднее арифметическое из нескольких приближенных чисел?

Химик-аналитик, выполнив три параллельных определения, получил данные: 12,0; 12,2; 12,3 % и записал среднее арифметическое значение 12,167 %. Верна ли такая запись?

128. Что называют абсолютной и относительной погрешностью?

Мерная пипетка объемом 25 мл градуирована с погрешностью 0,05 мл. Вычислите относительную погрешность измерения объема этой пипетки.

129. Охарактеризуйте случайные, систематические и грубые ошибки. Какие ошибки можно учесть заранее?

Делению бюретки 15,00 мл соответствует объем 15,05 мл. К какому типу ошибок это относится?

130. Какое минимальное число параллельных измерений следует производить при выполнении химического анализа? Что такое среднее арифметическое?

При определении содержания оксида кальция в карбонате кальция получены следующие значения массовой доли CaO: 55,86; 55,90; 55,82 %. Рассчитайте среднее арифметическое.

## 2. Титриметрический анализ

### 2.1. Основные понятия

#### Контрольные задания № 131-140

131. На чем основан титриметрический анализ? Какой стехиометрический закон химии лежит в основе титриметрического метода? Каким требованиям должны удовлетворять реакции, применяемые в титриметрическом анализе?

Вычислить количество вещества эквивалента  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , если известно, что масса  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  равна 2,295 г. (*Ответ: 0,06194 моль*).

132. Какие растворы называют стандартными и стандартизированными? Какие требования предъявляются к веществам, используемым для приготовления стандартных растворов? Что такое “фиксанал”?

Фиксанал серной кислоты содержал 0,1 моль эквивалента  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Содержимое ампулы перенесено в мерную колбу на 500 мл и разбавлено водой до метки. Определите молярную концентрацию эквивалента и титр полученного раствора. (*Ответ: 0,2 моль/л; 0,009809 г/мл*).

133. Охарактеризуйте основные методы титриметрического анализа и укажите его погрешность.

Какой метод используют для титриметрического определения содержания меди в растворе? Опишите кратко сущность и ход определения, перечислите условия, которые при этом необходимо соблюдать.

134. Охарактеризуйте основные приемы титрования (прямое, обратное, заместительное).

Какой прием титрования применяют для определения содержания кальция и магния в природной воде? Опишите кратко сущность, условия и ход определения.

135. Что называют аликвотой, титрантом, титрованием? Какое количество титранта расходуется при титровании? Какая лабораторная посуда споласкивается раствором титранта?

Какой объем титранта (0,1200 н. раствор  $\text{NaOH}$ ) пойдет на титрование 20,00 мл раствора  $\text{HNO}_3$ , титр которого 0,006720 г/мл? (*Ответ: 17,77 мл*).

136. Что называют точкой эквивалентности (точкой стехиометричности) и как ее устанавливают? Соблюдение каких условий обеспечивает точное ее определение визуальным методом?

Серная кислота оттитрована гидроксидом натрия до слабокислой среды. Правильно ли определена точка эквивалентности (точка стехиометричности)? Если нет, то перетитрован или недотитрован раствор?

137. Что называют кривой титрования и каково ее назначение? Что такое скачок титрования?

Титруют 20,00 мл 0,2 н. раствора HCl 0,2 н. раствором NaOH. Определить  $pH$  раствора в титровальной колбе, когда в нее добавлено 10 мл раствора NaOH.

138. Что называют эквивалентом и молярной массой эквивалента вещества? Как рассчитывается молярная масса эквивалента веществ? Для расчета какой концентрации она используется?

Количество вещества  $CaSO_4$  равно 0,75 моль. Чему равно количество вещества эквивалента  $CaSO_4$ ? (Ответ: 1,5 моль).

139. Что называют титром раствора и титром раствора по определяемому веществу? Какая связь между титром и молярной концентрацией эквивалента? Сколько значащих цифр должны содержать величины титра и молярной концентрации эквивалента?

