

2828

A

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ (МАНТИ)»

Мартынова Т.В.

**ПРАКТИКУМ ПО НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

Одобрено методической комиссией  
по общеобразовательным дисциплинам

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА  
УНИВЕРСИТЕТ МАШИНОСТРОЕНИЯ  
УЧЕБНЫЙ ФОНД

сб. химии

Москва  
2013

145

546 (075)

УДК 54(075)  
ББК 24

Разработано в соответствии с требованиями ФГОС ВПО для студентов обучающихся по направлению 280700 Техносферная безопасность и 261400 Технологии художественной обработки материалов

Рецензенты: **И.Г. Горичев** – д.х.н., профессор кафедры общей и аналитической химии МПГУ;  
**И.В. Артамонова** – к.х.н., доцент, заведующая кафедрой «Химия металлов» Университета машиностроения.

**Т.В. Мартынова**

**Практикум по неорганической химии: практикум** / Т.В. Мартынова. – М.: Университет машиностроения, 2013. – 60 с.

В настоящем практикуме приведены методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Неорганическая химия». Каждая работа содержит описание экспериментальной работы, контрольные вопросы, а также 15 вариантов заданий для индивидуальной работы студентов по каждой теме и тестовые задания для самоконтроля с ключами для проверки правильности ответов. Указанные задания могут быть использованы в качестве домашних или для контроля знаний перед лабораторной работой на занятиях. Задания всех вариантов составлены относительно. Практикум содержит необходимые таблицы и справочный материал.

УДК 54(075)  
ББК 24

© Т.В. Мартынова, 2013  
© Университет машиностроения, 2013

**Введение**

Уважаемые студенты!

Данный лабораторный практикум является составной частью учебного комплекса по неорганической химии.

В практикум входят лабораторные работы по основным разделам неорганической химии: металлы s-, p-, d-семейств, неметаллы III-VIIA групп.

Подготовка к лабораторным занятиям предполагает изучение студентом теоретического материала по учебнику и конспекту лекций, письменные ответы на контрольные вопросы, содержащиеся в практикуме, выполнение индивидуального задания своего варианта, написание конспекта лабораторной работы, в котором приводятся:

- 1) перечень необходимых реактивов, посуды, вспомогательных материалов, измерительных приборов;
- 2) рисунок и описание опытной установки;
- 3) план эксперимента;
- 4) уравнения реакций;
- 5) таблица для записи результатов наблюдений.

Полноту и уровень усвоения материала студент может оценить самостоятельно, ответив на тестовые задания, к которым даны ключи ответов.

Желаю вам успехов в работе!

## ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

1. При всех работах соблюдать максимальную осторожность, помня, что неаккуратность, невнимательность, недостаточное знакомство с приборами и свойствами используемых веществ могут повлечь за собой несчастный случай.
2. Не пробовать на вкус вещества в лаборатории, нюхать вещества в лаборатории с осторожностью, не вдыхая полной грудью, а направляя к себе пары или газ движением руки.
3. Не выпаривать на рабочих столах вещества, образующие вредные газы, например, летучие кислоты, аммиачные жидкости, жидкости, содержащие сероводород, хлор и т.д.
4. Все пролитое и разбитое либо просыпанное на столах, мебели или на полу тотчас убирать.
5. Не проводить никаких опытов в нечистой посуде. Посуду, мыть сейчас же после опыта.
6. Следить за чистотой реактивов: избыток взятого реактива не выливать обратно в ту же склянку, не путать пробки от различных склянок; сухие реактивы брать только чистыми и сухими шпателями или лопаточками.
7. В помещениях при работе соблюдать чистоту. Следить, чтобы на рабочих столах и вокруг работающих не было ничего лишнего. Не загромождать столы склянками, реактивами и другими предметами, не нужными в данный момент для работы.
8. Не оставаться в лаборатории одному при проведении работ, связанных с возможностью пожара, взрыва и т.п. Работа в одиночку может допускаться только при отсутствии таких опасностей и с особого разрешения преподавателя кафедры.
9. Уходя из лаборатории, не оставлять включенных нагревательных приборов, работающих вытяжных шкафов, зажженных спиртовок.
10. В случае перерыва действия вентиляции все работы в вытяжных шкафах, связанные с выделением вредных веществ, газов, паров, немедленно прекратить.

## Работа №1 Металлы s-семейств

### Контрольные вопросы

1. Каковы особенности металлической связи. Какие физические свойства металлов ею обусловлены?
2. Напишите электронные формулы атомов элементов главных подгрупп I и II групп. Как изменяются радиусы атомов, потенциалы ионизации, химическая активность простых веществ от лития к цезию и от бериллия к барию?
3. Охарактеризуйте отношение щелочных металлов к кислороду, водороду.
4. Охарактеризуйте отношение щелочных металлов к воде, кислотам.
5. Объясните, как и почему изменяется сила гидроксидов от лития к цезию.
6. Охарактеризуйте кислотно-основные свойства оксидов и гидроксидов бериллия и магния. Напишите уравнения получения гидроксидов этих металлов.
7. Как можно получить гидроксиды щелочноземельных металлов? Напишите уравнения соответствующих реакций. Как изменяется растворимость и сила гидроксидов щелочноземельных металлов от кальция к барию?
8. Охарактеризуйте физические и химические свойства солей щелочных и щелочноземельных металлов (растворимость, гидролиз).
9. Какие ионы сообщают воде жесткость? Как ее можно устранить? Напишите уравнения соответствующих реакций.

### Задания для самостоятельной работы

#### Вариант 1.

- 1) Допишите уравнения реакций, протекающих до конца:  
 $K_2S + HCl \rightarrow$ ,  $KOH + CaCl_2 \rightarrow$ ,  $NaCl + K_2SO_4 \rightarrow$ .
- 2) Допишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты:  
 $Na_2O_2 + Fe(OH)_2 + H_2O \rightarrow$ ...
- 3) Сколько г соды потребуется для устранения жесткости 10 л воды, насыщенной сульфатом кальция при 20°C, если растворимость последнего равна 2 г на литр?

#### Вариант 2.

- 1) Допишите уравнения реакций, протекающих до конца:  
 $NaCl + H_2SO_4 \rightarrow$ ,  $K_2CO_3 + H_2SO_4 \rightarrow$ ,  $Ba(OH)_2 + HNO_3 \rightarrow$ .
- 2) Допишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты:  
 $Na_2O_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$ ...



3) Какой объем 1 М раствора гидроксида натрия потребуется для перевода в тетрагидроксобериллат натрия хлорида бериллия, содержащегося в 200 г 5%-ного раствора?

**Вариант 3.**

1) Допisać уравнения реакций, протекающих до конца:  
 $\text{KCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ,  $\text{Rb}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ,  $\text{NaOH} + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow$ .

2) Допишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты:  
 $\text{NaNH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$

3) Какой объем водорода, измеренного при (н.у.), выделится при действии на 1 г сплава, содержащего 40% калия и 60% кальция?

**Вариант 4.**

1) Допisać уравнения реакций, протекающих до конца:

$\text{AlCl}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ,  $\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ,  $\text{KOH} + \text{CaCl}_2 \rightarrow$ .

2) Допишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты:  
 $\text{K}_2\text{O}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$

3) Какой объем углекислого газа необходимо для получения 1 кг гидрокарбоната натрия из гидроксида натрия, если практический выход составляет 83%?

**Вариант 5.**

1) Допisać уравнения реакций, протекающих до конца:

$\text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ,  $\text{KHS} + \text{KOH} \rightarrow$ ,  $\text{KOH} + \text{BeCl}_2 \rightarrow$ .

2) Допишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты:  
 $\text{NaNH}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \dots$

3) Определите нормальность 80%-ного раствора KOH, если плотность его равна 1,065 г/см.

**Вариант 6.**

1) Допisać уравнения реакций, протекающих до конца:

$\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ,  $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ,  $\text{NaOH} + \text{Ca}(\text{HSO}_3)_2 \rightarrow$ .

2) Допишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты:  
 $\text{Na} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) \rightarrow \dots$

3) При взаимодействии 1 г амальгамы натрия с водой выделилось 200 мл водорода, измеренного при (н.у.). Каков процентный состав амальгамы?

**Вариант 7.**

1) Допisać уравнения реакций, протекающих до конца:

$\text{SrCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ,  $\text{Cs}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ,  $\text{KOH} + \text{AlCl}_3 \rightarrow$ .

2) Допишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты:  
 $\text{Mg} + \text{CO}_2 \rightarrow \dots$

3) Какой объем 40%-ного раствора NaOH с плотностью равной 1,437 г/мл и воды потребуется для приготовления 3 л 12%-ного раствора с плотностью 1,137 г/мл?

**Вариант 8.**

1) Допisać уравнения реакций, протекающих до конца:

$\text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ,  $\text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ ,  $\text{KOH} + \text{Be}(\text{OH})_2 \rightarrow$ .

2) Допишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты:  
 $\text{KN} + \text{O}_2 \rightarrow \dots$

3) Определите молярность 60%-ного раствора NaOH, имеющего плотность 1,643 г/мл.

**Вариант 9.**

1) Допisać уравнения реакций, протекающих до конца:

$\text{Na}_2\text{S} + \text{HCl} \rightarrow$ ,  $\text{LiOH} + \text{Be}(\text{OH})_2 \rightarrow$ ,  $\text{NaCl} + \text{MgSO}_4 \rightarrow$ .

2) Допишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты:  
 $\text{K}_2\text{O}_2 + \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$

3) При взаимодействии 3 г амальгамы натрия с водой был получен раствор щелочи, для нейтрализации которого израсходовано 150 мл 0,1 н раствора соляной кислоты. Определите массовую долю натрия в амальгаме.

**Вариант 10.**

1) Допisać уравнения реакций, протекающих до конца:

$\text{CaSO}_4 + \text{HCl} \rightarrow$ ,  $\text{KOH} + \text{BeCl}_2 \rightarrow$ ,  $\text{NaOH} + \text{K}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ .

2) Допишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты:  
 $\text{Mg} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$

3) Определите молярную массу эквивалента щелочноземельного металла, если 0,3425 г его образуют с хлором 0,52 г хлорида. Какой металл был взят для опыта?

**Вариант 11.**

1) Допisać уравнения реакций, протекающих до конца:

$\text{K}_2\text{S} + \text{HBr} \rightarrow$ ,  $\text{LiOH} + \text{BaCl}_2 \rightarrow$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaSO}_4 \rightarrow$ .

2) Допишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты:  
 $\text{Na} + \text{HNO}_3(\text{оч. разб.}) \rightarrow \dots$

3) Определите массу 15%-ного раствора карбоната натрия необходимого для полного осаждения карбоната бария из 400 г 10%-ного раствора хлорида бария.

**Вариант 12.**

1) Допisać уравнения реакций, протекающих до конца:

$\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{HCl} \rightarrow$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow$ ,  $\text{BaCl}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ .

2) Допишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты:  
 $\text{Na} + \text{HNO}_3(\text{конц.}) \rightarrow \dots$

3) Определите нормальность раствора KI, если 200 мл его реагируют в кислой среде с 240 мл 0,05 н раствора  $\text{KMnO}_4$ . Рассчитайте массы реагирующих солей.

**Вариант 13.**

1) Допisać уравнения реакций, протекающих до конца:

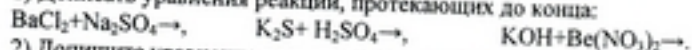
$\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{LiCl} \rightarrow$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ .

2) Допишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты:  
 $\text{Li} + \text{HNO}_3(\text{конц.}) \rightarrow \dots$

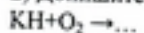
3) Плотность 14%-ного раствора  $\text{KNO}_3$  равна  $1,090 \text{ г/см}^3$ .  
Рассчитайте молярную концентрацию раствора.

#### Вариант 14.

1) Допишите уравнения реакций, протекающих до конца:



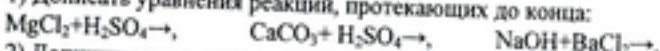
2) Допишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты:



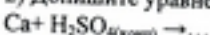
3) При  $25^\circ\text{C}$  растворимость хлорида натрия составляет  $36,0 \text{ г}$  в  $100 \text{ г}$  воды. Выразите в процентах состав насыщенного раствора.

#### Вариант 15.

1) Допишите уравнения реакций, протекающих до конца:



2) Допишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты:



3) Плотность  $11 \text{ М}$  раствора гидроксида натрия равна  $1,357 \text{ г/см}^3$ .  
Какова массовая доля соли в растворе и концентрация раствора в  $\text{г/л}$ ?

### Лабораторная работа №1

#### Химические свойства металлов s-семейств

**Цель работы:** изучить общие химические свойства s-металлов, их способность взаимодействовать с кислородом, водой, растворами кислот; кислотно-основной и окислительно-восстановительный характер их соединений.

**Техника безопасности:** опыты 1, 2 проводятся за стеклом вытяжного шкафа и в присутствии преподавателя.

**Приборы и реактивы:** кристаллизатор с водой, тигельные щипцы, металлическая ложечка для сжигания веществ, пинцет, скальпель, стеклянная палочка, фильтровальная бумага, универсальная индикаторная бумага.

Металлический натрий, кальций, магний, хлорид аммония (сух.).

Растворы:  $2 \text{ н}$   $\text{HCl}$ ;  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_4]$ , водный раствор лакмуса, фенолфталеин.

#### Опыт 1. Взаимодействие лития и натрия с кислородом воздуха.

а) Кусочек металлического лития положите в ложечку для сжигания веществ и внесите в пламя горелки. Наблюдайте плавление и горение лития, отметьте цвет пламени. Продукт реакции растворите в воде и добавьте туда фенолфталеин. Индикатором на какой класс соединений является фенолфталеин? Сделайте вывод о химическом характере полученного соединения.

б) Выньте пинцетом из банки с керосином кусок металлического натрия, отрежьте скальпелем кусочек величиной с горошину, хорошо осушите его фильтровальной бумагой. Что можно сказать о твердости

этого металла? Обратите внимание на блеск свежесформированной поверхности натрия. Понаблюдайте, что произойдет с поверхностью за несколько минут. Напишите уравнение реакции, учитывая образование в результате окисления пероксида натрия.

#### Опыт 2. Взаимодействие натрия и магния с водой.

а) Кусочек натрия величиной с горошину опустите в кристаллизатор с водой, предварительно добавив туда фенолфталеин. Что наблюдаете? Какой газ выделяется? Напишите уравнения реакции.

б) В 2 пробирки, содержащие по  $1 \text{ мл}$  дистиллированной воды, опустите по кусочку магния. Что наблюдаете? Идет ли реакция при комнатной температуре? Добавьте в одну из пробирок несколько кристалликов хлорида аммония, а другую пробирку нагрейте на пламени горелки, добавьте фенолфталеин. Напишите уравнения происходящих реакций.

