

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет естественных наук  
Кафедра общей химии

**НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

Учебно-методический комплекс

Новосибирск  
2018

УДК 546-3  
ББК 24.12  
Н 52

Составители:  
проф. *С. В. Корнев*, проф. *Н. Г. Наумов*,  
проф. *Ю. В. Шубин*, доц. *И. В. Ельцов*

**Н 52** Неорганическая химия : учеб.-метод. комплекс / С. В. Корнев, Н. Г. Наумов, Ю. В. Шубин, И. В. Ельцов; Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2018. – 58 с.

Учебно-методический комплекс предназначен для студентов I курса биологического отделения факультета естественных наук и содержит цели и задачи курса, требования к уровню освоения содержания курса, объем дисциплины и виды учебной работы, систему контроля знаний студента, содержание курса (тематический план и программу курса «Неорганическая химия», модульные задания для самостоятельной работы по курсу неорганической химии, примеры контрольных работ и экзаменов с ответами и решениями).

**УДК 546-3**  
**ББК 24.12**

© Новосибирский государственный  
университет, 2018

## 1. Цели и задачи курса

Дисциплина «Неорганическая химия» предназначена для обучения студентов основам неорганической химии и приобретения ими навыков работы в химической лаборатории.

Основной целью освоения дисциплины является развитие у студентов химического мировоззрения и приобретения ими необходимого минимума химических знаний и навыков работы с веществом.

Для достижения поставленной цели выделяются задачи курса:

- 1) обучение основам химического языка и химической классификации;
- 2) получение студентами основных представлений о свойствах элементов и их соединений;
- 3) обучение студентов проведению расчетов по уравнениям химических реакций;
- 4) приобретение студентами навыков работы в химической лаборатории и проведении синтезов неорганических соединений.

## 2. Требования к уровню усвоения содержания курса

По окончании изучения указанной дисциплины студент должен:

- *иметь представление* об основных закономерностях изменения свойств атомов, ионов, простых веществ и соединений согласно периодической системы элементов;
- *знать* систематическую номенклатуру неорганических соединений, основные химические свойства элементов I, II, III и IV периодов и их соединений;
- *уметь* правильно записывать химические уравнения для различных классов реакций, производить химические расчеты и работать в химической лаборатории.

## 3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Изучение неорганической химии студентами специальности «Биология» построено на базе лекций, семинарских занятий, лабораторного практикума и в соответствии с учебным планом осуществляется во втором семестре I курса.

Курс лекций включает в себя пять разделов.

1. Основные закономерности периодической системы (ПС).  
Комплексные соединения.

2. Химия элементов VI и VII групп ПС.
3. Химия элементов IV и V групп ПС.
4. Химия элементов II и III групп ПС.
5. Химия элементов I и VIII ПС.

Для успешного усвоения лекционного курса к каждому разделу существуют наборы вопросов и задач (модули), над которыми студент работает самостоятельно. Результаты должны быть представлены преподавателю к определенному сроку. В течение семестра выполняются *3 контрольные работы* и *5 модульных заданий*. Кроме того, в течение семестра студенты обязаны выполнить и сдать *8 лабораторных работ*, а также выполнить и защитить *курсовую работу (синтез)*. Выполнение указанных видов работ является обязательным для всех студентов, результаты текущего контроля служат основанием для выставления оценок в ведомость контрольной недели на факультете.

#### 4. Система контроля знаний студента

**Текущий контроль.** Оценки самостоятельной работы (СР) по модулям выставляются преподавателем после устной беседы со студентом.

Общая сумма баллов за СР – 1000 ( $5 \times 200$ ).

Оценки трех контрольных работ (КР):

I КР (1 и 2 модуль) – 500 баллов;

II КР (3 модуль) – 500 баллов;

III КР (итоговая по всему материалу) – 1000 баллов.

Общая сумма баллов за КР – 2000.