Молярная концентрация эквивалента  $K_2CO_3$  равна 0,5 моль/л. Вычислите титр раствора  $K_2CO_3$  и его титр по HCl. (Ответ: 0,03455 г/мл; 0,01823 г/мл).

140. Какая химическая посуда используется при выполнении титриметрического анализа и каково ее назначение? Приведите примеры использования титриметрического метода для анализа сельскохозяйственных объектов.

Какую химическую посуду следует использовать для приготовления 250 мл раствора из 1,576 г щавелевой кислоты  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ ? Вычислите титр и молярную концентрацию эквивалента щавелевой кислоты в этом растворе. (Ответ: 0,006304 г/мл; 0,1000 моль/л).

## 2.2. Кислотно-основное титрование (метод нейтрализации)

### Контрольные задания № 141-150

141. Какие процессы лежат в основе кислотно-основного титрования? Какие вещества могут быть определены данным методом?

К 25,00 мл 0,0987 н. HCl прилито 24,50 мл 0,1020 н. NaOH. Какое вещество и в каком количестве находится в избытке в полученном растворе? (Ответ: 0,0315 ммоль NaOH).

142. Что называют ацидиметрией? Чем обусловлена временная жесткость воды и как проводят ее определение?

Определите временную жесткость воды, если на титрование 100,00 мл ее израсходовано 2,60 мл раствора HCl, титр которого 0,004023 г/мл. (Ответ: 2,87 ммоль/л).

143. Какой параметр раствора изменяется в процессе кислотно-основного титрования? Как величину этого параметра рассчитывают для растворов сильных и слабых кислот?

К 20 мл 0,1 н. HCl прилито 20 мл 0,1 н. KOH. Какова реакция среды полученного раствора?

144. Растворы каких веществ следует использовать для установления титра и молярной концентрации эквивалента оснований? Почему?

Рассчитать титр гидроксида бария, молярная концентрация эквивалента которого равна 0,02543 моль/л. (*Ответ: 0,002179 г/мл*).

145. Что представляют собой по химической природе кислотно-основные индикаторы и в чем причина изменения их окраски в зависимости от *pH* среды? Приведите примеры важнейших кислотно-основных индикаторов.

Смешали 25,00 мл 0,1 н. раствора KOH и 2,50 мл 1,00 н. раствора HCl. В какой цвет будет окрашен метиловый оранжевый в полученном растворе?

146. В каких координатах строят кривую кислотно-основного титрования? Какие факторы влияют на величину скачка титрования на кривой кислотно-основного титрования?

В растворе объемом 1 л содержится 2,8640 г KOH. Чему равен титр этого раствора по H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>? (*Ответ: 0,002503 г/мл*).

147. Как правильно выбрать индикатор для кислотно-основного титрования? Что называют областью перехода окраски индикатора, показателем титрования? Приведите значения этих параметров для важнейших кислотно-основных индикаторов.

На титрование 25,00 мл раствора KOH расходуется 28,40 мл 0,1265 н. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Найти молярную концентрацию эквивалента раствора KOH. (*Ответ: 0,1437 моль/л*).

148. Что называют хромофорами и ауксохромами и каково их воздействие на окраску кислотно-основных индикаторов? Приведите примеры хромофоров и ауксохромов.

Сколько граммов H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> содержится в 28,60 мл раствора, титр которого 0,005146 г/мл? (*Ответ: 1,47 г*).

149. Как зависит положение точки эквивалентности и скачка титрования на кривой кислотно-основного титрования от силы электролитов, используемых при титровании?

Титр раствора серной кислоты по гидроксиду калия равен 0,005820 г/мл. Определите T(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). (*Ответ: 0,005087 г/мл*).

150. Укажите основные условия, способствующие как можно более точному установлению точки эквивалентности в методе кислотно-основного титрования.

Титр раствора NaOH равен 0,004336 г/мл. Определите T(NaOH/HCl). (*Ответ: 0,003952 г/мл*).