#### Опыт 3. Взаимодействие магния с кислотой-неокислителем.

В пробирку с раствором соляной кислоты ( $1:1$ ) опустите небольшой кусочек магния. Что наблюдаете? Напишите уравнение соответствующей реакции.

#### Опыт 4. Гидролиз солей щелочных металлов.

Растворы хлорида натрия, сульфида натрия, карбоната натрия испытайте индикатором (лакмусом или универсальным индикатором). Отметьте изменение цвета индикатора. Какие из испытанных солей подвергаются гидролизу? Напишите уравнения гидролиза солей по первой ступени.

#### Опыт 5. Качественная реакция на ионы $\text{Na}^+$ .

К  $10$  каплям раствора хлорида натрия добавьте столько же раствора гексагидроксоантимоната(V) калия  $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ . Образуется пересыщенный раствор малорастворимой соли, которая не сразу выпадает в осадок, поэтому осторожно потрите внутри стенку пробирки стеклянной палочкой. Отметьте цвет и характер, выпадающего осадка. Напишите уравнение соответствующей реакции обмена.

#### Опыт 6. Качественная реакция на ионы $\text{Ba}^{2+}$ .

В две пробирки налейте по  $5$  капель хлорида бария. В одну пробирку добавьте раствор серной кислоты, в другую – раствор сульфата натрия. Объясните полученные результаты. Составьте уравнения реакций.

#### Тестовые задания для самоконтроля

1. Определите тип гибридизации в молекуле хлорида магния.

1)  $\text{sp}$ ,

2)  $\text{sp}^2$ ,

3)  $\text{sp}^3$ .

2. Определите сумму стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции:  $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ .



- 1)4,
- 2)5,
- 3)7.

3. Определите сумму стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции:  $\text{Be} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб}) \rightarrow \dots$

- 1)4,
- 2)5,
- 3)7.

Какое вещество надо добавить к осадку  $\text{BaCO}_3$ , чтобы растворить

воду,

- 1) азотную кислоту,
- 2) концентрированный раствор гидроксида натрия.
3. Определите область значения pH для раствора нитрита калия.
- 1)  $\text{pH} > 7$ ,
- 2)  $\text{pH} = 7$ ,
- 3)  $\text{pH} < 7$ .

6. Что наблюдается при взаимодействии гидроксида лития с водой?

- 1) выпадение белого осадка,
- 2) выделение бесцветного газа и переход осадка в раствор,
- 3) выделение бесцветного газа.

Какая из реакций между предложенными веществами не идет до

конца?

1)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \dots$

2)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \dots$

3)  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \dots$

какой ион входит в состав пероксида цезия.

4)  $\text{Cs}^{2+}$

5)  $\text{Cs}^{+}$

6)  $\text{Cs}^{2-}$

7)  $\text{Cs}^{-}$

8)  $\text{Cs}^{3+}$

9)  $\text{Cs}^{3-}$

10)  $\text{Cs}^{4+}$

11)  $\text{Cs}^{4-}$

12)  $\text{Cs}^{5+}$

13)  $\text{Cs}^{5-}$

14)  $\text{Cs}^{6+}$

15)  $\text{Cs}^{6-}$

16)  $\text{Cs}^{7+}$

17)  $\text{Cs}^{7-}$

18)  $\text{Cs}^{8+}$

19)  $\text{Cs}^{8-}$

20)  $\text{Cs}^{9+}$

21)  $\text{Cs}^{9-}$

22)  $\text{Cs}^{10+}$

23)  $\text{Cs}^{10-}$

24)  $\text{Cs}^{11+}$

25)  $\text{Cs}^{11-}$

какой газ выделяется при действии воды на гидрид

1)  $\text{H}_2$

2)  $\text{O}_2$

3)  $\text{CO}_2$

4)  $\text{H}_2\text{O}$

5)  $\text{H}_2\text{O}_2$

6)  $\text{H}_2\text{O}_3$

7)  $\text{H}_2\text{O}_4$

8)  $\text{H}_2\text{O}_5$

9)  $\text{H}_2\text{O}_6$

10)  $\text{H}_2\text{O}_7$

11)  $\text{H}_2\text{O}_8$

12)  $\text{H}_2\text{O}_9$

13)  $\text{H}_2\text{O}_{10}$

14)  $\text{H}_2\text{O}_{11}$

15)  $\text{H}_2\text{O}_{12}$

16)  $\text{H}_2\text{O}_{13}$

Сколько к тестовым заданиям

3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	1	2	2	1	1	3

## Работа №2

### Металлы p-семейств

#### Контрольные вопросы

1. Напишите электронные формулы атомов алюминия, олова, свинца.
2. Охарактеризуйте отношение алюминия, олова, свинца к кислороду и воде.
3. Приведите уравнения реакций взаимодействия алюминия, олова, свинца с  $\text{NaOH}$ .
4. Приведите уравнения реакций взаимодействия алюминия, олова, свинца с разбавленными растворами  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ .
5. Приведите уравнения реакций взаимодействия алюминия, олова, свинца с концентрированными растворами  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ .
6. Опишите кислотно-основные свойства оксида и гидроксида алюминия.
7. Опишите свойства оксидов и гидроксидов олова и свинца в степенях окисления +2 и +4.
8. Приведите уравнения реакций, характеризующие окислительно-восстановительные свойства соединений олова и свинца в степенях окисления +2 и +4.
9. Как протекает гидролиз солей алюминия, образованных различными по силе кислотами? Приведите уравнения соответствующих реакций в молекулярной и ионной форме.

#### Задания для самостоятельной работы

##### Вариант 1.

- 1) При растворении в соляной кислоте сплава магния с алюминием массой 10 г выделился водород объемом 9,65 л (н.у.). Определить массовые доли металлов в сплаве.
- 2) Приведите молекулярные и ионные уравнения гидролиза солей: сульфид алюминия, сульфит лития, нитрат свинца (II).
- 3) Рассчитайте стандартную энтропию нитрата свинца, если значение стандартной энтропии реакции  $2\text{PbO}_{(s)} + 4\text{NO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} = 2\text{Pb}(\text{NO}_3)_{2(s)}$  составляет -871 Дж/К.

##### Вариант 2.

- 1) Для производства 1 т чистого алюминия требуется 2 т глинозема ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Вычислите выход алюминия в процентах.
- 2) Приведите молекулярные и ионные уравнения гидролиза солей: нитрат алюминия, хлорид олова (II), сульфит алюминия.

3) Вычислите стандартную энергию Гиббса для реакции  $\text{PbO}_{(s)} + \text{H}_{2(g)} \rightarrow \text{Pb}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)}$ . Определите температуру, выше которой процесс идет самопроизвольно.

#### Вариант 3.

1) ПР иодида свинца(II) при 25°C равна  $8,7 \cdot 10^{-9}$ . Вычислите растворимость этой соли в молях на литр.

2) Приведите молекулярные и ионные уравнения гидролиза солей: хлорид алюминия, карбонат калия, карбонат алюминия.

3) Вычислите стандартную энергию Гиббса для реакции  $\text{PbO}_{(s)} + \text{C}_{(s)} \rightarrow \text{Pb}_{(s)} + \text{CO}_{(g)}$ . Определите температуру, выше которой процесс идет самопроизвольно.

#### Вариант 4.

1) Рассчитайте массу хлорида алюминия и объем воды, необходимый для приготовления 200 г 15%-ного раствора.

2) Какая из солей подвержена гидролизу в большей степени:  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  или  $\text{Sn}(\text{NO}_3)_2$ ? Ответ поясните.

3) Рассчитайте энергию Гиббса реакции  $\text{PbS}_{(s)} + 3\text{O}_{2(g)} = 2\text{PbO}_{(s)} + 2\text{SO}_{2(g)}$  при 298 К. Определите температуру, выше которой данная реакция идет самопроизвольно.

#### Вариант 5.

1) При взаимодействии алюминия с раствором щелочи выделилось 438 мл водорода. Сколько алюминия было взято, если потери водорода составили 10%?

2) Какая из солей подвержена гидролизу в большей степени:  $\text{SnCl}_4$  или  $\text{SnCl}_2$ ? Ответ поясните.

3) Вычислите стандартную энергию Гиббса для реакции, протекающей по схеме:  $\text{PbO}_{(s)} + \text{Al}_{(s)} \rightarrow \text{Pb}_{(s)} + \text{Al}_2\text{O}_{3(s)}$ . Определите температуру, выше которой процесс идет самопроизвольно.

#### Вариант 6.

1) Определите молярную концентрацию раствора, в 400 мл которого содержится 16 г нитрата алюминия.

2) Приведите молекулярные и ионные уравнения гидролиза солей: сульфат калия, сульфат алюминия, силикат алюминия.

3) Рассчитайте стандартную энтальпию реакции  $3\text{NiO}_{(s)} + 2\text{Al}_{(s)} = 3\text{Ni}_{(s)} + \text{Al}_2\text{O}_{3(s)}$ . Укажите, экзо- или эндотермической является данная реакция.

#### Вариант 7.

1) Допишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты:



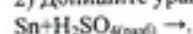
2) Приведите молекулярные и ионные уравнения гидролиза солей: нитрат свинца (II), сульфит алюминия, ацетат свинца (II).

3) Определите, может ли протекать реакция  $3\text{MgO}_{(s)} + 2\text{Al}_{(s)} = 3\text{Mg}_{(s)} + \text{Al}_2\text{O}_{3(s)}$  при 298 К, 500 К.

#### Вариант 8.

1) Сколько г алюминия потребуется для получения из кислоты такого же количества водорода, сколько его получается при взаимодействии 1 моля магния?

2) Допишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты:



3) Вычислите стандартную энергию Гиббса для реакции  $\text{SnO}_{2(s)} + \text{C}_{(s)} \rightarrow \text{Sn}_{(s)} + \text{CO}_{(g)}$ . Определите температуру, выше которой процесс идет самопроизвольно.

#### Вариант 9.

1) Допишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты:



2) Приведите молекулярные и ионные уравнения гидролиза солей: хлорид кальция, хлорид олова(II), хлорид алюминия.

3) Вычислите стандартную энергию Гиббса для реакции  $\text{SnO}_{2(s)} + \text{H}_{2(g)} \rightarrow \text{Sn}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)}$ . Определите температуру, выше которой процесс идет самопроизвольно.

#### Вариант 10.

1) Допишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты:  $\text{Pb} + \text{HNO}_{3(\text{раз})} \rightarrow$

2) Плотность 15%-ного раствора нитрата алюминия равна 1,10 г/см<sup>3</sup>. Рассчитайте молярную и нормальную концентрацию этого раствора.

3) Вычислите стандартную энергию Гиббса для реакции  $\text{SnO}_{2(s)} + \text{Al}_{(s)} \rightarrow \text{Sn}_{(s)} + \text{Al}_2\text{O}_{3(s)}$ . Определите температуру, выше которой процесс идет самопроизвольно.

#### Вариант 11.

1) Определите массу образца олова, выдержанного в растворе, содержащем 2 г  $\text{CuSO}_4$ , если вся медь из раствора выделилась на олове, а исходная масса образца составляла 5 г.

2) Приведите молекулярные и ионные уравнения гидролиза солей: сульфид алюминия, сульфат олова(II), ацетат свинца(II).

3) Определите, будет ли протекать самопроизвольно реакция  $\text{SnO}_{2(s)} + \text{CO}_{(g)} = \text{Sn}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$  при стандартных условиях и температуре 700 К.

#### Вариант 12.

1) Допишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты:



2) Какой объем водорода получится при действии воды на 100 г сплава, содержащего 30% натрия и 70% свинца?

3) Определите, будет ли протекать самопроизвольно реакция  $\text{Al}_{(s)} + \text{CaO}_{(s)} = \text{Ca}_{(s)} + \text{Al}_2\text{O}_{3(s)}$  при стандартных условиях и температуре 1200 К.

#### Вариант 13.

1) Какой объем водорода выделится при действии на соляную кислоту сплава, содержащего 4,6 г алюминия и 3,9 г магния?

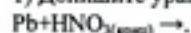


2) Приведите молекулярные и ионные уравнения гидролиза солей: сульфат лития, хлорид алюминия, сульфид алюминия.

3) Определите, будет ли протекать самопроизвольно реакция  $Al_{(s)} + ZnO_{(s)} \rightarrow Zn_{(s)} + Al_2O_{3(s)}$  при стандартных условиях и температуре 1500 K.

#### Вариант 14.

1) Допишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты:



2) Приведите молекулярные и ионные уравнения гидролиза солей: хлорид бария, карбонат алюминия, сульфат алюминия.

3) Рассчитайте стандартную энергию Гиббса реакции  $NiO_{(s)} + Al_{(s)} \rightarrow Ni_{(s)} + Al_2O_{3(s)}$ . Возможно ли протекание этой реакции при 1300 K?

#### Вариант 15.

1) При взаимодействии 1 г амальгамы алюминия с водой выделилось 200 мл водорода, измеренного при (н.у.). Каков процентный состав амальгамы?

2) Приведите молекулярные и ионные уравнения гидролиза солей: сульфат натрия, сульфат алюминия, нитрат свинца (II).

3) Определите, эндотермическая или экзотермическая является эта реакция?

### Лабораторная работа №2

#### Химические свойства металлов p-семейства

##### Опыт 1. Взаимодействие алюминия, олова, свинца с кислотами.

В 4 пробирки с раствором соляной кислоты (1:1) опустите по небольшому кусочку алюминия, олова, свинца. Что наблюдаете? Две последние пробирки осторожно нагрейте. Дайте объяснение происходящим процессам, пользуясь данными электрохимического ряда напряжений металлов и таблицы растворимости солей. Напишите уравнения соответствующих реакций.

##### Опыт 2. Взаимодействие алюминия и олова со щелочью.

В две пробирки с концентрированным раствором щелочи опустить по кусочку алюминия и олова. Какой газ выделяется? Напишите уравнения реакций, учитывая, что в реакции принимает участие вода.

##### Опыт 3. Получение гидроксида алюминия, гидроксида олова(II), гидроксида свинца(II) и исследование их свойств.

Из имеющихся в лаборатории солей получите гидроксид алюминия, гидроксид олова(II), гидроксид свинца(II), добавляя щелочь по каплям. Полученные осадки разделите на две части. В одну пробирку добавьте раствор кислоты, в другую – щелочь. Напишите уравнения реакций в молекулярной и ионной форме. Дайте объяснение наблюдаемым явлениям.

##### Опыт 4. Взаимодействие соли свинца с цинком.

В две пробирки налейте 10 капель нитрата свинца (II) и опустите в нее кусочек цинка. Что наблюдаете на поверхности цинка? Напишите уравнение происходящей реакции, укажите окислитель и восстановитель. Для объяснения наблюдаемого явления используйте электрохимический ряд напряжений.