Сроки написания контрольных работ отражены в учебном плане. Вопросы и задачи, помогающие студенту усвоить основные понятия каждого раздела курса, включены в соответствующие модули.

**Итоговый контроль.** Для контроля усвоения дисциплины учебным планом предусмотрен экзамен.

Оценка письменной экзаменационной работы – 1000 баллов.

Студент может получить оценку за изучение курса неорганической химии по итогам работы в семестре. Для этого необходимо набрать следующие суммы баллов за СР и КР:

<i>Сумма баллов за СР</i>	<i>Сумма баллов за КР</i>	<i>Оценка</i>
1000–800	2000–1700	отлично
799–700	1699–1400	хорошо

Если студента не устраивает оценка, полученная за работу в семестре, то он имеет право сдавать экзамен. Окончательная оценка выставляется по сумме баллов за КР и экзамен:

<i>Сумма баллов за КР и экзамен</i>	<i>Оценка</i>
3000–2250	отлично
2249–1900	хорошо
1899–1500	удовлетворительно

Также предусмотрен зачет по результатам выполнения практикума. Каждая лабораторная работа оценивается в 100 баллов, курсовой синтез – в 200 баллов. Зачет выставляется при получении студентом 80 % от общей суммы баллов за лабораторные работы.

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Новизна курса

Основа курса – химия XVII–XXI вв. В лекционный курс постоянно включается информация о новейших достижениях науки. Содержание курса аналогично курсу, читаемому в МГУ и ведущих зарубежных университетах.

### 5.2. Тематический план курса (распределение часов)

<i>Наименование разделов</i>	<i>Количество часов</i>				
	<i>Лекции</i>	<i>Семинары</i>	<i>Лабораторные работы</i>	<i>Самостоятельная работа</i>	<i>Всего часов</i>
Введение в неорганическую химию	6	4	–	6	14
Свойства химических элементов и их соединений	46	22	52	30	150
Итого по курсу	52	26	52	36	164

### 5.3. Содержание разделов

#### ВВЕДЕНИЕ В НЕОРГАНИЧЕСКУЮ ХИМИЮ

1. Периодический закон и периодическая система (ПС) элементов Д. И. Менделеева. Закономерности изменения свойств атомов, ионов, простых веществ и соединений по рядам и подгруппам ПС.

2. Комплексные (координационные) соединения. Классификация комплексных соединений по центральным атомам и лигандам. Виды изомерии: геометрическая, ионизационная, гидратная, связевая, координационная. Геометрическое строение внутренней сферы. Термодинамика комплексообразования. Методы синтеза комплексных соединений.

3. Классификация и номенклатура неорганических соединений, включая комплексные соединения (семинарские занятия).

#### СВОЙСТВА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ

Систематическое изложение химии элементов и их соединений включает общую характеристику группы, сравнение свойств главной и побочной подгрупп, основные сырьевые источники элементов и способы их переработки. Характеристика элементов главных и побочных подгрупп ПС включает степени окисления элементов, типы соединений, окислительно-восстановительные (О–В) и кислотно-основные (К–О) свойства этих соединений на основе закономерностей ПС.

1. **Водород.** Степени окисления, типы соединений, их О–В свойства. Изотопы.

2. **VII гр. ПС.** Галогены в свободном состоянии, их получение, О–В свойства, взаимодействие с водой и растворами щелочей. Галогеноводороды, получение, сравнение восстановительных свойств. Галогениды металлов и неметаллов, их взаимодействие с водой. Кислородные соединения галогенов, способы их получения, сравнение К–О и О–В свойств. Межгалогидные соединения. Полигалогениды.

Побочная подгруппа. Соединения в степени окисления 7+, сравнение свойств оксидов, кислот и солей. Основные степени окисле-

ния Mn, примеры соединений. Получение соединений из природного  $MnO_2$ .