## 2.3. Комплексонометрическое титрование (хелатометрия)

### Контрольные задания № 151-160

151. Что такое комплексоны? Приведите примеры.

Какой объем раствора, молярная концентрация эквивалента которого 0,05 моль/л, можно приготовить из комплексона III\* массой 2,3265 г? (*Ответ: 0,25 л*).

152. Что такое хелаты? Приведите примеры.

На титрование 20,00 мл раствора, приготовленного из безводного  $\text{MgSO}_4$  массой 1,5250 г в мерной колбе на 100 мл, расходуется 19,55 мл раствора комплексона III. Определите молярную концентрацию эквивалента раствора комплексона III. (*Ответ: 0,05184 моль/л*).

153. На чем основано комплексонометрическое титрование? Какова роль  $pH$  в комплексонометрии?

На титрование 25,00 мл раствора нитрата кальция (молярная концентрация эквивалента  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  равна 0,01059 моль/л) израсходовано 26,47 мл раствора комплексона III. Определите титр раствора комплексона III. (*Ответ: 0,001862 г/мл*).

154. Что такое трилон Б? Какова его роль в хелатометрическом титровании?

Рассчитайте массу трилона Б, необходимого для приготовления раствора, молярная концентрация эквивалента которого 0,1 моль/л и объем 2,5 л. (*Ответ: 46,53 г*).

155. В чем сущность хелатометрического титрования? Какие сельскохозяйственные объекты можно анализировать данным методом?

На титрование 100 мл природной воды потребовалось 9,60 мл раствора трилона Б, имеющего молярную концентрацию эквивалента 0,05 моль/л. Карбонатная жесткость воды равна 3,7 ммоль/л. Вычислите общую и некарбонатную жесткость воды. (*Ответ: 4,8 ммоль/л; 1,1 ммоль/л*).

156. Что такое металл-индикаторы? В каком виде их используют при титровании? Опишите важнейшие металл-индикаторы.

Составьте уравнения реакций, лежащих в основе комплексонометрического определения катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  при совместном присутствии. Укажите индикатор и переход его окраски в точке эквивалентности (точке стехиометричности), а также величину  $pH$ , необходимую для определения указанных катионов.

157. На чем основано фиксирование точки эквивалентности (точки стехиометричности) в хелатометрическом титровании? Какие ионы можно определять методом комплексонометрии?

\* Комплексон III, трилон Б, ЭДТА - натриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты  $\text{Na}_2\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_8\text{N}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ( $M = 372,24$  г/моль).

На титровании 20,00 мл раствора  $MgSO_4$  израсходовано 21,22 мл раствора комплексона III, молярная концентрация эквивалента которого 0,02065 моль/л. Определить концентрацию (в г/л) соли магния в растворе. (Ответ: 1,4062 г/л).

158. Что такое жесткость воды и каковы ее разновидности?

Рассчитайте общую жесткость воды, если на титрование 100 мл ее расходуется 12,00 мл раствора трилона Б, молярная концентрация эквивалента которого 0,07500 моль/л. (Ответ: 9,0 ммоль/л).

159. Какая жесткость воды определяется методом комплексонометрии? Опишите ход ее определения.

Рассчитайте молярную концентрацию эквивалента трилона Б, если на титрование 100 мл природной воды израсходовано 10,86 мл раствора трилона Б и определена общая жесткость воды, равная 5,7 ммоль/л. (Ответ: 0,05249 моль/л).

160. Какими способами можно осуществлять комплексонометрическое титрование? Охарактеризуйте эти способы.

Рассчитайте концентрацию (в г/л) раствора  $CaCl_2$ , если на титрование 20,00 мл его израсходовано 17,26 мл раствора трилона Б, молярная концентрация эквивалента которого 0,06905 моль/л. (Ответ: 3,3068 г/л).