##### Опыт 5. Гидролиз хлорида олова(II).

Несколько кристалликов  $SnCl_2 \cdot H_2O$  растворите в 2-3 каплях воды. Испытайте полученный раствор индикаторной бумагой. Полученный раствор разбавьте водой. Что происходит? Как влияет разбавление на степень гидролиза? Написать соответствующие уравнения реакций. Докажите, что гидролиз является обратимой реакцией.

#### Тестовые задания для самоконтроля

1. Определите геометрию тетрагидроксоалюминат-иона.  
1) треугольник,  
2) тетраэдр,  
3) октаэдр.
2. Определите сумму стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции:  $Al + S \rightarrow$ .  
1) 6,  
2) 8,  
3) 11.
3. Укажите суммарное количество атомов в молекуле продукта реакции  $Al(OH)_3 + HNO_3 \rightarrow$  (без учета образования воды).  
1) 8,  
2) 10,  
3) 13.
4. Определите сумму стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции:  $Sn(OH)_2 + NaOH \rightarrow$ .  
1) 3,  
2) 4,  
3) 6.
5. Определите область значения pH для раствора нитрита свинца (II).  
1)  $pH > 7$ ,  
2)  $pH = 7$ ,  
3)  $pH < 7$ .
6. Что наблюдается при смешивании растворов нитрата свинца и серной кислоты?  
1) выпадение белого осадка,



- 2) выделение бесцветного газа и переход осадка в раствор,
- 3) образование черного осадка.

7. Определите тип гибридизации атомных орбиталей центрального атома в молекуле фторида свинца (IV).

- 1)  $sp$ ,
- 2)  $sp^2$ ,
- 3)  $sp^3$ .

8. Определите сумму стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции:  $Al + KOH + H_2O \rightarrow$ .

- 1) 8,
- 2) 13,
- 3) 19.

9. Определите сумму стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции:  $Pb(OH)_2 + HCl \rightarrow$ .

- 1) 4,
- 2) 6,
- 3) 8.

10. Определите область значения pH для раствора хлорида олова(II).

- 1)  $pH > 7$ ,
- 2)  $pH = 7$ ,
- 3)  $pH < 7$ .

#### Ключи к тестовым заданиям

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ ответа	2	1	3	2	3	1	3	3	2	3

### Металлы d-семейства

#### Контрольные вопросы

1. Напишите электронные формулы d-элементов IV-го периода.
2. Укажите степени окисления, проявляемые этими элементами в соединениях, приведите формулы соответствующих веществ.
3. Охарактеризуйте кислотно-основные свойства оксидов и гидроксидов хрома (II, III, VI).
4. Как относятся железо, кобальт и никель к разбавленным и концентрированным растворам  $HCl$ ,  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ ? Напишите уравнения соответствующих реакций.
5. Какие свойства в окислительно-восстановительных реакциях проявляет оксид марганца(IV)? Приведите уравнения соответствующих реакций.
6. Какая степень окисления и координационное число характерно для хрома в комплексных соединениях? Приведите примеры комплексных соединений хрома.
7. Как можно получить гидроксид и оксид железа(III)? Напишите уравнения соответствующих реакций.
8. При каких условиях происходят взаимопревращения хромата и дихромата?
9. Охарактеризуйте кислотно-основные свойства оксидов и гидроксидов меди (I, II) и цинка.
10. Какие координационные числа характерны для комплексных соединений меди и цинка. Приведите примеры.

#### Задания для самостоятельной работы

**Задание 1.** Составьте полные электронные формулы атомов элементов, приведите графическую формулу валентного электронного уровня:

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8
№№ элементов	21;40	42;73	79;25	22;45	28;74	76;24	73;46	23;75
Вариант	9	10	11	12	13	14	15	
№№ элементов	89;47	29;39	80;27	77;26	78;21	57;41	104;39	

**Задание 2.** Составьте формулы оксида и гидроксида металла в указанной степени окисления. Приведите уравнения реакций, демонстрирующие кислотно-основной характер этих соединений.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8
Металл	V <sup>+5</sup>	Mn <sup>+2</sup>	Cr <sup>+3</sup>	Fe <sup>+2</sup>	Ni <sup>+2</sup>	Cu <sup>+</sup>	Mn <sup>+7</sup>	Cr <sup>+6</sup>
Вариант	9	10	11	12	13	14	15	
Металл	Ag <sup>+</sup>	Cu <sup>+2</sup>	Cr <sup>+2</sup>	W <sup>+6</sup>	Mo <sup>+2</sup>	Zn <sup>+2</sup>	Mo <sup>+6</sup>	

**Задание 3.** Расставьте коэффициенты в приведенных схемах ОВР, пользуясь методом полуреакций. Укажите, какую роль в приведенных окислительно-восстановительных реакциях играют соединения d-металлов, в какой степени окисления при этом находится металл?

№ варианта	Схемы реакций
1	$\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3$ $\text{KMnO}_4 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
2	$\text{KMnO}_4 + \text{KI} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{I}_2 + \text{MnO}_2 + \text{KOH}$ $\text{Co}_2\text{O}_3 + \text{HCl}_{(\text{конц})} \rightarrow \text{CoCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
3	$\text{KNO}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{KMnO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
4	$\text{KMnO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$ $\text{FeCl}_3 + \text{KOH} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{FeO}_4 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{O} + \text{KCl}$
5	$\text{K}_2\text{FeO}_4 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{KFeO}_2 + \text{KOH}$ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$
6	$\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{O}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{FeCl}_3 + \text{KI} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{I}_2 + \text{KCl}$
7	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{MnO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
8	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{PbO}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{KNO}_2 \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{KNO}_3 + \text{KOH}$
9	$\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{SO}_4$ $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{NaOH} + \text{KNO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
10	$\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{FeSO}_4 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$
11	$\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{Br}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{KMnO}_4 + \text{KOH} + \text{KNO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
12	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$ $\text{KMnO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{KOH}$

13	$\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{S} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Sn} + \text{HNO}_{3(\text{пл})} \rightarrow \text{Sn}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
14	$\text{PH}_3 + \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4$ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{SnCl}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{SnCl}_4 + \text{CrCl}_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
15	$\text{FeCl}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$ $\text{KNO}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

### Лабораторная работа №3 Свойства соединений d-металлов

**Цель работы:** изучить общие химические свойства соединений металлов d-семейства; их кислотно-основной и окислительно-восстановительный характер.

**Приборы и реактивы:** штатив с пробирками, капельница с пипетками. Спиртовая горелка, держатель для пробирок. Стекланые палочки. Твердые  $\text{PbO}_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{NaNO}_2$ , соль Мора. Универсальный индикатор. Растворы: 3%-ный  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; 2н –  $\text{NaOH}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . 0,5 н-  $\text{MnSO}_4$ ,  $\text{NiSO}_4$ ,  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{KI}$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{KMnO}_4$ , свежеприготовленный  $\text{FeSO}_4$  из соли Мора,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$ .

*Свойства соединений d-металлов в низшей степени окисления.*

#### Опыт 1. Получение и свойства гидроксида железа (II).

а) Получите гидроксид  $\text{Fe}(\text{II})$  из соответствующей соли. Отметьте его цвет. Напишите уравнение реакций.

б) Часть жидкости с осадком отлейте в другую пробирку и оставьте стоять на воздухе. Объясните изменение цвета осадка. Напишите уравнение реакции.

в) Испытайте полученный осадок на растворимость в кислоте и избытке щелочи. Напишите уравнение реакции. Сделайте вывод о кислотно-основном характере гидроксида железа(II).

#### Опыт 2. Свойства соединений марганца (II).

а) Из раствора соли  $\text{MnSO}_4$  получите гидроксид марганца. Часть осадка отлейте и оставьте на воздухе. Объясните изменение цвета осадка. Напишите уравнения реакций.

б) Испытайте отношение полученного гидроксида к разбавленной кислоте и избытку раствора щелочи. Какой вывод можно сделать о свойствах гидроксида марганца (II)?



в) **Опыт выполняется под тягой.** В пробирку внесите 2-3 капли раствора  $MnSO_4$ , прилейте 10 капель концентрированной азотной кислоты и добавьте микрошпатель диоксида свинца. Содержимое пробирки осторожно нагрейте. После отстаивания отметьте цвет раствора. Напишите уравнение реакции.

Сделайте вывод о кислотно-основном характере гидроксидов и окислительно-восстановительном характере соединений d-металлов в низшей степени окисления.

*Свойства соединений d-металлов в промежуточной степени окисления.*

**Опыт 3. Получение и свойства гидроксида хрома (III).**

а) В пробирку с 20 каплями раствора сульфата хрома(III) прибавьте по каплям раствор гидроксида натрия до образования осадка гидроксида хрома(III). Отметьте цвет осадка.

б) Разделите осадок на две пробирки. В одну пробирку добавьте кислоту, в другую – избыток щелочи. Отметьте окраску полученных растворов. Напишите уравнения реакций. Какими свойствами обладает гидроксид хрома (III)?

**Опыт 4. Окислительно-восстановительные свойства оксида марганца (IV).**

а) В пробирку с твердым  $MnO_2$  (1/2 микрошпателя) добавьте по 20 капель 2 н раствора серной кислоты и иодида калия. Что наблюдаете? Напишите уравнение окислительно-восстановительной реакции. Чем является в этой реакции оксид марганца (IV)?

б) Во вторую пробирку к оксиду марганца добавьте равное количество висмутата натрия ( $NaBiO_3$ ) и 20 капель азотной кислоты. Чем объяснить появление розовой окраски раствора? Напишите уравнение реакции, учитывая, что висмутат натрия переходит в основную соль ( $BiONO_3$ ). Чем является в этой окислительно-восстановительной реакции оксид марганца (IV)?

*Свойства соединений d-металлов в высшей степени окисления.*

**Опыт 5. Получение метаванадиевой кислоты.**

К ½ микрошпателя оксида ванадия (V) добавьте 20 капель дистиллированной воды и нагрейте на пламени спиртовки до появления бледно-желтой окраски раствора. Проверьте универсальным индикатором pH среды. Напишите уравнение реакции получения метаванадиевой кислоты ( $HVO_3$ ). Какие кислотно-основные свойства проявляет высший оксид ванадия?

**Опыт 6. Окислительные свойства соединений хрома (VI).**

а) К 20 каплям раствора  $K_2Cr_2O_7$  добавьте 10 капель раствора серной кислоты и 10 капель раствора KI. Что наблюдаете? Чем обусловлена красно-бурная окраска раствора? Составьте соответствующее уравнение реакции.

б) К 20 каплям раствора  $K_2Cr_2O_7$  добавьте 10 капель раствора серной кислоты и ½ микрошпателя сухой соли -  $NaNO_2$ . Что наблюдаете? Составьте уравнение реакции. Чем является бихромат калия в этих реакциях?

**Опыт 7. Условия существования в растворе хроматов и дихроматов.**

К 10 каплям хромата калия прилейте 5 капель раствора серной кислоты. Как изменилась окраска раствора? Напишите уравнение реакции.

К полученному раствору добавьте раствор щелочи до изменения окраски раствора. Объясните это изменение. Напишите уравнение реакции. Какое равновесие устанавливается в растворах хроматов и дихроматов? Как влияет среда на сдвиг этого равновесия?

*Тестовые задания для самоконтроля*

1. При добавлении раствора, какого из веществ к раствору сульфата меди не будет выпадать осадок?

- 1)  $NaOH$ ,
- 2)  $Na_2S$ ,
- 3)  $NaCl$ .

2. Определите область значения pH для раствора хлорида меди.

- 1)  $pH > 7$ ,
- 2)  $pH = 7$ ,
- 3)  $pH < 7$ .

3. Определите сумму стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции:  $Zn + NaOH + H_2O \rightarrow$ .

- 1) 6,
- 2) 7,
- 3) 8.

4. Какова геометрическая конфигурация катиона  $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ ?

- 1) линейная,
- 2) плоская,
- 3) тетраэдр.

5. Определите сумму стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции:  $Cr + Cl_2 \rightarrow$ .

- 1) 3,
- 2) 5,
- 3) 7.

6. Определите степень окисления хрома в продуктах термического разложения  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ .

- 1) +2,
- 2) +3,
- 3) +6.

7. Определите сумму стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции:  $\text{Mn} + \text{HCl} \rightarrow$ .

- 1) 3,
- 2) 5,
- 3) 7.

8. Определите сумму стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции:  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_3 \rightarrow$ .

- 1) 15,
- 2) 18,
- 3) 21.

9. Окраска лакмуса в растворе хлорида железа (III) -

- 1) красная,
- 2) фиолетовая,
- 3) синяя.

10. Укажите как изменится в результате окислительно-восстановительной реакции степень окисления марганца:  $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

- 1) не изменится,
- 2) +2, +4,
- 3) +4, +7.

Ключи к тестовым заданиям

вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ответа	3	3	2	3	3	2	2	3	1	3

#### Работа № 4

#### Неметаллы. Водород и галогены.

#### Контрольные вопросы

1. Напишите электронные формулы атомов водорода и галогенов. Какие степени окисления характерны для этих элементов в различных соединениях?

2. Напишите уравнения реакций получения водорода в лаборатории. Опишите способы собирания водорода, исходя из его физических свойств.

3. Напишите уравнения реакций, отражающих химические свойства водорода.

4. Как изменяются радиусы атомов и электроотрицательность галогенов в подгруппе?

5. Опишите свойства, которыми обладают водные растворы галогеноводородов? Назовите соответствующие кислоты. Как изменяется сила кислот в ряду  $\text{HF} - \text{HCl} - \text{HBr} - \text{HI}$ ?

6. Как меняется сила кислот в ряду  $\text{HClO} - \text{HBrO} - \text{HIO}$ ? Назовите их. Напишите уравнения диссоциации этих кислот, учитывая, что последняя диссоциирует двумя способами.

7. Охарактеризуйте химические свойства хлора, взаимодействие его с металлами, неметаллами, водой и растворами щелочей.

8. Рассмотрите соединения хлора с кислородом. Как меняется сила кислородсодержащих кислот хлора и устойчивость анионов в ряду  $\text{ClO}^- - \text{ClO}_2^- - \text{ClO}_3^- - \text{ClO}_4^-$ ?

9. Перечислите кислородсодержащие кислоты брома, иода, укажите способы их получения.

10. Приведите уравнения реакций диспропорционирования  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{HClO}$ ,  $\text{KClO}_3$ , укажите условия их протекания.

#### Задания для самостоятельной работы

##### Вариант 1

1. Сколько моль воды образуется при взрыве 3 л гремучего газа (при н.у.)?

2. Хлороводород, полученный действием избытка серной кислоты на 117 г хлорида натрия, растворили в 292 г воды. Какова массовая доля хлороводорода в полученном растворе соляной кислоты?