3. **VI гр. ПС.** Кислород. Степени окисления, типы соединений, их К–О и О–В свойства. Подгруппа серы. Простые вещества, их свойства. Водородные соединения. Сравнение восстановительных и кислотных свойств. Кислородные соединения. Сравнение К–О и О–В свойств соединений в степени окисления 4+ и 6+. Элементарная сера, О–В свойства, диспропорционирование. Сероводород, получение, восстановительные свойства, кислотные свойства, сульфиды, гидросульфиды. Сульфаны, получение, кислотные свойства, полисульфиды. Кислородные соединения серы. Диоксид серы, получение. Сернистая кислота, сульфиты, гидросульфиты. О–В свойства соединений серы в степени окисления 4+. Триоксид серы и серная кислота. Окислительные свойства, кислотные свойства. Сульфаты, полисульфаты. Тиосерная кислота, тиосульфаты, получение, строение и О–В свойства. Пероксокислоты и их соли, получение и окислительные свойства. Галогениды и оксогалогениды серы, их взаимодействие с водой.

Побочная подгруппа. Соединения в степени окисления 6+, сравнение свойств оксидов и солей. Основные степени окисления Cr, примеры соединений. Получение соединений из природного  $FeO \cdot Cr_2O_3$ .

4. **V гр. ПС.** Азот. Получение и свойства. Аммиак, получение, К–О свойства в водном растворе и жидком состоянии. Донорные и восстановительные свойства. Соли аммония, отношение к нагреванию в твердом состоянии. Гидразин, получение, строение, К–О и О–В свойства. Оксиды азота, их получение. О–В свойства соединений азота в степени окисления 3+ и 5+. Донорные свойства нитрит-иона. Галогениды и оксогалогениды азота, их отношение к воде. Соли нитрозония и нитрония. Подгруппа фосфора. Простые вещества, сравнение свойств. Водородные соединения, сравнение устойчивости. Взаимодействие простых веществ с раствором щелочи. Кислородные соединения. Оксиды и гидроксиды элементов в степени окисления 3+, получение, сравнение К–О свойств. Строение фосфористой кислоты, фосфиты. Оксиды элементов в степени окисления 5+ и их получение. Фосфорная и сурьмяная кислоты, их получение. Соединения висмута 5+. Сравнение О–В свойств соединений элементов подгруппы фосфора. Галогениды, их получение и отношение к воде. Тиосоли и тиокислоты, получение и свойства.

Побочная подгруппа. Соединения в степени окисления 5+, способы получения. Основные степени окисления ванадия, примеры соединений.

5. **IV гр. ПС.** Углерод, аллотропные модификации. Ионные и ковалентные карбиды. Кислородные соединения. Моноксид углерода, получение, восстановительные и кислотные свойства, донорные свойства. Диоксид углерода, получение, кислотные свойства, карбонаты и гидрокарбонаты. Сероуглерод и тиокарбонаты. Циановодородная и родановодородная кислоты, их строение, кислотные и донорные свойства. Кремний, силициды, силаны, полученные свойства. Галогениды кремния, их отношение к воде. Диоксид кремния и кремниевые кислоты, свойства. Типы соединений германия. Олово и свинец, отношение к кислотам и щелочам. Оксиды и гидроксиды металлов в степени окисления 2+, получение, свойства. Оловянные кислоты, получение, свойства. Диоксид свинца, получение, К–О- и О–В-свойства. Галогениды свинца, простые и комплексные, их свойства.

Побочная подгруппа. Соединения в степени окисления 4+, способы получения. Отличие Тi от Zr и Hf. Галогениды и их гидролиз, комплексные галогениды.