## 2.4. Окислительно-восстановительное титрование (редоксметрия)

### Контрольные задания № 161-170

161. На использовании каких реакций основано окислительно-восстановительное титрование? Какая величина является количественной характеристикой окислительно-восстановительной способности окислителя и восстановителя и как ее рассчитывают?

Какая окислительно-восстановительная пара обладает наиболее сильными окислительными свойствами? Дайте обоснованный ответ.

- а)  $Cl_2/Cl^-$  ( $E^\circ = +1,36$  В),
- б)  $MnO_4^-/Mn^{2+}$  ( $E^\circ = +1,51$  В),
- в)  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  ( $E^\circ = +0,77$  В).

162. Приведите краткую характеристику методов окислительно-восстановительного титрования.

Определите молярные массы эквивалента окислителя и восстановителя, участвующих в следующей реакции:



163. Как величина  $pH$  влияет на окислительные свойства перманганат-иона?

Навеску  $\text{KMnO}_4$  массой 1,8750 г растворили в мерной колбе и довели объем раствора водой до 500 мл. Вычислите молярную концентрацию эквивалента полученного раствора для реакции: а) в кислой среде; б) в щелочной среде. (Ответ: а) 0,1186 моль/л; б) 0,07120 моль/л).

164. На чем основано перманганатометрическое титрование?

Определите массу щавелевой кислоты  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , необходимой для приготовления 500 мл раствора, молярная концентрация эквивалента которого 0,2000 моль/л. (Ответ: 6,3000 г).

165. Какой раствор используют в качестве титранта в перманганатометрии и как его приготавливают?

Определите, какая масса  $\text{KMnO}_4$  требуется для приготовления 500 мл его раствора, молярная концентрация эквивалента которого 0,1000 моль/л (кислая среда). (Ответ: 1,5805 г).

166. Как устанавливают точку эквивалентности (точку стехиометричности) в перманганатометрии?

На титрование 23,00 мл раствора щавелевой кислоты  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , молярная концентрация эквивалента которого 0,1200 моль/л, израсходовано 20,00 мл раствора перманганата калия  $\text{KMnO}_4$ . Определите молярную концентрацию эквивалента и титр раствора  $\text{KMnO}_4$ . (Ответ: 0,1380 моль/л; 0,004362 г/мл).

167. Для определения каких веществ используют перманганатометрическое титрование? Приведите примеры.

На титрование сульфата железа (II) израсходовано 15,00 мл раствора  $\text{KMnO}_4$ , молярная концентрация эквивалента которого 0,05123 моль/л. Определите массу железа в растворе. (Ответ: 0,04291 г).

168. На чем основано иодометрическое титрование? Каковы условия выполнения иодометрического титрования?

Навеска иода массой 1,2620 г растворена в мерной колбе объемом 250 мл. Определите титр и молярную концентрацию эквивалента полученного раствора. (Ответ: 0,005048 г/мл; 0,03978 моль/л).

169. Как устанавливают точку эквивалентности (точку стехиометричности) в иодометрическом титровании?

На титрование иода, выделившегося при взаимодействии иодида калия с 12,50 мл раствора  $\text{KMnO}_4$ , титр которого 0,001544 г/мл, израсходовано 17,05 мл раствора тиосульфата натрия  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Определите молярную концентрацию эквивалента раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . (Ответ: 0,03581 моль/л).

170. Для определения каких веществ используют иодометрическое титрование? Приведите примеры.

К раствору сульфата меди (II) прибавили раствор иодида калия. Выделившийся  $\text{I}_2$  оттитровали 10,85 мл раствора тиосульфата натрия, титр которого 0,01205 г/мл. Определите массу меди в растворе. (Ответ: 0,05255 г).