3. Напишите уравнения реакций получения бромидов цинка четырьмя различными способами.

##### Вариант 2

1. Сколько литров водорода выделится при гидролизе 8,2 г гидрида калия?



2. Поваренная соль содержит 97% хлорида натрия. Рассчитайте, сколько 36%-ной соляной кислоты можно получить из 1 кг этой соли.

3. Напишите уравнения реакций получения иодноватой кислоты тремя способами.

#### Вариант 3

1. Сколько литров водорода (при н.у.) потребуется для восстановления 13 г меди из оксида меди (II), если выход составляет 60% от теоретического?

2. Сколько хлора и водорода потребуется для производства 20 т хлороводорода, если водорода берут на 3% больше, чем требуется по уравнению реакции?

3. Напишите уравнения реакций получения хлорида бария семью способами.

#### Вариант 4

1. При действии избытка щелочи на алюминий выделилось 5,6 л водорода (н.у.). Какова масса растворенного алюминия? (Координационное число алюминия принять равным 6).

2. Хлороводород, полученный действием серной кислоты на 19 г безводного хлорида магния, пропустили через раствор, содержащий 10 г гидроксида калия. Раствор выпарили досуха. Каков качественный и количественный состав сухого остатка?

3. Имеются водород, кислород, медь. С какими из этих веществ непосредственно соединяются а) хлор, б) фтор.

#### Вариант 5

1. Наибольшее количество водорода получают газификацией твердого топлива (антрацита) перегретым паром по реакции:  $C + H_2O = CO + H_2$ . Сколько антрацита потребуется для получения 1 м<sup>3</sup> водорода (при н.у.), если антрацит содержит 10% примесей?

2. К 100 г 20%-ного раствора соляной кислоты добавили 20 г гидроксида калия. Полученный раствор выварили досуха. Каков состав и масса осадка?

3. Как, исходя из брома, получить бромат натрия? Напишите уравнения соответствующих реакций.

#### Вариант 6

1. Сколько г воды образуется при взрыве смеси 7 г водорода и 65 г кислорода? Сколько литров, и какого газа не вступят в реакцию?

2. К раствору, содержащему 1,17 г хлорида натрия, прибавили раствор 7,17 г нитрата серебра. Осадок отфильтровали. Каков состав фильтрата?

3. Напишите уравнения реакций получения следующих веществ:  $Cl_2 \rightarrow HClO \rightarrow KClO \rightarrow KClO_3$

#### Вариант 7

1. Какой объем 20% серной кислоты ( $\rho = 1,143$  г/мл) потребуется для получения 12 л водорода (при н.у.) реакцией с металлическим цинком?

2. Сколько л хлора прореагировало с иодидом калия, если при этом получилось 25,4 г иода?

3. Как осуществить превращения:  $KClO \rightarrow KClO_3 \rightarrow KCl \rightarrow AgCl$ ?

#### Вариант 8

1. Какой объем займет водород, при 17°C и давлении 101,5 кПа выделившийся при гидролизе 8,4 г гидроксида кальция?

2. К раствору, содержащему 1 моль хлороводорода, добавили 200 г 15%-ного раствора гидроксида натрия. Какую реакцию на лакмус покажет полученный раствор? Ответ подтвердите расчетом.

3. Как осуществить превращения:  $Cl_2 \rightarrow KClO_3 \rightarrow HClO_3 \rightarrow HClO_4$ ?

#### Вариант 9

1. Конверсией метана перегретым водяным паром по реакции  $CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$  получено 100 л водорода (при н.у.). Какой объем метана подвергли конверсии, если выход продукта составляет 85%?

2. В кислородном соединении фтора на 8 массовых частей кислорода приходится 19 массовых частей фтора. Какова формула этого соединения?

3. Как осуществить превращения:  $Cl_2 \rightarrow HClO \rightarrow HCl \rightarrow CuCl_2$ ?

#### Вариант 10

1. Какая масса оксида кремния, какой объем водорода (при н.у.) получится при гидролизе 225 мл силана ( $SiH_4$ )?

2. Сколько фторида кальция необходимо для получения 20 кг 40%-ного раствора плавиковой кислоты, если 20% фторида кальция не вступает в реакцию?

3. Как осуществить превращения:  $HCl \rightarrow Cl_2 \rightarrow KClO_3 \rightarrow HClO_3 \rightarrow ClO_2$ ?

#### Вариант 11

1. Сколько г цинка надо растворить в избытке раствора гидроксида натрия для получения 2 л водорода (при н.у.), если выход продукта составляет 90% от теоретического?

2. К раствору, содержащему по 1,17 г хлорида и фторида натрия, прилили избыток раствора нитрата серебра. Масса сухого осадка равна 2,87 г. Какой вывод о растворимости фторида серебра можно сделать?

3. Как осуществить превращения:  $KBr \rightarrow Br_2 \rightarrow HBrO \rightarrow HBrO_3$ ?

#### Вариант 12

1. Сколько г меди можно восстановить из оксида меди (II) водородом, полученным по реакции  $C + H_2O = CO + H_2$ , если газификации подвергли 1 кг угля?

2. При горении алюминия в бrome образовалось соединение, содержащее 10,1% алюминия. Найдите простейшую формулу этого соединения.

3. Как осуществить превращения:  $KI \rightarrow I_2 \rightarrow HIO \rightarrow HIO_3$ ?

### Вариант 13

1. Какой объем водорода (н.у.) выделится в реакции порошка железа с 200 мл 15%-ного раствора соляной кислоты ( $\rho = 1,07$  г/мл)?

2. К раствору, содержащему 0,92 г бромида магния и 1,17 г хлорида натрия, добавили избыток нитрата серебра. Какова масса образовавшегося осадка?

3. Как осуществить превращения:  $I_2 \rightarrow HI \rightarrow KI \rightarrow I_2$ ?

### Вариант 14

1. Какой объем при 27°C и давлении 99 кПа займет водород, полученный гидролизом 10 г гидрида калия?

2. Через раствор иодида калия было пропущено 2 л воздуха, загрязненного хлором. При этом выделилось 0,092 г иода. Сколько хлора содержалось в 1 л воздуха?

3. Почему можно получить хлорную воду, но нельзя получить фторную воду? Дайте обоснованный ответ.

### Вариант 15

1. Какой объем (при н.у.) займет водород, полученный конверсией 1 м<sup>3</sup> метана по реакции  $CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$ , если выход составляет 60% от теоретического?

2. Какова относительная плотность бромоводорода и иодоводорода по воздуху?

3. Допишите уравнения следующих реакций, расставьте коэффициенты: а)  $KClO_3 + FeCl_2 + HCl \rightarrow FeCl_3 + \dots$ ; б)  $Ba(OH)_2 + Cl_2 \rightarrow \dots$

### Лабораторная работа № 4

#### Химические свойства водорода и галогенов

**Цель работы:** изучить химические свойства водорода и галогенов, кислотный и окислительно-восстановительный характер их соединений.

**Приборы:** штатив с пробирками, капельницы с пипетками, колба Вюрца, капельная воронка, спиртовая горелка, пробки, газоотводные трубки, шпатели.

**Реактивы:** Zn (гранулы), Sb (порошок), тонкая медная проволока,  $MnO_2$ ,  $KMnO_4$ ,  $P_{(красный)}$ , NaCl, KBr, KI.

**Растворы:** HCl (1:1 и конц.),  $H_2SO_4$  (2н и конц.), NaOH (40%-ный),  $AgNO_3$  (0,1 н),  $H_2S$ , лакмус.

**Техника безопасности:** нельзя поджигать водород, выходящий из прибора, не убедившись предварительно в его чистоте, иначе прибор может взорваться.

Получение хлора, хлороводорода проводить в вытяжном шкафу, в присутствии преподавателя.

### Опыт 1. Получение водорода, проверка его на ч

В пробирку положить 2-3 гранулы цинка и в пробирку раствор серной кислоты. Закройте пробирку газоотводной трубкой с оттянутой пробиркой в штативе вертикально. Для сбора газа над трубкой пробирку, перевернутую дном вверх. Через пробирку и, не переворачивая, поднесите к пламени горелки. Если пробирке водород с примесью воздуха, то при загорании произойдет небольшой взрыв с резким лающим звуком. Если водород чистый, загорается спокойно со слабым хлопком. Убедившись в чистоте водорода, подожгите его у отверстия газоотводной трубки. Над пламенем водорода подержите сухую пробирку. Какое вещество конденсируется на стенках пробирки? Напишите уравнения реакций получения и горения водорода.

Наберите в пробирку водород, закройте ее пробкой и оставьте опыта №4.

### Опыт 2. Получение хлора и хлорной воды.

В колбу Вюрца насыпьте  $KMnO_4$ , колбу закрыть пробкой, в которую вставлена капельная воронка с краном. В капельную воронку налейте концентрированную HCl. По каплям добавляйте к  $KMnO_4$  кислоту в колбу Вюрца. Выделяющимся газом наполните 4 большие пробирки (газоотводную трубку опускайте до дна пробирки) и закройте их пробками.

В пятую пробирку, заполненную на 2/3 холодной водой, опустите газоотводную трубку и насытите воду хлором. Отметьте цвет и запах хлорной воды (осторожно направляя воздух к носу движением руки). Раствор сохраните для последующих опытов.

После заполнения пробирок опустите газоотводную трубку в стакан с концентрированным раствором щелочи.

### Опыт 3. Взаимодействие хлора с металлами и неметаллами.

а) Накалите в пламени горелки небольшой пучок медных проволочек и опустите их в пробирку с хлором. Что наблюдаете? После остывания пробирки влейте немного воды. Каков цвет полученного раствора? Напишите уравнения реакций.

б) Откройте пробирку с водородом из опыта 1, держа дном вверх, пробирку с хлором из опыта 2 откройте и совместите с отверстием первой пробирки. Перемешать газы, несколько раз перевернув пробирки. Осторожно разъедините пробирки и поднесите их отверстиями к пламени горелки. Что наблюдаете? После окончания реакции налейте в пробирки воду. Полученный раствор в одной пробирке испытайте лакмусом, а во второй – раствором нитрата серебра. Напишите уравнения реакций.

в) Положите в ложечку для сжигания немного красного фосфора и внесите в сосуд с хлором. Что наблюдаете? Напишите уравнение реакции.



#### Опыт 4. Химические свойства хлорной воды

а) Полученную в опыте 2 хлорную воду разлейте на 4 пробирки.

В первую пробирку добавьте фиолетовый лакмус. Как изменился его цвет? Прилейте в пробирку раствор гидроксида натрия. Проверьте, изменился ли запах раствора?

Во вторую пробирку добавьте раствор нитрата серебра. Объясните наблюдаемые превращения. Запишите уравнения реакций.

В третью пробирку добавьте сероводородную воду. Отметьте происходящие изменения. Напишите уравнение реакции, укажите его тип.

б) В пробирку налейте немного органического красителя (фуксина, индиго или фиолетовых чернил) добавьте из четвертой пробирки немного хлорной воды. Что наблюдаете? Запишите объяснение наблюдаемого эффекта.

#### Опыт 5. Получение брома и иода.

К раствору  $KBr$  прилейте по каплям свежеприготовленную хлорную воду из четвертой пробирки (см. опыт 4). Чем обусловлено изменение окраски раствора?

Аналогичный опыт проделайте с раствором  $KI$ . Какую окраску приобрел раствор? Составьте уравнения реакций. Сравните окислительную активность галогенов.

#### Опыт 6. Окислительно-восстановительные свойства хлората калия.

Несколько кристаллов  $KClO_3$  поместите в сухую пробирку. Пробирку закрепите вертикально в штативе. Смочите соль несколькими каплями концентрированной серной кислоты. Наблюдать выделение оксида хлора (IV) зеленовато-желтого цвета. В реакции также образуется перхлорат калия –  $KClO_4$ . Составьте уравнение реакции, сделайте вывод о том, чем может являться хлорат калия в окислительно-восстановительных реакциях.

#### Тестовые задания для самоконтроля

1. Определите тип гибридизации в перхлорат-ионе.

- 1)  $sp^2$ ,
- 2)  $sp^3$ ,
- 3)  $sp^3d^2$ .

2. Определите сумму стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции:  $Br_2 + H_2S \rightarrow \dots$

- 1) 3,
- 2) 4,
- 3) 5.

3. Укажите степени окисления галогенов в галогенсодержащих продуктах реакции хлора с гидроксидом натрия на холоду.

- 1) -1, +1,

2) -1, +5,

3) +1.

4. Определите сумму стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции взаимодействия хлора с горячим раствором гидроксида калия.

- 1) 9,
- 2) 12,
- 3) 18.

5. Определите, к какому типу относится химическая реакция:  $ClO_2 + H_2O \rightarrow \dots$

- 1) внутримолекулярная ОВР,
- 2) межмолекулярная ОВР,
- 3) реакция необратимого гидролиза.

6. Определите сумму стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции:  $ClO_2 + H_2O \rightarrow \dots$

- 1) 5,
- 2) 7,
- 3) 10.

7. Укажите, какие кислоты образуются в результате реакции:  $Cl_2 + H_2O \rightarrow \dots$

- 1) две сильные кислоты,
- 2) две слабые кислоты,
- 3) сильная и слабая кислота.

8. Укажите, какие кислоты образуются в результате реакции:  $ClO_2 + H_2O \rightarrow \dots$

- 1) две сильные кислоты,
- 2) две слабые кислоты,
- 3) сильная и слабая кислота.

9. Укажите, что наблюдается при нагревании смеси иодида калия и концентрированной серной кислоты?

- 1) выделение желто-зеленого газа;
- 2) выделение бурого пара,
- 3) выделение фиолетового пара.

10. Определите сумму стехиометрических коэффициентов в уравнении:  $HCl + MnO_2 \rightarrow \dots$

- 1) 6,
- 2) 9,
- 3) 26.

#### Ключи к тестовым заданиям

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ ответа	2	3	1	3	1	1	3	3	3	2

## Неметаллы VIA группы

## Контрольные вопросы

1. Рассмотрите валентные возможности кислорода и серы. Приведите формулы соединений в проявляемых степенях окисления.
2. Рассмотрите аллотропные модификации кислорода и серы. Сравните химическую активность аллотропных модификаций кислорода.
3. Напишите уравнения реакций взаимодействия серы с простыми веществами, кислотами и щелочами.
4. Охарактеризуйте физические и химические свойства сероводорода. Приведите качественную реакцию на сульфид-ионы.
5. Охарактеризуйте оксиды серы и соответствующие им кислоты, их окислительно-восстановительные свойства в зависимости от степени окисления серы.
6. Охарактеризуйте окислительные свойства сульфатов и тиосолей.