6. **III гр. ПС.** Бор, свойства. Бороводороды, строение, свойства. Галогениды бора, их отношение к воде. Оксид бора и ортоборная кислота, кислотные свойства, тетрабораты. Нитрид бора, аллотропные модификации. Алюминий, свойства. Алюмотермия. Гидроксид алюминия, К–О-свойства, соли. Сравнение свойств галлия и индия с алюминием. Таллий, его свойства. Оксид, гидроксид и соли таллия 1+, сравнение с соединениями щелочных металлов и серебра. Гидроксид таллия 3+, К–О-свойства, соли, О–В-свойства. Сравнение К–О-свойств гидроксидов элементов в степени окисления 3+. Побочная подгруппа. Хлориды, нитриды, гидроксиды, оксиды, соли скандия, иттрия, лантана, актиния в степени окисления 3+. Сравнение свойств. Лантаноиды, лантаноидное сжатие, сравнение К–О-свойств гидроксидов (3+), соли лантаноидов. Другие степени окисления лантаноидов, их О–В-свойства. Актиноиды, устойчивые степени окисления, примеры соединений и их свойства.

7. **II гр. ПС.** Главная подгруппа. Элементы в свободном состоянии, общие свойства, различия. Гидроксиды, закономерности изменения свойств.



Побочная подгруппа. Металлы в свободном состоянии, свойства. Оксиды, гидроксиды, К–О-свойства. Соли цинка 2+ и кадмия 2+. Общие свойства: растворимые и нерастворимые в воде соли, комплексы. Различия свойств галогенидов цинка и кадмия. Соединения ртути 2+. Оксид, соли, электролитическая диссоциация и гидролиз солей. Соли ртути 1+, диспропорционирование. Смещение равновесия диспропорционирования. Комплексные соединения ртути 2+. О–В-реакции в химии ртути.

8. **I гр. ПС.** Главная подгруппа – щелочные металлы, свойства. Оксиды, гидроксиды, пероксиды, получение, свойства.

Побочная подгруппа. Медь, свойства. Соединения меди 1+. Оксид, свойства. Соли, диспропорционирование, сравнение с соединениями ртути 1+, О–В-свойства, комплексы. Соединения меди 2+. Оксид, гидроксид, свойства. О–В-свойства. Необычные степени окисления, примеры соединений. Серебро, свойства. Соединения серебра 1+. Оксид, соли, комплексы. Другие степени окисления, примеры соединений. Золото, свойства. Соединения золота 1+, соли, диспропорционирование, комплексы. Соединения золота 3+. Оксид, гидроксид, К–О-свойства. Соли, комплексы. Другие степени окисления, примеры соединений.

9. **VIII гр. ПС.** Побочная подгруппа. Семейство железа. Свойства металлов. Соединения в степени окисления 2+. Оксиды, гидроксиды, К–О-свойства. Соли. Термодинамика взаимодействия металлов в степени окисления 2+ с кислородом в кислой и щелочной средах. Соединения в степени окисления 3+. Гидроксиды, соли, термодинамика их образования, О–В-свойства. Комплексные соединения, карбонилы. Соединения железа 6+. Ферраты, получение, окислительные свойства. Платиновые металлы. Отношение к кислотам, окислительная щелочная плавка. Степени окисления. Примеры простых соединений платины в разных степенях окисления. Примеры комплексов платины 2+ и платины 4+. Соединения рутения 8+ и осмия 8+. Тетраоксиды, получение, свойства. Комплексы.

Главная подгруппа. Инертные газы, применение, клатраты. Соединения ксенона. Типы соединений, получение, свойства, методы исследования.

## 6. Модульные задания для самостоятельной работы

### Модуль 1 (200 баллов)

#### I часть. Классификация и номенклатура неорганических соединений. Основные закономерности ПС

1. Для элементов третьего периода ПС укажите высшие степени окисления. Предложите формулы бинарных соединений с фтором и кислородом в этих степенях окисления. Назовите известные вам фторсодержащие соединения по систематической (IUPAC) номенклатуре. Запишите соответствующие оксидам структурные формулы кислот или оснований и дайте их систематические названия.