## Варианты контрольных заданий

Шифр	Номера задач для контрольных работ																
<b>00</b>	1	11	21	31	41	51	61	71	81	91	101	111	121	131	141	151	161
<b>01</b>	2	12	22	32	42	52	62	72	82	92	102	112	122	132	142	152	162
<b>02</b>	3	13	23	33	43	53	63	73	83	93	103	113	123	133	143	153	163
<b>03</b>	4	14	24	34	44	54	64	74	84	94	104	114	124	134	144	154	164
<b>04</b>	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145	155	165
<b>05</b>	6	16	26	36	46	56	66	76	86	96	106	116	126	136	146	156	166
<b>06</b>	7	17	27	37	47	57	67	77	87	97	107	117	127	137	147	157	167
<b>07</b>	8	18	28	38	48	58	68	78	88	98	108	118	128	138	148	158	168
<b>08</b>	9	19	29	39	49	59	69	79	89	99	109	119	129	139	149	159	169
<b>09</b>	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
<b>10</b>	1	12	23	34	45	56	67	78	89	99	102	111	122	133	144	155	166
<b>11</b>	2	13	24	35	46	57	68	79	90	98	103	112	124	136	148	160	162
<b>12</b>	3	14	25	36	47	58	69	80	81	97	104	113	126	139	142	154	168
<b>13</b>	4	15	26	37	48	59	70	71	82	96	105	114	128	132	146	159	164
<b>14</b>	5	16	27	38	49	60	61	72	83	95	106	115	130	135	150	153	170
<b>15</b>	6	17	28	39	50	51	62	73	84	94	107	116	121	138	141	158	165
<b>16</b>	7	18	29	40	41	52	63	74	85	93	108	117	123	131	145	152	161
<b>17</b>	8	19	30	31	42	53	64	75	86	92	109	118	125	134	149	157	167
<b>18</b>	9	20	21	32	43	54	65	76	87	91	110	119	127	137	143	151	163
<b>19</b>	10	11	22	33	44	55	66	77	88	99	101	120	129	140	147	156	169
<b>20</b>	1	13	25	35	46	57	68	79	90	100	103	111	121	133	150	155	161
<b>21</b>	2	14	26	36	47	58	69	80	89	91	104	112	123	136	144	160	162
<b>22</b>	3	15	27	37	48	59	70	71	88	92	105	113	125	139	148	154	163
<b>23</b>	4	16	28	38	49	60	67	72	87	93	106	114	127	132	142	159	164
<b>24</b>	5	17	29	39	50	56	66	73	86	94	107	115	129	135	146	153	165
<b>25</b>	6	18	30	40	49	55	65	74	85	95	108	116	130	138	150	158	166
<b>26</b>	7	19	24	31	48	54	64	75	84	96	109	117	122	131	141	152	167
<b>27</b>	8	20	23	32	47	53	63	76	83	97	110	118	124	134	145	157	168
<b>28</b>	9	11	22	33	46	52	62	77	82	98	101	119	126	137	149	151	169
<b>29</b>	10	12	21	34	45	51	61	78	81	99	102	120	128	140	143	156	170
<b>30</b>	1	14	27	36	45	53	67	71	90	98	104	111	121	132	147	155	166
<b>31</b>	2	15	28	37	46	51	63	74	89	100	105	112	123	135	150	160	162
<b>32</b>	3	16	29	38	47	55	64	72	88	91	106	113	125	138	144	154	168
<b>33</b>	4	17	30	39	48	56	65	73	82	97	107	114	127	133	148	159	164