## Задания для самостоятельной работы

## Вариант 1

1. Какой объем кислорода выделится при разложении 10 г 6%-ного раствора пероксида водорода?
2. Рассчитайте, будет ли самопроизвольно протекать реакция  $\text{SO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{S}_{(g)} = \text{S}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(ж)}$  в изолированной системе при стандартных условиях.
3. Допишите уравнение реакции:  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} + \text{Mg} \rightarrow$

## Вариант 2

1. Какая масса перманганата калия прореагировала в кислой среде с пероксидом водорода, если при этом выделилось 2,24 л кислорода?
2. Рассчитайте стандартную энтропию серной кислоты, если значение стандартной энтропии реакции  $2\text{H}_2\text{O}_{(ж)} + 2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} = 2\text{H}_2\text{SO}_{4(ж)}$  составляет  $-527 \text{ Дж/К}$ .
3. Допишите уравнение реакции:  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} + \text{Ag} \rightarrow$

## Вариант 3

1. Сколько литров воздуха, содержащего 10%  $\text{O}_2$ , было пропущено через кислый раствор иодида калия, если в результате выделилось 2,5 г иода?
2. Определите, будет ли протекать самопроизвольно реакция  $\text{SO}_{2(g)} + \text{NO}_{2(g)} = \text{SO}_{3(g)} + \text{NO}_{(g)}$  при стандартных условиях и температуре 700 К.
3. Допишите уравнение реакции:  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} + \text{HI} \rightarrow$

## Вариант 4

1. Определите массу  $\text{BaO}_2$ , необходимую для получения 100 г 3%-ного раствора пероксида водорода.
2. Определите тепловой эффект окисления 1000 л аммиака по реакции  $4\text{NH}_{3(g)} + 5\text{O}_{2(g)} = 4\text{NO}_{(g)} + 6\text{H}_2\text{O}_{(l)}$  при стандартных условиях.
3. Допишите уравнение реакции, укажите условия ее протекания:  $\text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

## Вариант 5

1. Сколько сульфида железа надо взять, чтобы полученным из него сероводородом обесцветить 10 мл подкисленного 0,1 М раствора  $\text{KMnO}_4$ ?
2. Рассчитайте тепловой эффект сжигания 6,5 кг серы, если тепловой эффект реакции  $\text{S}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} = \text{SO}_{2(g)}$  равен 297 кДж.
3. Допишите уравнение реакции, укажите условия ее протекания:  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$

## Вариант 6

1. Сколько литров оксида серы (IV) (н.у.) можно получить из смеси 2 л сероводорода и 5 л кислорода?
2. Рассчитайте, будет ли самопроизвольно протекать реакция  $\text{ZnS}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{ZnO}_{(s)} + \text{SO}_{2(g)}$  при 1000 К.
3. Допишите уравнение реакции:  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} + \text{C} \rightarrow$

## Вариант 7

1. Сколько мл 0,2 М тиосульфата натрия необходимо взять для получения 1 г серы действием избытка серной кислоты?
2. Рассчитайте стандартную энтропию реакции  $\text{SO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{S}_{(g)} \rightarrow \text{S}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(ж)}$ .
3. Допишите уравнение реакции:  $\text{H}_2\text{S} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \dots$

## Вариант 8

1. Сколько железного колчедана, содержащего 45% серы необходимо для получения 1 т безводной серной кислоты, при условии, что потери серы в производстве – 5%.
2. Для реакции  $\text{PH}_{3(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{P}_2\text{O}_{5(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(ж)}$  вычислите стандартную энтальпию и укажите экзо- или эндотермической является эта реакция.
3. Допишите уравнение реакции, укажите условия ее протекания:  $\text{K}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$

## Вариант 9

1. Из 320 т железного колчедана, содержащего 45% серы, получено 397 т серной кислоты (в расчете на 100%-ную). Вычислите выход кислоты.
2. Теплота растворения  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  равна 11,3 кДж/моль, теплота гидратации этой соли  $\text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  составляет 58,16 кДж/моль. Вычислите теплоту растворения кристаллогидрата.
3. Допишите уравнение реакции, укажите условия ее протекания:  $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$



#### Вариант 10

1. Сколько цинка и серной кислоты можно получить из 1 т цинковой обманки, содержащей 30% сульфида цинка?

2. По термохимическому уравнению реакции сгорания сероводорода:  $\text{H}_2\text{S}_{(г)} + 1,5\text{O}_{2(г)} = \text{H}_2\text{O}_{(г)} + \text{SO}_{2(г)}$ ;  $\Delta H^\circ_r = -518,4$  кДж/моль вычислите стандартную энтальпию сероводорода.

3. Допишите уравнение реакции, укажите условия ее протекания:



#### Вариант 11

1. Сколько безводной серной кислоты должно получиться из 800 т железного колчедана, содержащего 45% серы?

2. Рассчитайте изменение энтальпии при стандартных условиях для реакции  $\text{KClO}_{3(г)} \rightarrow \text{KCl}_{(к)} + \text{O}_{2(г)}$ .

3. Допишите уравнение реакции:  $\text{H}_2\text{SO}_{4(конц)} + \text{Ca} \rightarrow$

#### Вариант 12

1. Сколько колчедана, содержащего 42% серы, необходимо для получения 500 кг 96%-ной серной кислоты, если выход составляет 95% от теоретического?

2. Определите, будет ли протекать самопроизвольно реакция  $\text{SO}_{2(г)} + \text{NO}_{2(г)} = \text{SO}_{3(г)} + \text{NO}_{(г)}$  при стандартных условиях и температуре 400 К.

3. Допишите уравнение реакции, укажите условия ее протекания:

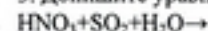


#### Вариант 13

1. Рассчитайте объем оксида серы (IV), полученного действием кислоты на 0,5 моль сульфата натрия, при 20°C и давлении 105 кПа.

2. Рассчитайте количество энергии, выделяющейся при сжигании 10 м<sup>3</sup> (н.у.) ацетилена, если тепловой эффект реакции  $\text{C}_2\text{H}_{2(г)} + \text{O}_{2(г)} \rightarrow \text{CO}_{2(г)} + \text{H}_2\text{O}_{(г)}$  составляет 2600 кДж.

3. Допишите уравнение реакции, укажите условия ее протекания:



#### Вариант 14

1. Какой объем воздуха (при н.у.) необходим для обжига 1 т пирита, содержащего 65% FeS<sub>2</sub>?

2. Не производя расчетов, предскажите знак изменения энтропии при стандартных условиях для процесса (предварительно расставьте коэффициенты в схеме реакции):  $\text{KMnO}_{4(к)} \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_{4(к)} + \text{MnO}_{2(к)} + \text{O}_{2(г)}$ .

3. Допишите уравнение реакции, укажите условия ее протекания:



#### Вариант 15

1. При сжигании смеси сероводорода и кислорода получено 2 л оксида серы (IV), при этом 300 мл кислорода не вступило в реакцию. Каков объемный состав исходной смеси в процентах?

2. Тепловой эффект реакции  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(ж)}$  составляет 1235 кДж. Рассчитайте количество энергии при сжигании 100 г этилового спирта.

3. Допишите уравнение реакции:  $\text{NaHSO}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

#### Лабораторная работа №5

##### Химические свойства кислорода, серы и их соеди-

**Цель работы:** изучить химические свойства кислотно-основной и окислительно-восстановительный соединений.

**Приборы:** штатив с пробирками, колбы для сжигания, железные ложечки для сжигания веществ, колба Вюрца, воронка, спиртовая горелка, пробки, газоотводные трубки, воронка для фильтрования.

**Реактивы:** S (черенковая), P (красный), металлическая проволока, MnO<sub>2</sub>, KMnO<sub>4</sub>, KI, Na<sub>2</sub>S, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S, бумага.

**Растворы:** HCl (1:1 и конц.), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (2н и конц.), NaOH (4н), BaCl<sub>2</sub>, CuSO<sub>4</sub>, ZnSO<sub>4</sub>, Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, лакмус.

**Техника безопасности:** опыты с кислородом, серой, серым аммиаком, концентрированной серной и азотной кислотой и вытяжном шкафу, в присутствии преподавателя.

##### Опыт 1. Получение кислорода

Укрепить вертикально в штативе сухую пробирку кристаллического KMnO<sub>4</sub> и нагреть. Испытать выделяющуюся газом. Написать уравнение реакции, указать окислитель и восстановитель.

**Опыт 2. Взаимодействие кислорода с неметаллами.** Основной характер продуктов окисления серы и фосфора.

Для опытов 2 собрать кислород в 2 колбы методом вытеснения воздуха.

а) В железную ложечку для сжигания положить немного серы, зажечь ее в пламени горелки и внести в колбу с кислородом, постепенно опуская ложечку. После сжигания влить в колбу воды, закрыть колбу и хорошо взболтать, чтобы растворить продукты горения серы. Добавить к полученному раствору лакмус. Описать наблюдаемые явления.

б) Прodelайте аналогичный опыт с красным фосфором. К какому классу соединений относятся полученные соединения серы и фосфора?

##### Опыт 3. Взаимодействие серы с натрием.

Работу вести под тягой. В фарфоровой ступке разложить небольшой кусочек натрия с кристаллической серой. Записать

наблюдения. Какое вещество образуется? Какое свойство серы при этом проявляется?

**Опыт 4.** Получение сероводорода, его горение. Получение сероводородной воды и ее свойства.

а) В пробирку насыпать 1-2 г сухого  $\text{Na}_2\text{S}$ , прилить концентрированный раствор фосфорной кислоты. Закрывать пробирку пробкой с газоотводной трубкой, укрепить ее в штативе. При энергичном выделении сероводорода поджечь его у отверстия газоотводной трубки. Подержите влажную индикаторную бумажку на пламени. Как изменяется ее окраска? Что наблюдаете на внутренней поверхности холодной воронки, подержав ее над пламенем? Какие продукты горения образуются? Чтобы получить продукты неполного сгорания сероводорода, внесите холодную фарфоровую крышечку от тигля в пламя. Что наблюдаете? Напишите уравнения соответствующих реакций

б) Замените газоотводную трубку на изогнутую. Закрепите пробирку наклонно. Опустите конец газоотводной трубки в пробирку с водой на несколько минут. Испытайте полученный раствор индикатором. На какие свойства указывает окраска индикатора?

в) Подействуйте полученной сероводородной водой на подкисленный раствор перманганата калия. Что наблюдаете? Составьте уравнения реакций.

**Опыт 5.** Свойства сульфидов металлов.

а) Раствор сульфида натрия испытайте индикаторной бумагой. Объясните изменение окраски индикатора. Напишите уравнения гидролиза в молекулярной и ионной форме.

б) К растворимым солям цинка, свинца, меди добавьте раствор сульфида аммония. Отметьте цвет образующихся осадков. Слейте с осадков раствор, и добавьте соляную кислоту. Отметьте какие осадки растворились.

**Опыт 6.** Свойства сернистой кислоты.

а) К раствору сернистой кислоты, полученному в первом опыте, прилейте сероводородную воду, полученную в опыте 4. Объясните помутнение раствора.

б) К свежеприготовленному раствору сернистой кислоты или ее соли прилейте раствор хлорида бария. Отметьте цвет осадка. Испытайте растворимость осадка в  $\text{HCl}$ . Объясните причину растворения.

**Опыт 7.** Свойства серной кислоты.

а) Испытайте действие разбавленной серной кислоты на магний, цинк, медь. Все ли металлы взаимодействуют с разбавленной серной кислотой? Объясните различия в скорости протекания реакций, исходя из положения металлов в ряду напряжений.

б) В пробирке при слабом нагревании проведите реакцию между концентрированной серной кислотой и металлической медью. Установите

по запаху (осторожно) какой газ выделяется. После окончания опыты отлейте часть раствора в стакан с водой. По цвету раствора сделайте вывод о том, какие ионы присутствуют.

в) Стеклоочистителем, смоченной раствором серной кислоты (нанесите несколько штрихов на фильтровальной бумаге. Подсушите бумагу над пламенем спиртовки. Объясните наблюдаемые явления, учитывая формулу клетчатки ( $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ ).

**Опыт 8.** Реакция на ион  $\text{SO}_4^{2-}$ .

По таблице растворимости солей и оснований установите, какие катионы могут быть реактивом на ион  $\text{SO}_4^{2-}$ . Проведите соответствующие реакции. Отметьте цвет и вид осадка. Испытайте отношение осадков к соляной кислоте.

#### Тестовые задания для самоконтроля

1. Укажите число атомов в молекуле продукта взаимодействия серы с кислородом при  $300^\circ\text{C}$ .

- 1) 3,
- 2) 4,
- 3) 6.

2. Укажите число атомов в молекуле серосодержащего продукта взаимодействия серы с концентрированной азотной кислотой при нагревании.

- 1) 4,
- 2) 5,
- 3) 7.

3. Укажите степень окисления серы в серосодержащем продукте реакции между цинком и разбавленной серной кислотой.

- 1) -2,
- 2) +4,
- 3) +6.

4. Укажите, к какому типу химических реакций относится реакция между сероводородом и сернистой кислотой.

- 1) реакция обмена,
- 2) реакция межмолекулярного окисления-восстановления,
- 3) реакция диспропорционирования.

5. Укажите pH в водном растворе сульфида натрия.

- 1)  $\text{pH} > 7$ ,
- 2)  $\text{pH} = 7$ ,
- 3)  $\text{pH} < 7$ .



6. Укажите, что происходит при пропускании озона через раствор нитрата калия.

- 1) выделяется бесцветный газ,
- 2) раствор приобретает бурую окраску,
- 3) выделяется бесцветный газ, раствор приобретает бурую окраску.

7. Определите геометрию сульфат-иона.

- 1) линейная,
- 2) треугольная,
- 3) тетраэдрическая.

8. Укажите степень окисления серы в продукте реакции между оксидом серы(IV) и сероводородной водой.

- 1) -2,
- 2) +0,
- 3) +6.

9. Укажите, что происходит при смешении растворов сульфида натрия и соляной кислоты.

- 1) выделение бесцветного газа,
- 2) выпадение осадка,
- 3) обесцвечивание раствора.

10. Составьте уравнение реакции между сероводородной водой и нитратом серебра, укажите сумму коэффициентов в уравнении.

- 1) 4,
- 2) 6,
- 3) 8.

*Ключи к тестовым заданиям*

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ ответа	1	3	3	2	1	3	3	2	1	2

Работа № 6

## Неметаллы VA группы

### Контрольные вопросы

1. Рассмотрите валентные возможности элемента азота, химические связи в молекуле  $N_2$  и объясните инертность молекул азота.

2. Опишите аллотропные модификации фосфора. Сравните их физические свойства и химическую активность.

3. Рассмотрите взаимодействия азота и фосфора с металлами, неметаллами, щелочами.

4. Опишите строение водородных соединений азота и фосфора. Сравните их свойства. Объясните высокую растворимость аммиака и его относительно высокие температуры кипения и плавления.