2. Что такое амфотерность? Приведите два примера амфотерных оксидов, проиллюстрируйте кислотно-основные свойства одного из них на примере его взаимодействия с водными растворами гидроксида калия и соляной кислоты. Дайте систематические названия продуктов этих реакций.

3. Напишите уравнения реакций гидроксида натрия с фосфорной кислотой и гидроксида магния с азотной кислотой, в которых образуются основные, средние и кислые соли. Дайте систематические названия продуктов этих реакций. Качественно оцените, в какой области pH будут находиться водные растворы этих солей. Кратко обоснуйте ответ с позиций теории электролитической диссоциации.

4. Напишите химические формулы следующих соединений:

дихлорид железа, оксид азота (IV), трихлорид-бромид олова, оксид-дихлорид меди (II), хлороводородная кислота, силан, кремниевая кислота, тетраоксоренат (VII) натрия, гидросульфат кобальта (II), дигидрат хлорида кальция, селенит бария, метафосфорная кислота.

Дайте названия, используя любую известную вам номенклатуру, следующих соединений:

$\text{CrHP}_2\text{O}_7$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ,  $\text{SF}_6$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_2)_2$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ .

5. Используя знания о периодическом изменении химических свойств элементов ПС, качественно сравните кислотно-основные свойства водных растворов гидроксидов элементов с атомными

номера 12 и 38, а также водородных соединений элементов с атомными номерами 8 и 34. Ответ обоснуйте.

## II часть. Координационные соединения

*Считать, что аммиак может находиться только во внутренней сфере комплексного соединения.*

1. Для соединения брутто состава  $\text{NiCl}_3(\text{NH}_3)_6$  запишите координационную формулу и укажите:

- а) центральный атом;
- б) координационное число центрального атома;
- в) геометрию внутренней сферы комплекса;
- г) заряд внутренней сферы;
- д) название по систематической (IUPAC) номенклатуре.

2. Известно пять октаэдрических комплексных соединений Pt(IV) брутто состава  $\text{Pt}(\text{NH}_3)_x\text{Cl}_4$ , где  $x$  имеет значения 2, 3, 4, 5, 6. Данные по электропроводности водных растворов этих комплексов показывают, что число ионов образующихся при электролитической диссоциации равно: 0 при  $x = 2$ ; 2 при  $x = 3$ ; 3 при  $x = 4$ ; 4 при  $x = 5$ ; 5 при  $x = 6$ . Запишите структурные формулы этих комплексных соединений, учитывая все возможные виды изомерии.

3. Запишите структурные формулы всех возможных изомеров для октаэдрического комплекса состава  $\text{Ir}(\text{NH}_3)_4\text{Br}_2(\text{NO}_2)$ . Какие виды изомерии реализуются при этом? Дайте название (IUPAC) одного из изомеров и напишите для него выражение константы образования  $\beta_6$ .

4. Напишите эмпирические и структурные формулы следующих комплексных соединений:

- а) транс-динитродиаамминникель;
- б) гекса (циано-N) хромат (III) рубидия;
- в) ос-трис-(пиридин) триодородий (III);
- г) тетрахлоаурат (III) калия;
- д) гексабромопалладат (IV) тетраамминплатины (II).

5. Вычислить концентрацию аммиака, ионов  $[\text{Au}(\text{NH}_3)]^+$ ,  $\text{Au}^+$  и  $\text{Cl}^-$  в 0,8 М в водном растворе  $[\text{Au}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ . Напишите выражение

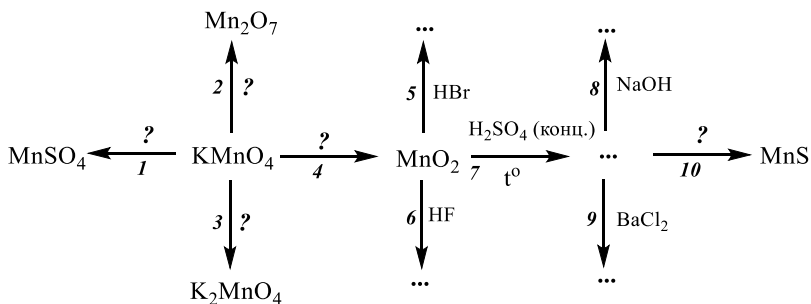
для константы образования комплексного иона  $\beta_2$  и рассчитайте ее значение, если известны константы ступенчатой диссоциации этого комплекса ( $K_1 = 4,6 \times 10^{-4}$ ,  $K_2 = 1,2 \times 10^{-4}$ ).