Шифр	Номера задач для контрольных работ																
34	5	18	26	40	49	57	62	75	81	99	108	115	129	136	142	153	170
35	6	19	25	35	50	58	61	76	83	92	109	116	122	139	146	158	165
36	7	20	21	34	44	59	68	78	87	93	110	117	124	131	159	152	161
37	8	11	22	33	43	60	66	77	84	95	101	118	126	134	141	157	167
38	9	12	23	32	41	54	69	80	85	96	102	119	128	137	145	151	163
39	10	13	24	31	42	55	70	79	86	94	103	120	130	140	147	156	169
40	1	18	24	36	45	54	63	72	81	100	105	111	121	137	144	155	166
41	2	20	25	40	44	53	62	71	90	99	106	112	129	138	148	160	162
42	3	11	26	39	43	52	61	73	89	98	107	113	123	139	142	154	168
43	4	12	27	38	42	51	64	74	88	97	108	114	127	140	146	159	164
44	5	13	28	37	41	60	65	76	87	96	109	115	125	133	150	153	170
45	6	14	29	31	46	59	66	75	86	95	100	116	122	134	141	158	165
46	7	15	30	35	47	58	67	78	85	94	101	117	130	135	145	152	161
47	8	16	21	34	48	57	68	77	84	93	102	118	124	136	149	157	167
48	9	17	22	33	49	56	70	79	83	92	103	119	128	131	143	151	163
49	10	18	23	32	50	55	69	80	82	91	104	120	126	132	147	156	169
50	1	19	28	37	48	59	68	79	84	93	106	115	129	131	150	155	161
51	2	18	27	37	47	58	69	80	83	92	107	114	127	134	144	160	162
52	3	17	26	35	46	57	70	78	84	93	108	113	125	137	148	154	163
53	4	16	25	34	45	56	67	77	85	94	109	112	123	140	142	159	164
54	5	14	24	33	44	55	66	76	86	95	110	111	121	133	146	153	165
55	6	15	23	32	43	54	65	74	87	96	101	120	130	136	143	158	166
56	7	13	22	31	42	53	64	75	88	97	102	119	128	139	141	152	167
57	8	12	21	38	50	52	63	71	89	98	103	118	126	132	145	157	168
58	10	11	30	39	41	51	62	72	90	99	104	117	124	135	149	151	169
59	9	19	29	40	49	60	61	73	81	100	105	116	122	138	147	156	170
60	1	20	23	35	47	52	66	74	88	95	106	111	121	131	147	151	166
61	1	20	25	34	47	52	63	78	89	91	101	119	122	134	150	156	162
62	9	19	24	35	48	53	62	79	88	92	102	112	129	137	144	155	168
63	8	18	23	36	49	54	61	80	87	93	103	118	130	140	148	160	164
64	7	17	22	37	50	55	70	77	86	94	104	113	123	132	146	154	170
65	6	16	21	38	46	51	65	76	85	95	105	117	124	135	143	159	165
66	5	15	26	39	44	56	67	74	84	96	106	114	127	138	141	153	161
67	4	14	27	40	45	57	66	75	83	97	107	116	128	133	145	158	167