5. Приведите примеры оксидов азота в различных степенях окисления. Охарактеризуйте их физические и химические свойства.

6. Какие оксиды образует фосфор? Охарактеризуйте строение и свойства фосфористой, фосфорной и полифосфорных кислот.

7. Рассмотрите строение молекулы азотной кислоты и ее химические свойства. На конкретных примерах покажите, как влияет концентрация и тип восстановителя на окислительную активность азотной кислоты.

8. Опишите термическое разложение нитратов, учитывая природу металлов и их положение в ряду напряжений.

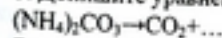
### Задания для самостоятельной работы

#### Вариант 1

1. Сколько аммиака можно получить из смеси 30 г хлорида аммония и 30 г оксида кальция, если выход составляет 95% от теоретического?

2. Какова масса фосфорита, содержащего 80%  $Ca_3(PO_4)_2$ , необходимого для получения 1 т простого суперфосфата?

3. Допишите уравнение реакции, укажите условия ее протекания:

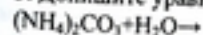


#### Вариант 2

1. Какая масса гашеной извести потребуется для получения из хлорида аммония аммиака необходимого для приготовления 1000 г 15%-ного раствора?

2. Какой объем 1 л раствора гидроксида натрия необходим для нейтрализации 10 г ортофосфорной кислоты до гидрофосфата натрия?

3. Допишите уравнение реакции, укажите условия ее протекания:

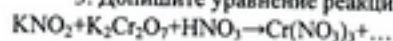


**Вариант 3**

1. Какое вещество, и в каком количестве получится, если смешать 3,4 г аммиака с 9 г хлороводорода?

2. Сколько фосфорита, содержащего 65%  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , необходимо для получения 1 кг фосфора, если выход составляет 93% от теоретического?

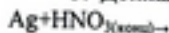
3. Допишите уравнение реакции:

**Вариант 4**

1. Сколько кг 70%-ного раствора серной кислоты необходимо для получения сульфата аммония из 102 кг аммиака?

2. При сгорании 6 г фосфора получилось 13,74 г оксида. Определите истинную формулу оксида, если плотность его пара по воздуху равна 9,8.

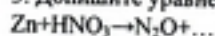
3. Допишите уравнение реакции, укажите условия ее протекания:

**Вариант 5**

1. Какой объем (при н.у.) займет аммиак, полученный из смеси 100 г хлорида аммония и 150 г гашеной извести?

2. Сколько молей оксида фосфора (V) должно образоваться при сгорании 6,2 кг фосфора?

3. Допишите уравнение реакции:

**Вариант 6**

1. Какой объем 1 н раствора соляной кислоты потребуется для нейтрализации 50 мл 12%-ного раствора аммиака с плотностью 0,953 г/мл?

2. Определите массу ортофосфорной кислоты, образующейся при кипячении 6 г фосфора с концентрированной азотной кислотой, и объем бурого газа, выделяющегося при этом.

3. Допишите уравнение реакции, укажите условия ее протекания:

**Вариант 7**

1. Какой объем 60%-ного раствора серной кислоты ( $\rho = 1,5$  г/мл) потребуется для реакции с 10 л аммиака (н.у.)? Какую массу сульфата аммония при этом можно получить?

2. Сколько г метафосфорной кислоты можно получить из 65 г фосфора, если выход продукта составит 90%?

3. Допишите уравнение реакции, укажите условия ее протекания:

**Вариант 8**

1. Один из оксидов азота пропустили над раскаленной медью. Найдите формулу оксида азота, если масса полученного оксида меди – 10 г, а объем выделившегося азота (при н.у.) составляет 2,8 л.

2. Сколько кг фосфора заключено в 50 кг костной муки, содержащей 58% фосфата кальция?

3. Допишите уравнение реакции:  $\text{HNO}_3(\text{конц}) + \text{Pb} \rightarrow$

**Вариант 9**

1. Сколько молей азотной кислоты можно получить из 2 л смеси газов, содержащей равные объемы, оксида азота (II) и кислорода?

2. При получении простого суперфосфата из апатита было получено 10 кг дигидрофосфата кальция. Сколько сульфата кальция при этом образовалось?

3. Допишите уравнение реакции:  $\text{H}_3\text{PO}_2 + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

**Вариант 10**

1. Какова масса азотной кислоты, полученной действием концентрированной серной кислоты на 12 г нитрата натрия, если 5% кислоты разлагается во время реакции?

2. Какая масса фосфорита, содержащего 30%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , потребуется для получения 1 кг фосфора?

3. Допишите уравнение реакции:  $\text{NH}_3 + \text{Na} \rightarrow$

**Вариант 11**

1. Какой объем 40%-ной серной кислоты, плотностью 1,307 г/мл потребуется для получения 13 г сульфата аммония?

2. При разложении какого количества фосфида магния водой выделяется 400 мл фосфина? Определите массу гидроксида магния, который при этом образуется.

3. Допишите уравнение реакции, укажите условия ее протекания:

**Вариант 12**

1. Сколько г сухого нитрита натрия ( $\text{NaNO}_2$ ) потребуется для восстановления 100 мл 0,2 М раствора перманганата калия?

2. Сколько г гидрофосфата натрия можно получить из фосфорной кислоты, полученной из 0,31 г  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ?

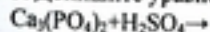
3. Допишите уравнение реакции:

**Вариант 13**

1. Каю массу азотной кислоты можно получить из 1 т аммиака, если выход продукта составляет 95%.

2. Газ, полученный при нагревании 26,4 г сульфата аммония с избытком гидроксида натрия, был поглощен раствором, содержащим 39,2 г фосфорной кислоты. Какая соль при этом образовалась?

3. Допишите уравнение реакции, укажите условия ее протекания:

**Вариант 14**

1. Рассчитайте, какова массовая доля азотной кислоты, полученной полным окислением аммиака, и растворением в образовавшейся воде по схеме:  $\text{NH}_3 + 2\text{O}_2 = \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .



2. Рассчитайте объем 96%-ной серной кислоты ( $\rho=1,84$  г/мл), необходимый для получения простого суперфосфата из 1 т фосфорита, содержащего 20% примесей.

3. Допишите уравнение реакции:



#### Вариант 15

1. Сколько 55%-ной азотной кислоты получится из 1 т аммиака, если выход продукта составляет 91%.

2. Взаимодействием негашеной извести с парами метафосфорной кислоты можно получить удобрение – метафосфат кальция. Рассчитайте содержание  $\text{P}_2\text{O}_5$  в нем.

3. Допишите уравнение реакции, укажите условия ее протекания:



### Лабораторная работа №6

#### Химические свойства азота, фосфора и их соединений

**Цель работы:** изучить химические свойства азота и фосфора, кислотно-основной и окислительно-восстановительный характер их соединений.

**Приборы:** штатив с пробирками, спиртовая горелка, пробки, газоотводные трубки, шпатели.

**Реактивы:**  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , стружки меди, индикаторная бумага.

**Растворы:**  $\text{HCl}$  (конц., разб. 1:1),  $\text{HNO}_3$  (конц.),  $\text{NH}_4\text{OH}$  (37%-ный),  $\text{NaOH}$  (40%-ный),  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (конц.),  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  (2%-ный), раствор фенолфталеина

#### Опыт 1. Получение и свойства аммиака.

а) В сухую пробирку до половины ее насыпьте тщательно смешанную смесь хлорида аммония и гашеной извести (1:1 по объему). Ойте пробкой с газоотводной трубкой и закрепите ее в штативе так, чтобы дно было несколько выше выходного отверстия. Наденьте сухую пробирку на газоотводную трубку. Почему ее надо повернуть вверх дном? Можно нагревать смесь и собрать аммиак в пробирку. Когда пробирка опустится (как это определить?), снимите ее, не переворачивая, и ойте пробкой.

б) Опустите пробирку с аммиаком в ванну с водой отверстием вниз, пробирку. После того как вода перестанет подниматься, пробирку пробкой и выньте пробирку из воды. фенолфталеина на полученный раствор. Какие твор?

в) Откройте под тягой склянки с концентрированным раствором аммиака и концентрированной  $\text{HCl}$ , поставьте их рядом. Что наблюдаете? Объясните наблюдаемое явление, напишите уравнение реакции.

**Опыт 2. Возгонка хлорида аммония. Качественная реакция на ионы аммония.**

а) Несколько кристалликов хлорида аммония положите в пробирку, закрепить ее наклонно, и нагреть там, где находится соль. Что наблюдается на холодной части пробирки? Объясните наблюдаемое явление.

б) Прилейте в пробирку немного воды, чтобы растворить соль. Добавьте раствор  $\text{NaOH}$ , нагрейте раствор. Поднесите к отверстию пробирки индикаторную бумажку. Как изменился ее цвет? Напишите уравнения реакций.

#### Опыт 3. Получение и свойства оксида азота (I).

Пробирку с небольшим количеством нитрата аммония осторожно нагреть. К отверстию пробирки поднести тлеющую лучинку. Что наблюдается. Отметьте цвет и запах выделяющегося газа. Напишите уравнения реакций.

**Опыт 3. Получение оксида азота (II) и оксида азота (IV).** В две пробирки с медными стружками прилейте в первую раствор азотной кислоты, во вторую – концентрированную азотную кислоту. Отметьте разницу цвета у выделяющихся газов. Напишите уравнения реакций.

#### Опыт 4. Реакции на ионы фосфорной кислоты.

а) К раствору гидрофосфата натрия прилить раствор  $\text{AgNO}_3$ . Опишите цвет полученного осадка. Испытайте его отношение к раствору  $\text{HNO}_3$ . Напишите уравнения соответствующих реакций.

б) К небольшому объему раствора молибдата аммония, подкисленному азотной кислотой прибавить несколько капель раствора соли фосфорной кислоты. Смесь нагреть. Каков вид и цвет осадка?

Уравнение данной реакции:



#### Тестовые задания для самоконтроля

1. Определите геометрию нитрат-иона.

- 1) линейная,
- 2) треугольная,
- 3) тетраэдрическая.

2. Составьте уравнение реакции между азотом и кислородом, укажите сумму коэффициентов в уравнении.

- 1) 4,
- 2) 5,
- 3) 6.

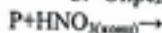
3. Укажите степень окисления азота в продукте реакции между хлоридом аммония и гидроксидом кальция.

- 1) -3,
- 2) +4,
- 3) +5.

4. Укажите, какие свойства проявляет в окислительно-восстановительных реакциях азотистая кислота.

- 1) окислительные и восстановительные,
- 2) только окислительные,
- 3) только восстановительные.

5. Определите степень окисления фосфора в продуктах реакции:



- 1) -3,
- 2) +4,
- 3) +5.

6. Укажите значение pH в водном растворе фосфата натрия.

- 1) pH > 7,
- 2) pH < 7,
- 3) pH = 7.

7. Укажите число атомов в молекуле продукта взаимодействия фосфора с избытком фтора.

- 1) 5,
- 2) 6,
- 3) 8.

8. Укажите сумму коэффициентов в уравнении реакции между азотом и литием.

- 1) 7,
- 2) 9,
- 3) 11.

9. Какой газ образуется в результате окисления аммиака кислородом при 800°K на платиновом катализаторе.

- 1) N<sub>2</sub>,
- 2) NO,
- 3) NO<sub>2</sub>.

10. Укажите степень окисления азота в азотсодержащем продукте термического разложения нитрата меди.

- 1) 0,
- 2) +2,
- 3) +4

Ключи к тестовым заданиям

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ ответа	2	1	1	1	3	1	2	2	2	3

## Неметаллы IIIA и IVA групп

### Контрольные вопросы

1. Рассмотрите электронное строение атома бора, строение его кристаллической решетки и физические свойства.

2. Опишите химические свойства бора.

3. Охарактеризуйте свойства водородных соединений бора.

4. Опишите свойства, получение и применение борной кислоты, нитрида и карбида бора.

5. Представьте конфигурацию валентных электронов углерода и кремния в основном и возбужденном состоянии.

6. Опишите характер гибридизации и кристаллическое строение аллотропных модификаций углерода, строение кристаллической решетки кремния.

7. Охарактеризуйте химические свойства углерода и кремния. Какие степени окисления проявляют углерод и кремний в соединениях? Приведите примеры соединений в различных степенях окисления.

8. Охарактеризуйте строение и свойства водородных соединений углерода, карбамида, циана и его производных.

9. Охарактеризуйте строение кислородных соединений углерода, их химические свойства, получение и применение.

10. Охарактеризуйте водородные и кислородные соединения кремния, их физические и химические свойства. Кремниевые кислоты и силикаты.

### Задания для самостоятельной работы

#### Вариант 1

1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



2. При 20°С в 500 мл воды растворили  $1,9 \cdot 10^{-2}$  моль углекислого газа. Какова массовая доля CO<sub>2</sub> в растворе?

3. Напишите уравнение реакции между оксидом кремния (IV) и карбонатом натрия при прокаливании.

#### Вариант 2

1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



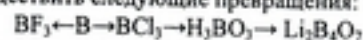


2. Какой объем  $\text{CO}_2$  (при н.у.) получится при сжигании 100 г сажки?

3. Напишите уравнение реакции между оксидом кремния (IV) и гидроксидом натрия при прокаливании.

#### Вариант 3

1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

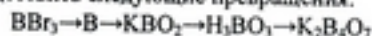


2. При обжиге 100 г известняка получилось 40 г оксида углерода (IV). Каково процентное содержание карбоната кальция в известняке, если весь карбонат разложился при обжиге?

3. Напишите уравнение реакции между кремниевой кислотой и карбонатом калия при прокаливании.

#### Вариант 4

1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

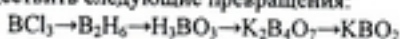


2. При сжигании 16 мл смеси оксида углерода (II) и оксида углерода (IV) в избытке кислорода общий объем смеси уменьшился на 2 мл. Каково объемное содержание CO в этой смеси?

3. Напишите уравнение реакции между хлоридом кремния (IV) и водой.

#### Вариант 5

1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



2. При пропускании 9 л смеси оксида углерода (II) и оксида углерода (IV) через известковую воду образовался осадок массой 10 г. Каков состав газовой смеси в процентах?

3. Напишите уравнение реакции между оксидом кремния (IV) и гидроксидом кальция при прокаливании.

#### Вариант 6

1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



2. Какой объем 2 М раствора NaOH потребуется для получения 15 г буры нейтрализацией раствора борной кислоты?

3. Как влияет понижение температуры и повышение давления на равновесие реакции:  $\text{C} + 2\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_4 + \text{Q}$ ?

#### Вариант 7

1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

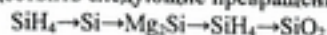


2. Сколько г буры можно получить из 25 г 5%-ного раствора борной кислоты?

3. Как влияет повышение температуры и повышение давления на равновесие реакции:  $\text{CO} + 2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2 + \text{Q}$ ?