**Модуль 2 (200 баллов)**  
**Химия водорода и элементов VI и VII групп**  
**периодической системы**

1. Предложите способы получения простых веществ – хлора, иода и серы – из солей  $\text{Na}_m\text{X}$  ( $\text{X} = \text{Cl}, \text{I}, \text{S}$ ). Допускается использование любых других реактивов. Запишите уравнения соответствующих реакций.

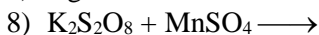
2. Какие продукты получаются при взаимодействии галогенов ( $\text{Cl}_2$  и  $\text{I}_2$ ) с раствором  $\text{KOH}$ ? Как продукты реакции зависят от температуры? Ответы подтвердить соответствующими уравнениями реакций.

3. Напишите уравнения реакций, укажите условия их проведения.

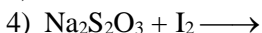
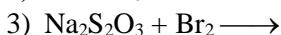
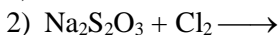
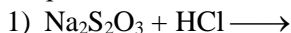


4. Напишите уравнения реакций и укажите условия, необходимые для проведения процесса.

- 1)  $\text{KAlH}_4 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
- 2)  $\text{CaOCl}_2 + \text{NaI} + \text{HCl} \longrightarrow$
- 3)  $\text{CaOCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
- 4)  $\text{KIO}_3 + \text{SO}_2(\text{водн.}) \longrightarrow$
- 5)  $\text{JCl} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
- 6)  $\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow$



5. Предложите способы получения тиосульфата натрия из сульфида натрия как единственного источника серы. Нарисуйте структурную формулу тиосульфата натрия. Закончите следующие реакции, протекающие в водном растворе:



Назовите образующиеся серосодержащие продукты и нарисуйте их структурные формулы.

6. Как меняются окислительно-восстановительные свойства в ряду  $\text{Mn} - \text{Tc} - \text{Re}$ ? Какие продукты получаются при взаимодействии металлических  $\text{Mn}$  и  $\text{Re}$  с кислородом, хлором, серой? Как взаимодействуют соединения данных элементов в высшей степени окисления с раствором сероводорода? Ответы подтвердить соответствующими уравнениями реакций.

7. Запишите уравнения реакций, протекающих при добавлении избытка концентрированного раствора сульфида натрия к раствору а) хлорида хрома (III); б) хлорида марганца (II); в) хлорной извести.

### Модуль 3 (200 баллов)

#### Химия элементов IV и V групп периодической системы

1. Предложите способы получения  $\text{ЭН}_n$  ( $\text{Э} = \text{N}, \text{P}, \text{As}, \text{C}, \text{Si}$ ) из простых веществ. Сравните их термическую устойчивость.

2. Как можно получить (в несколько стадий):

а) из диоксида циркония – цирконий;

б) из титана – сульфат титанила;

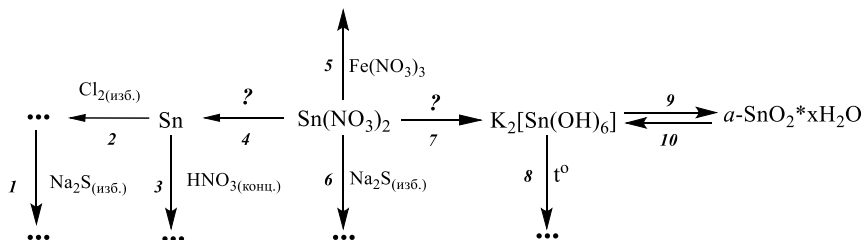
в) из сульфида висмута (III) – висмутат калия (V);

г) из оксида ванадия (V) – нитрат диоксованадия?