Шифр	Номера задач для контрольных работ																
<b>68</b>	3	13	28	31	43	58	69	71	82	98	108	115	125	132	142	152	163
<b>69</b>	2	12	30	32	41	59	68	72	81	99	109	120	126	136	149	157	169
<b>70</b>	1	11	29	33	42	60	64	73	90	100	110	119	121	138	150	155	166
<b>71</b>	5	11	26	33	42	51	69	77	86	95	102	118	123	131	144	160	162
<b>72</b>	6	12	27	34	49	52	70	78	87	96	103	117	125	134	148	154	168
<b>73</b>	7	13	28	35	48	53	61	79	88	97	104	116	127	137	142	159	164
<b>74</b>	8	14	29	36	41	54	62	80	89	98	105	115	129	140	146	153	170
<b>75</b>	9	15	30	37	42	55	63	71	90	99	106	114	122	133	143	158	165
<b>76</b>	10	16	35	38	43	56	64	72	81	100	107	113	124	136	141	152	161
<b>77</b>	4	17	24	39	44	57	65	73	82	91	108	112	126	139	145	157	167
<b>78</b>	3	18	23	40	45	58	66	74	83	92	109	111	128	132	149	151	163
<b>79</b>	2	19	22	31	46	59	67	75	84	93	110	120	130	135	147	156	169
<b>80</b>	1	20	21	32	47	60	68	76	85	94	101	111	121	138	150	151	161
<b>81</b>	7	14	30	39	48	57	68	79	81	99	103	112	129	131	144	156	162
<b>82</b>	8	15	29	31	49	58	69	80	82	100	104	113	123	134	148	155	163
<b>83</b>	9	16	28	32	50	59	70	78	83	91	105	114	127	137	142	160	164
<b>84</b>	10	17	21	33	41	60	61	77	84	92	106	115	125	140	146	154	165
<b>85</b>	1	18	22	34	42	51	62	76	85	93	107	116	122	132	143	159	166
<b>86</b>	2	19	23	35	43	52	63	71	86	94	108	117	130	135	141	153	167
<b>87</b>	3	20	24	36	44	53	64	72	87	95	109	118	124	138	145	158	168
<b>88</b>	4	11	25	37	45	54	65	73	88	96	110	119	128	133	149	152	169
<b>89</b>	5	12	26	38	46	55	66	74	89	97	101	120	126	136	147	157	170
<b>90</b>	6	13	27	40	47	56	67	75	90	98	102	111	129	131	150	151	166
<b>91</b>	8	14	29	31	49	60	61	74	82	93	104	116	127	134	144	156	162
<b>92</b>	9	15	28	32	41	58	62	75	83	94	105	112	125	137	148	155	168
<b>93</b>	10	16	21	33	42	57	63	76	84	95	106	117	123	140	142	160	164
<b>94</b>	1	17	22	34	43	51	64	77	85	96	107	113	121	133	146	154	170
<b>95</b>	2	18	23	35	44	52	65	78	86	97	108	118	130	136	143	159	165
<b>96</b>	3	19	24	36	45	53	66	79	87	98	109	114	128	139	141	153	161
<b>97</b>	4	20	25	37	46	54	67	80	88	99	110	119	126	132	145	158	167
<b>98</b>	5	13	26	38	47	55	69	71	89	100	101	115	124	135	149	152	163
<b>99</b>	6	12	27	39	48	56	70	73	90	92	102	120	122	138	147	157	169

**Растворимость солей, оснований и кислот в воде**

Р – растворимое вещество, М – малорастворимое, Н – практически нерастворимое; черта (–) означает, что вещество не существует или разлагается водой

Анион	Катион																			
	H <sup>+</sup>	Li <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	
Cl <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р
Br <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р
I <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	–	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Н	Р	Р	Р	–
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р	Р	Р	Р	Р
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	–
S <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	–	Р	Р	Р	Н	Н	Н	–	Н	Н	Н	Н	–
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	–	Н	Н	Н	Н	–
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	М	Н	Н	Р	–	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–	–	–	Н	Н	Н	Н	–
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Н	Р	Р	Р	–	–	–	Н	Н	Н	Н	Н	–	Н	–	Н	Н	Н	Н	–
CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	–	Р	Р	Р	М	Н	Н	Н	–	–	Н	–	–	–	–
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Р	Н	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
OH <sup>-</sup>		Р	Р	Р	Р	Н	–	Н	М	М	Р	Н	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н