#### Вариант 8

1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

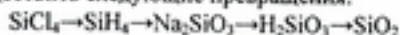


2. Сколько мл 65%-ной азотной кислоты ( $\rho = 1,4$  г/мл) потребуется для окисления 10 г аморфного бора до борной кислоты, если кислота при этом восстанавливается до  $\text{NO}_2$ ?

3. Как влияет понижение температуры и понижение давления на равновесие реакции:  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2 + \text{Q}$ ?

#### Вариант 9

1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

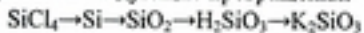


2. Сколько мл 92%-ной серной кислоты ( $\rho = 1,83$  г/мл) потребуется для окисления 2 г аморфного бора до борной кислоты, если серная кислота при этом восстанавливается до  $\text{SO}_2$ ?

3. Составьте молекулярные и ионные уравнения реакций взаимодействия: а)  $\text{NaHCO}_3 + \text{HNO}_3$ ; б)  $\text{NaHCO}_3 + \text{KOH}$ .

#### Вариант 10

1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

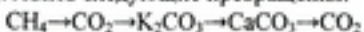


2. При растворении аморфного бора в концентрированном растворе щелочи выделилось 5 л водорода. Сколько г бора вступило в реакцию? Сколько метабора при этом образовалось?

3. Составьте молекулярные и ионные уравнения реакций взаимодействия: а)  $\text{CaHCO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2$ ; б)  $\text{CaHCO}_3 + \text{KOH}$ .

#### Вариант 11

1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

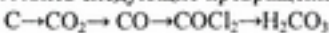


2. Какая масса кремния и какой объем 2 М раствора NaOH потребуется для получения 10 л водорода (при н.у.)?

3. Напишите уравнение реакции между хлоридом бора и водой.

#### Вариант 12

1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

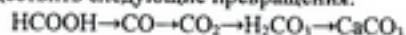


2. Сделайте расчет для приготовления 500 г 20%-ного раствора силиката натрия из  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ .

3. Напишите уравнение реакции получения нитрида бора. Объясните разницу между «белым графитом» и боразоном.

#### Вариант 13

1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

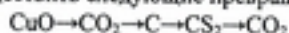


2. Сколько мл 28%-ного раствора  $\text{NaOH}$  ( $\rho = 1,31$  г/мл) потребуется для растворения кремния, восстановленного при прокаливании 5 г магния с 5 г  $\text{SiO}_2$ ?

3. Напишите уравнения реакций взаимодействия бора с фосфором и фтором. Укажите условия протекания этих реакций.

#### Вариант 14

1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

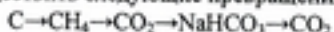


2. Сколько кремния можно получить восстановлением 20 г оксида кремния (IV) магнием, если выход составляет 75% от теоретического?

3. Напишите уравнения реакций взаимодействия бора с углеродом и хлором. Укажите условия протекания этих реакций.

#### Вариант 15

1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



2. Какой объем воздуха (при н.у.) потребуется для сжигания 1 л силана?

3. Напишите уравнения реакций взаимодействия бора с серой и бромом. Укажите условия протекания этих реакций.

### Лабораторная работа № 7

#### Свойства соединений углерода, кремния, бора

**Цель работы:** изучить химические свойства бора, углерода, и кремния, кислотно-основной и окислительно-восстановительный характер их соединений.

**Приборы:** штатив с пробирками, колба Вюрца, капельная воронка, спиртовая горелка, пробки, газоотводные трубки, штател.

**Реактивы:**  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$  (мрамор),  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , шавелевая кислота,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , индикаторная бумага.

**Растворы:**  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{HCl}$  (1:1 и конц.),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц.),  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , лакмус.

**Техника безопасности:** опыты с оксидом углерода (II) проводить в вытяжном шкафу, в присутствии преподавателя.

#### Опыт 1. Получение и свойства оксида углерода (II).

а) Соберите прибор. В колбу Вюрца поместите 5 г шавелевой кислоты. В делительную воронку налейте 12-15 мл концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Приливайте  $\text{H}_2\text{SO}_4$  небольшими порциями к шавелевой кислоте, смесь нагревайте. Через несколько минут подведите газоотводную трубку под цилиндр и соберите выделяющийся газ под водой. Закройте цилиндр под водой пробкой и выньте из кристаллизатора.

б) Откройте цилиндр и подожгите собранный в предыдущем опыте газ. Приливайте в цилиндр воду, пока весь газ не будет вытеснен. Обратите внимание на цвет пламени. Составьте уравнения реакций получения и горения оксида углерода (II).

#### Опыт 2. Получение и свойства оксида углерода (IV).

а) В аппарат Кипа положите кусочки мрамора и налейте раствор соляной кислоты. Выделяющийся газ опустите в пробирку с водой, подкрашенной лакмусом. Напишите уравнения соответствующих реакций.

б) Наберите углекислого газа из аппарата Кипа в стакан. Наполнение банки газом проверьте горячей лучиной. В другой стакан бросьте комочек ваты, смоченный спиртом, и подожгите его. Осторожно перелейте газ из первого стакана во второй. Что происходит?

в) В пробирку с известковой водой пропустите быстрый ток  $\text{CO}_2$ . Какие изменения происходят? Написать уравнения реакций, сделать вывод о растворимости средней и кислой соли.

г) Раствор из опыта (в) разлить на две пробирки. Одну пробирку нагреть, а в другую добавить гидроксид кальция. Напишите уравнения происходящих реакций.

#### Опыт 3. Гидролиз солей угольной кислоты.

Испытайте действие солей угольной кислоты  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$  на индикаторную бумагу. Напишите уравнения соответствующих уравнения реакций.

#### Опыт 4. Получение кремниевой кислоты.

а) К 5 мл раствора силиката натрия (лучше использовать раствор силикатного клея) добавьте раствор соляной кислоты (1:1). Вследствие выделения кремниевой кислоты содержимое пробирки превращается в гель. Напишите уравнение реакции.

б) В раствор силиката натрия пропустите ток  $\text{CO}_2$  из аппарата Кипа. Наблюдайте образование кремниевой кислоты. Напишите уравнение реакции. Сравните силу кремниевой и угольной кислоты.

#### Опыт 5. Гидролиз солей кремниевой кислоты.

Испытайте действие раствора силиката натрия на индикаторную бумагу. Напишите уравнения реакции гидролиза в молекулярной и ионной форме.



**Опыт 6. Свойства ортоборной кислоты.**

а) В пробирку насыпать около 1 г буры и добавить небольшими порциями воду до полного растворения соли. К полученному раствору осторожно прилейте концентрированную серную кислоту. Охладите пробирку под краном холодной воды. Отметьте цвет образующихся кристаллов.

б) К кристаллам борной кислоты добавьте воды, а затем нагрейте. Что можно сказать о растворимости борной кислоты на холоду и при нагревании?

в) В приготовленный раствор борной кислоты опустите кусочек ленты магния. Какой газ выделяется? Напишите уравнение реакции образования метабората натрия.

**Опыт 7. Гидролиз соли борной кислоты.**

Испытайте действие раствора тетрабората натрия (буры) на индикаторную бумагу. Напишите уравнения гидролиза.

**Тестовые задания для самоконтроля**

1. Определите тип гибридизации атомных орбиталей центрального атома и геометрию молекулы фторида бора.
  - 1) треугольник,
  - 2) тетраэдр,
  - 3) октаэдр.
2. Укажите суммарное число всех атомов в продукте реакции, содержащем бор:  $B + NaOH_{(конц)} + H_2O = \dots$ 
  - 1) 4,
  - 2) 5,
  - 3) 7.
3. Определите сумму стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции:  $B + NaOH_{(конц)} + H_2O = \dots$ 
  - 1) 8,
  - 2) 11,
  - 3) 13.
4. Определите тип гибридизации атомных орбиталей центрального атома и геометрию молекулы хлорида углерода (IV)
  - 1) треугольник,
  - 2) тетраэдр,
  - 3) октаэдр.
5. Укажите суммарное число всех атомов в продукте реакции, содержащем углерод:  $C + H_2SO_{4(конц)} = \dots$ 
  - 1) 3,
  - 2) 5,
  - 3) 6.

6. Укажите суммарное число всех атомов в продукте реакции, содержащем кремний:  $Si + NaOH_{(конц)} + H_2O = \dots$

- 1) 5,
- 2) 6,
- 3) 7.

7. Определите сумму стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции:  $C + HNO_{3(конц)} = \dots$

- 1) 7,
- 2) 8,
- 3) 12.

8. Определите сумму стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции:  $Si + NaOH_{(конц)} + H_2O = \dots$

- 1) 7,
- 2) 8,
- 3) 12.

9. Укажите суммарное число всех атомов в продукте реакции между концентрированным раствором гидроксида натрия и аморфным оксидом кремния.

- 1) 5,
- 2) 6,
- 3) 7.

10. Определите сумму стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции:  $SiO_2 + NaOH_{(конц)} = \dots$

- 1) 5,
- 2) 6,
- 3) 7.

**Ключи к тестовым заданиям**

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ ответа	1	1	2	2	1	2	3	1	2	1

# ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1

Термодинамические константы некоторых веществ

Вещество	$\Delta H_f^{\circ} (298)$ кДж/моль	$\Delta G_f^{\circ} (298)$ кДж/моль	$S^{\circ} (298)$ Дж/моль·К
Ag (к)	0	0	42,55
AgCl (к)	-127,1	-109,8	96,11
AgNO <sub>3</sub> (к)	-124,5	-33,6	140,9
Al (к)	0	0	28,35
Al(OH) <sub>3</sub> (к)	-1315	-1157	70,1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (к)	-1676	-1582	50,92
BaSO <sub>4</sub> (к)	-1465,0	-1353,0	132,0
C (алмаз, к)	1,828	2,833	2,36
C (графит, к)	0	0	5,74
CH <sub>4</sub> (г)	-74,86	-50,79	186,19
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (г)	226,8	200,8	209,2
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (г)	52,3	219,4	68,1
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH (к)	-277,6	160,7	174,8
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> (глюкоза, к)	-1273,0	-	919,5
CO (г)	-110,5	-137,14	197,54
CO <sub>2</sub> (г)	-393,5	-394,38	213,68
CaC <sub>2</sub> (к)	-62,8	-67,8	70,3
CaCO <sub>3</sub> (к)	-1206,9	-1128,8	92,9
CaO (к)	-635,5	-604,3	39,7
Ca(OH) <sub>2</sub> (к)	-986,6	-896,8	76,1
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (к)	-4123,6	3887,6	236
CaSiO <sub>3</sub> (к)	-1636	-1550,8	81,98
HCl (г)	-91,8	-94,79	186,8
Cr (к)	0	0	23,6
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (к)	-1140,6	-1059	81,2
Cr(OH) <sub>3</sub> (к)	-999,98	-849,02	80,33
Cu (к)	0	0	33,15
CuO (к)	-162	-129,4	42,63
Fe (к)	0	0	27,15
FeO (к)	-264,8	-244,3	60,75
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (к)	-822,2	-740,3	87,4
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (к)	-1117,1	-1014,2	146,2
FeS (к)	-100,4	-100,8	60,29
H <sub>2</sub> (г)	0	0	130,52
KCl (к)	-435,9	-408,0	82,56
KClO <sub>3</sub> (к)	-1434,4	-1324,7	142,97
Mg (к)	0	0	32,7
MgCO <sub>3</sub> (к)	-1113	-1029,3	65,7
MgO (к)	-601,8	-569,6	26,0
N <sub>2</sub> (г)	0	0	199,9

NH <sub>3</sub> (г)	-46,19	16,71	192,6
NH <sub>4</sub> Cl (к)	-134,2	-203,2	95,8
NO (г)	90,25	86,58	210,6
NO <sub>2</sub> (г)	33	51,5	240,2
HNO <sub>3</sub> (к)	-174,1	-80,8	156,6
NaCl (к)	-411,1	-384,0	72,12
NaOH (к)	-425,6	-380,7	64,4
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (к)	-1131,1	-1047,5	136,4
Na <sub>2</sub> O (к)	-416,0	-377,1	75,27
Na <sub>2</sub> S (к)	-370,3	-354,8	77,4
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (к)	-1384,6	-1266,8	149,5
Ni (к)	0	0	29,9
NiO (к)	-239,7	-211,6	37,99
O <sub>2</sub> (г)	0	0	205,04
H <sub>2</sub> O (г)	-241,82	-228,61	188,72
H <sub>2</sub> O (к)	-285,83	-237,24	70,08
P (к, белая)	0	0	41,1
P (к, красная)	-38,9	33,47	22,7
P <sub>4</sub> (г)	-17,6	-11,9	22,8
PH <sub>3</sub> (г)	58,9	24,5	279,9
P <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (к)	5,44	13,39	210,1
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (г)	-2984,0	-2697,8	228,8
Pb (к)	-1288,3	-1142,6	158,1
PbO (к)	0	0	64,8
PbS (к)	-219,3	-189,1	66,2
S (г)	-100,4	-98,8	91,2
S (к, моноклинная)	273,0	232,4	167,7
S (к, ромбическая)	0,38	0,188	32,6
SO <sub>2</sub> (г)	0	0	31,9
SO <sub>3</sub> (г)	-296,9	-300,2	248,1
SO <sub>3</sub> (к)	-396,1	-370	256,4
H <sub>2</sub> S (г)	-439,0	-368,04	122,05
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (к)	-21	-33,8	205,7
SiH <sub>4</sub> (г)	-814,2	-690,3	156,9
SiO <sub>2</sub> (к, кварц)	34,7	57,2	204,56
Sn (к, белая)	-908,3	-854,2	42,7
SnO <sub>2</sub> (к)	0	0	51,6
Zn (к)	-580,8	-519,9	52,3
Zn <sup>2+</sup> (г)	0	0	41,63
ZnO (к)	-153,74	-147,26	110,67
ZnS (к)	-350,6	-320,7	43,64
	-205,4	-200,7	57,74



Растворимость кислот, оснований и солей в воде

Таблица 2.