Укажите условия протекания реакций.

3. Напишите уравнения реакций, протекающих при термическом разложении следующих солей аммония: бромида, гидрокарбоната, нитрита, нитрата, хромата.

4. Напишите уравнения реакций, укажите условия их проведения.



5. Какие сульфиды элементов V группы будут взаимодействовать с концентрированным водным раствором сульфида натрия? Написать уравнения реакций. Назвать полученные соединения.

6. Напишите уравнения реакций и укажите условия их протекания.

- 1)  $\text{N}_2\text{H}_5\text{Cl} + \text{CuCl}_2 + \text{KOH} \longrightarrow$
- 2)  $\text{H}_3\text{PO}_2 + \text{I}_2 \longrightarrow$
- 3)  $\text{Sb} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \longrightarrow$
- 4)  $\text{Pb}_3\text{O}_4 + \text{HCl}(\text{конц.}) \longrightarrow$
- 5)  $\text{NO}_2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
- 6)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
- 7)  $\text{HNO}_3(\text{конц.}) + \text{HClO}_4(\text{конц.}) \longrightarrow$
- 8)  $\text{Ti} + \text{HNO}_3(\text{конц.}) \longrightarrow$
- 9)  $\text{Ti} + \text{HCl} \longrightarrow$
- 10)  $\text{NCl}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$

7. Каковы кислотно-основные свойства в водных растворах оксидов Ge (IV), Sn (II), P (III), As (V)? Проиллюстрируйте эти свойства на примерах реакций:

- а) с концентрированным раствором соляной кислоты;
- б) с концентрированным раствором гидроксида натрия.

8. При обработке 10,3 г неизвестного оксида свинца концентрированной соляной кислотой выделилось 0,336 л газа (н. у.). Запи-

сать уравнения протекающих реакций. Найти состав оксида. Подтвердить расчетами.

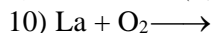
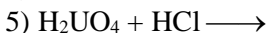
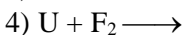
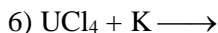
### Модуль 4 (200 баллов)

#### Химия элементов III и II групп периодической системы

1. Запишите реакции, протекающие при проведении процессов получения бора, магния, ртути и цинка из природного сырья.

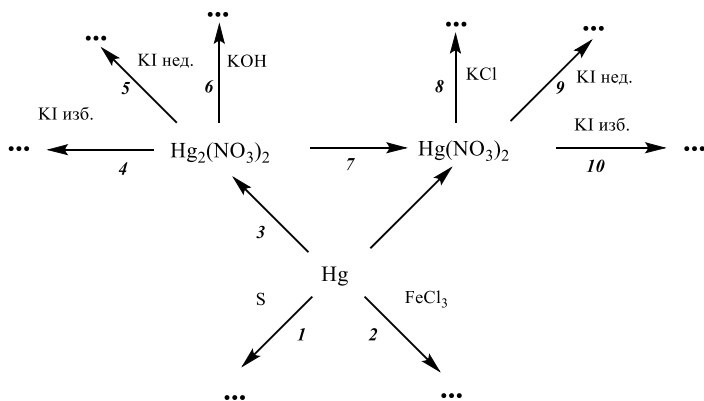
2. Сравните взаимодействие концентрированного водного раствора сульфида натрия со следующими соединениями:  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{BCl}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{TlCl}_3$ ,  $\text{YCl}_3$ ,  $\text{CeCl}_4$ .

3. Напишите уравнения реакций и укажите условия, необходимые для их проведения.