**Константы диссоциации ( $K_d$ ) некоторых электролитов  
в водных растворах при 25°С**

Электролит	Формула	$K_d$
Азотистая кислота	$\text{HNO}_2$	$4 \cdot 10^{-4}$
Борная кислота	$\text{H}_3\text{BO}_3$	(I) $5,8 \cdot 10^{-10}$
Гидроксид аммония	$\text{NH}_4\text{OH}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Кремневая кислота	$\text{H}_2\text{SiO}_3$	(I) $2,2 \cdot 10^{-10}$ (II) $1,6 \cdot 10^{-12}$
Муравьиная кислота	$\text{HCOOH}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$
Тиоциановодородная кислота	$\text{HSCN}$	$1,4 \cdot 10^{-1}$
Сернистая кислота	$\text{H}_2\text{SO}_3$	(I) $1,6 \cdot 10^{-2}$ (II) $6,3 \cdot 10^{-8}$
Сероводородная кислота	$\text{H}_2\text{S}$	(I) $6 \cdot 10^{-8}$ (II) $1 \cdot 10^{-14}$
Угльная кислота	$\text{H}_2\text{CO}_3$	(I) $4,5 \cdot 10^{-7}$ (II) $4,7 \cdot 10^{-11}$
Уксусная кислота	$\text{CH}_3\text{COOH}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Фосфористая кислота	$\text{H}_3\text{PO}_3$	(I) $1,6 \cdot 10^{-3}$ (II) $6,3 \cdot 10^{-7}$
Фосфорная кислота	$\text{H}_3\text{PO}_4$	(I) $7,1 \cdot 10^{-3}$ (II) $6,3 \cdot 10^{-8}$ (III) $1,3 \cdot 10^{-12}$
Фтороводородная кислота	$\text{HF}$	$6,6 \cdot 10^{-4}$
Хлорноватистая кислота	$\text{HOCl}$	$5,0 \cdot 10^{-8}$
Циановодородная кислота	$\text{HCN}$	$7,9 \cdot 10^{-10}$
Щавелевая кислота	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	(I) $5,4 \cdot 10^{-2}$ (II) $5,5 \cdot 10^{-5}$

**Ряд напряжений металлов**

←	Усиление восстановительной способности																	
Li	Cs	K	Ca	Na	Mg	Al	Mn	Zn	Cr	Fe	Ni	Sn	Pb	H	Cu	Ag	Hg	Au
-3,04	-3,01	-2,92	-2,87	-2,71	-2,37	-1,66	-1,18	-0,76	-0,74	-0,44	-0,25	-0,14	-0,13	-0,00	+0,34	+0,80	+0,85	+1,50
Li <sup>+</sup>	Cs <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Au <sup>3+</sup>
Усиление окислительной способности →																		

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
Рекомендуемая литература .....	4
<b>ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ</b> .....	5
<b>1. Основы теории</b> .....	5
1.1. Основные понятия и законы химии .....	5
1.2. Номенклатура и химические свойства неорганических соединений.....	6
1.3. Химическое равновесие.....	8
1.4. Растворы.....	10
1.5. Электролитическая диссоциация .....	11
1.6. Ионное произведение воды. Водородный и гидроксильный показатели.....	13
1.7. Гидролиз солей.....	14
1.8. Окислительно-восстановительные реакции .....	16
1.9. Комплексные соединения .....	17
<b>2. Химия элементов</b> .....	19
2.1. Металлы .....	19
2.2. Неметаллы.....	20
2.3. Амфотерные элементы .....	21
<b>АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ</b> .....	22
<b>1. Обработка результатов измерений</b> .....	22
<b>2. Титриметрический анализ</b> .....	24
2.1. Основные понятия.....	24
2.2. Кислотно-основное титрование (метод нейтрализации) .....	25
2.3. Комплексонометрическое титрование (хелатометрия).....	27
2.4. Окислительно-восстановительное титрование (редоксметрия) .....	28
<b>Варианты контрольных заданий</b> .....	30
<b>Приложение 1</b> .....	33
<b>Приложение 2</b> .....	34
<b>Приложение 3</b> .....	35

# **НЕОРГАНИЧЕСКАЯ И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

## **Методические указания и задания для контрольных работ**

**Студентам заочного обучения по специальностям:**

310200 - “Агрономия”, 310100 - “Агрохимия и агропочвоведение”,  
320400 - “Агроэкология”, 310800 - “Ветеринария”, 310700 - “Зоотехния”,  
311200 - “Технология производства и переработки сельскохозяйственной про-  
дукции”

Электронный оригинал-макет подготовлен С. В. Ткаченко

Подписано в печать г. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub> .  
Бумага кн.-журн. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.  
П. л. . Тираж экз.

Заказ №

Воронежский государственный аграрный университет  
имени К. Д. Глинки  
Типография ВГАУ  
394087, Воронеж, ул. Мичурина, 1.