Ионы	H <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Cr <sup>3+</sup>
OH <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Cl <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
S <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	H	—	P	P	H	H	M	—	H	—	—	H	H	—	—	H
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	P	P	P	P	H	H	H	H	H	H	H	H	H	—	—	H
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

Константы диссоциации некоторых слабых электролитов (при 25° C)

Таблица 3

Вещество	K <sub>д</sub>	Вещество	K <sub>д</sub>
HCOOH	K = 1,77 · 10 <sup>-4</sup>	H <sub>2</sub> O	K = 1,8 · 10 <sup>-16</sup>
CH <sub>3</sub> COOH	K = 1,75 · 10 <sup>-5</sup>	NH <sub>4</sub> OH	K = 1,79 · 10 <sup>-5</sup>
HCN	K = 7,9 · 10 <sup>-10</sup>	Al(OH) <sub>3</sub>	K <sub>1</sub> = 1,38 · 10 <sup>-9</sup>
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	K <sub>1</sub> = 4,45 · 10 <sup>-7</sup> K <sub>2</sub> = 4,8 · 10 <sup>-11</sup>	Zn(OH) <sub>2</sub>	K <sub>1</sub> = 4,4 · 10 <sup>-5</sup> K <sub>2</sub> = 1,5 · 10 <sup>-9</sup>
HF	K = 6,61 · 10 <sup>-4</sup>	Cd(OH) <sub>2</sub> **	K <sub>2</sub> = 5 · 10 <sup>-3</sup>
HNO <sub>2</sub> *	K = 4 · 10 <sup>-4</sup>	Fe(OH) <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> = 1,3 · 10 <sup>-4</sup>
I <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	K <sub>1</sub> = 1,7 · 10 <sup>-2</sup> K <sub>2</sub> = 6,3 · 10 <sup>-8</sup>	Fe(OH) <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> = 1,82 · 10 <sup>-11</sup> K <sub>3</sub> = 1,35 · 10 <sup>-12</sup>
H <sub>2</sub> S	K <sub>1</sub> = 1,1 · 10 <sup>-7</sup> K <sub>2</sub> = 1 · 10 <sup>-14</sup>	Cu(OH) <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> = 3,4 · 10 <sup>-7</sup>
SiO <sub>2</sub>	K <sub>1</sub> = 1,3 · 10 <sup>-10</sup> K <sub>2</sub> = 2 · 10 <sup>-12</sup>	Ni(OH) <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> = 2,5 · 10 <sup>-5</sup>
PO <sub>4</sub>	K <sub>1</sub> = 7,5 · 10 <sup>-3</sup> K <sub>2</sub> = 6,31 · 10 <sup>-8</sup> K <sub>3</sub> = 1,3 · 10 <sup>-12</sup>	Cr(OH) <sub>3</sub>	K <sub>3</sub> = 1 · 10 <sup>-10</sup>
IO <sub>2</sub>	K = 10 <sup>-13</sup>	(AgOH)	K = 1,1 · 10 <sup>-4</sup>
		H <sub>3</sub> BO <sub>4</sub>	K = 5,8 · 10 <sup>-10</sup> K = 1,8 · 10 <sup>-13</sup> K = 1,6 · 10 <sup>-14</sup>
		Pb(OH) <sub>2</sub>	K <sub>1</sub> = 9,6 · 10 <sup>-4</sup> K <sub>2</sub> = 3 · 10 <sup>-8</sup>

Таблица 4.

Произведения растворимости труднорастворимых в воде соединений (при 25° C)

Вещество	ПР	Вещество	ПР
AgBr	7,7 · 10 <sup>-13</sup>	FeCO <sub>3</sub>	2,5 · 10 <sup>-11</sup>
AgCN	2 · 10 <sup>-16</sup>	Fe(OH) <sub>2</sub>	4,8 · 10 <sup>-16</sup>
AgCNS	1 · 10 <sup>-12</sup>	Fe(OH) <sub>3</sub>	4 · 10 <sup>-38</sup>
AgCl	1,6 · 10 <sup>-10</sup>	FeS	4 · 10 <sup>-19</sup>
Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	6,2 · 10 <sup>-12</sup>	HgS	4 · 10 <sup>-53</sup>
Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	4 · 10 <sup>-12</sup>	Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	2 · 10 <sup>-18</sup>
Ag <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	1 · 10 <sup>-10</sup>	Mg(OH) <sub>2</sub>	5 · 10 <sup>-12</sup>
AgNO <sub>2</sub>	1 · 10 <sup>-4</sup>	MgS	2 · 10 <sup>-15</sup>
AgI	8,3 · 10 <sup>-17</sup>	Mn(OH) <sub>2</sub>	4 · 10 <sup>-14</sup>
Ag <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1,3 · 10 <sup>-20</sup>	MnS	1,4 · 10 <sup>-10</sup>
Ag <sub>2</sub> S	4 · 10 <sup>-50</sup>	NiCO <sub>3</sub>	1,4 · 10 <sup>-7</sup>
Al(OH) <sub>3</sub>	1,9 · 10 <sup>-33</sup>	Ni(OH) <sub>2</sub>	7 · 10 <sup>-16</sup>
BaCO <sub>3</sub>	8 · 10 <sup>-9</sup>	PbCO <sub>3</sub>	1,5 · 10 <sup>-13</sup>
BaSO <sub>4</sub>	1,1 · 10 <sup>-10</sup>	PbCl <sub>2</sub>	1,7 · 10 <sup>-5</sup>
CaCO <sub>3</sub>	4,8 · 10 <sup>-9</sup>	PbCrO <sub>4</sub>	1,8 · 10 <sup>-14</sup>
CaSO <sub>4</sub>	6,1 · 10 <sup>-6</sup>	PbI <sub>2</sub>	8,7 · 10 <sup>-9</sup>
Cd(OH) <sub>2</sub>	4,3 · 10 <sup>-15</sup>	PbS	2 · 10 <sup>-27</sup>
CdS	1 · 10 <sup>-29</sup>	PbSO <sub>4</sub>	2 · 10 <sup>-8</sup>
Cr(OH) <sub>3</sub>	7 · 10 <sup>-31</sup>	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	1 · 10 <sup>-10</sup>
CoS	4 · 10 <sup>-21</sup>	SnS	1 · 10 <sup>-28</sup>
Co(OH) <sub>2</sub>	1,6 · 10 <sup>-15</sup>	SrCO <sub>3</sub>	1 · 10 <sup>-9</sup>
CuCl	3 · 10 <sup>-7</sup>	SeSO <sub>4</sub>	2,8 · 10 <sup>-7</sup>
CuI	1 · 10 <sup>-12</sup>	ZnCO <sub>3</sub>	6 · 10 <sup>-9</sup>
Cu(OH) <sub>2</sub>	2,2 · 10 <sup>-20</sup>	Zn(OH) <sub>2</sub>	5 · 10 <sup>-17</sup>
CuS	4 · 10 <sup>-38</sup>	ZnS	8 · 10 <sup>-26</sup>

Стандартные потенциалы металлических и газовых электродов (при 25°C)

Таблица 5.

Электрод	Электродная реакция	$E^0, \text{В}$
Li <sup>+</sup> /Li	$\text{Li}^+ + e = \text{Li}$	-3,045
Rb <sup>+</sup> /Rb	$\text{Rb}^+ + e = \text{Rb}$	-2,925
K <sup>+</sup> /K	$\text{K}^+ + e = \text{K}$	-2,925
Cs <sup>+</sup> /Cs	$\text{Cs}^+ + e = \text{Cs}$	-2,923
Ba <sup>2+</sup> /Ba	$\text{Ba}^{2+} + 2e = \text{Ba}$	-2,906
Ca <sup>2+</sup> /Ca	$\text{Ca}^{2+} + 2e = \text{Ca}$	-2,866
Na <sup>+</sup> /Na	$\text{Na}^+ + e = \text{Na}$	-2,714
La <sup>3+</sup> /La	$\text{La}^{3+} + 3e = \text{La}$	-2,522
Mg <sup>2+</sup> /Mg	$\text{Mg}^{2+} + 2e = \text{Mg}$	-2,363
Be <sup>2+</sup> /Be	$\text{Be}^{2+} + 2e = \text{Be}$	-1,847
Al <sup>3+</sup> /Al	$\text{Al}^{3+} + 3e = \text{Al}$	-1,662
Ti <sup>2+</sup> /Ti	$\text{Ti}^{2+} + 2e = \text{Ti}$	-1,628
V <sup>2+</sup> /V	$\text{V}^{2+} + 2e = \text{V}$	-1,186
Mn <sup>2+</sup> /Mn	$\text{Mn}^{2+} + 2e = \text{Mn}$	-1,180
Cr <sup>2+</sup> /Cr	$\text{Cr}^{2+} + 2e = \text{Cr}$	-0,913
Zn <sup>2+</sup> /Zn	$\text{Zn}^{2+} + 2e = \text{Zn}$	-0,763
Cr <sup>3+</sup> /Cr	$\text{Cr}^{3+} + 3e = \text{Cr}$	-0,744
S <sup>0</sup> /S <sup>2-</sup>	$\text{S}^0 + 2e = \text{S}^{2-}$	-0,510
Fe <sup>2+</sup> /Fe	$\text{Fe}^{2+} + 2e = \text{Fe}$	-0,440
Cd <sup>2+</sup> /Cd	$\text{Cd}^{2+} + 2e = \text{Cd}$	-0,403
Co <sup>2+</sup> /Co	$\text{Co}^{2+} + 2e = \text{Co}$	-0,277
Ni <sup>2+</sup> /Ni	$\text{Ni}^{2+} + 2e = \text{Ni}$	-0,250
Sn <sup>2+</sup> /Sn	$\text{Sn}^{2+} + 2e = \text{Sn}$	-0,136
Pb <sup>2+</sup> /Pb	$\text{Pb}^{2+} + 2e = \text{Pb}$	-0,126
Fe <sup>3+</sup> /Fe	$\text{Fe}^{3+} + 3e = \text{Fe}$	-0,036
2H <sup>+</sup> /H <sub>2</sub>	$\text{H}^+ + e = \frac{1}{2}\text{H}_2$	+0,000
Cu <sup>2+</sup> /Cu	$\text{Cu}^{2+} + 2e = \text{Cu}$	+0,337
O <sub>2</sub> /OH <sup>-</sup>	$\frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2e = 2\text{OH}^-$	+0,401
Cu <sup>+</sup> /Cu	$\text{Cu}^+ + e = \text{Cu}$	+0,521
Ag <sup>+</sup> /Ag	$\text{Ag}^+ + e = \text{Ag}$	+0,799
Hg <sup>2+</sup> /Hg	$\text{Hg}^{2+} + 2e = \text{Hg}$	+0,854
Pd <sup>2+</sup> /Pd	$\text{Pd}^{2+} + 2e = \text{Pd}$	+0,987
Br <sub>2</sub> /2Br <sup>-</sup>	$\frac{1}{2}\text{Br}_2 + e = \text{Br}^-$	+1,065
Pt <sup>2+</sup> /Pt	$\text{Pt}^{2+} + 2e = \text{Pt}$	+1,190
Cl <sub>2</sub> /2Cl <sup>-</sup>	$\frac{1}{2}\text{Cl}_2 + e = \text{Cl}^-$	+1,359
Au <sup>3+</sup> /Au	$\text{Au}^{3+} + 3e = \text{Au}$	+1,498
Au <sup>+</sup> /Au	$\text{Au}^+ + e = \text{Au}$	+1,691
H <sub>2</sub> /2H <sup>+</sup>	$\frac{1}{2}\text{H}_2 + e = \text{H}^+$	+2,200

Стандартные электродные потенциалы некоторых систем в водных растворах

Таблица 6.

Уравнение процесса	$E^0, \text{В}$
<b>Азот</b>	
$\text{HNO}_3 + \text{H}^+ + e \rightleftharpoons \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	0,990
$\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} + e \rightleftharpoons \text{NO} + 2\text{OH}^-$	-0,460
$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3e \rightleftharpoons \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	0,957
$\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	0,835
<b>Алюминий</b>	
$\text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3e \rightleftharpoons \text{Al}^0 + 4\text{OH}^-$	-2,350
$\text{Al}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Al}^0$	-1,663
<b>Бром</b>	
$2\text{BrO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10e \rightleftharpoons \text{Br}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	1,520
$\text{Br}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$	1,065
$\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6e \rightleftharpoons \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	1,440
<b>Водород</b>	
$2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{H}_2$	0,000
<b>Железо</b>	
$\text{Fe}^{3+} + e \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	0,771
$\text{Fe}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Fe}^0$	-0,440
<b>Иод</b>	
$\text{I}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{I}^-$	0,536
$2\text{IO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10e \rightleftharpoons \text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	1,190
<b>Магний</b>	
$\text{Mg}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Mg}^0$	-2,363
<b>Марганец</b>	
$\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	1,228
$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5e \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	1,507
<b>Медь</b>	
$\text{Cu}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cu}^0$	0,337
<b>Мышьяк</b>	
$\text{AsO}_4^{3-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{AsO}_2^- + 4\text{OH}^-$	-0,710
<b>Олово</b>	
$\text{Sn}^{4+} + 2e \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}$	0,151
<b>Селен</b>	
$\text{H}_2\text{SeO}_3 + 4\text{H}^+ + 4e \rightleftharpoons \text{Se}^0 + 3\text{H}_2\text{O}$	-0,741
<b>Сера</b>	
$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	0,200
$\text{S}^0 + 2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}$	0,170
<b>Серебро</b>	
$\text{Ag}^+ + e \rightleftharpoons \text{Ag}^0$	0,799
<b>Фосфор</b>	
$\text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	-0,276



Хлор		
$\text{Cl}_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$		1,359
$\text{ClO}_4^- + 8\text{H}^+ + 8e^- \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 4\text{H}_2\text{O}$		1,380
$\text{ClO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6e^- \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 6\text{OH}^-$		0,630
$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$		0,880
$\text{ClO}_2^- + 6\text{H}^+ + 6e^- \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$		1,451
Хром		
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6e^- \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$		1,333
$\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Cr}(\text{OH})_3 + 5\text{OH}^-$		-0,130

Таблица 8

Группы		Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева																								VII		VIII		IX		X		XI		XII		XIII		XIV		XV		XVI		XVII		XVIII																																																			
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII																																																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200

### Рекомендуемая литература

1. Н.Л. Глинка. Общая химия. М.: Интеграл пресс, 2011.
2. Н.В. Коровин. Общая химия. М.: Высшая школа, 2003.

### Содержание

Введение	
Правила техники безопасности при работе в химической лаборатории	
Работа №1. Металлы s-семейств	5
Работа №2. Металлы p-семейств	11
Работа №3. Металлы d-семейств	17
Работа №4. Неметаллы. Водород и галогены	23
Работа №5. Неметаллы VIA группы	31
Работа №6. Неметаллы VA группы	38
Работа №7. Неметаллы IIIA и IV A групп	44
Приложения	51



**Мартынова Татьяна Викторовна**

**Практикум по неорганической химии**

*Под редакцией автора*

*Оригинал-макет подготовлен редакционно-издательским отделом  
Университета машиностроения*

По тематическому плану внутривузовских изданий учебной литературы  
на 2013г.

Подписано в печать 10.2013г. Формат 60х90 1/16. Бумага 80 г/м<sup>2</sup>

Гарнитура «Таймс». Ризография. усл. печ. л. 3,75.

Тираж 50 экз. Заказ № 177-13.

Университет машиностроения  
107023, г. Москва, Б. Семеновская ул., 38.