4. Механическую смесь порошков В, Ве, Са и Al нагрели в атмосфере азота до  $800^\circ\text{C}$ . Затем охлажденную реакционную смесь обработали водой. Определите количество выделившегося газа, если исходная смесь содержала по 0,1 М каждого элемента.

5. Напишите уравнения реакций, укажите условия их проведения.



6. При каких равновесных концентрациях лигандов концентрация комплексного иона будет равна концентрации иона комплексообразователя? Запишите реакции комплексообразования.

а)  $Zn^{2+}$  и  $SCN^-$ ,  $\lg\beta_4 = 3,02$ .

б)  $Hg^{2+}$  и  $I^-$ ,  $\lg\beta_4 = 29,83$ .

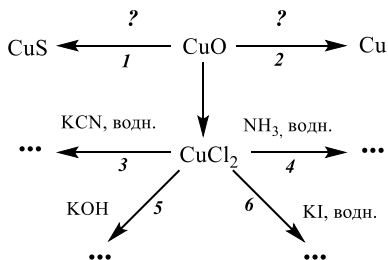
в)  $Ga^{3+}$  и  $OH^-$ ,  $\lg\beta_6 = 40,30$ .

### Модуль 5 (200 баллов)

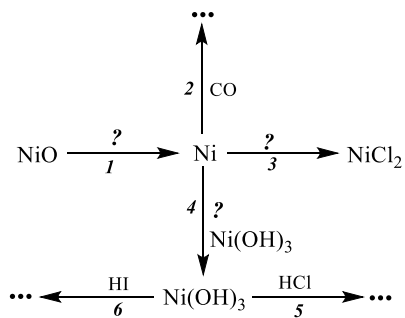
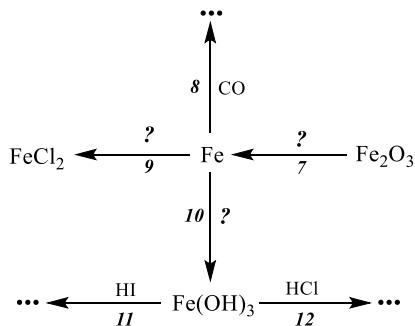
#### Химия элементов I и VIII групп периодической системы

1. Предложите способы «вскрытия» (получение растворимых соединений из порошка металла) для каждого платинового металла. Напишите реакции и условия их протекания.

2. Напишите уравнения реакций, соответствующих приведенной ниже схеме. Укажите условия их протекания.



3. Напишите уравнения реакций, соответствующих приведенным ниже схемам.





4. Напишите уравнения реакций и укажите условия, в которых они протекают.

- 1)  $\text{H}[\text{AuCl}_4] + \text{Zn} \longrightarrow$
- 2)  $\text{CoS} + \text{HNO}_{3(\text{конц.})} \longrightarrow$
- 3)  $\text{Co}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} \longrightarrow$
- 4)  $\text{XeF}_4 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
- 5)  $\text{NiBr}_2 + \text{NaOH} + \text{Br}_2 \longrightarrow$
- 6)  $\text{Ni}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{p-p})} \longrightarrow$
- 7)  $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{HI} \longrightarrow$
- 8)  $\text{XeF}_4 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
- 9)  $\text{Au} + \text{KrF}_2 \longrightarrow$
- 10)  $\text{CsO}_2 + \text{HCl} \longrightarrow$

5. Сформулируйте правило 18 электронов. На основании этого правила рассчитайте, чему равен  $x$  в следующих карбонильных комплексах:

- 1)  $[\text{Cr}(\text{CO})_x]$ ,  $[\text{Fe}(\text{CO})_x]$ ,  $[\text{Ni}(\text{CO})_x]$ ;
- 2)  $\text{K}_2[\text{Fe}(\text{CO})_x]$ ,  $\text{K}[\text{Co}(\text{CO})_x]$ ;
- 3)  $[\text{M}_2(\text{CO})_x]$ , где  $\text{M} = \text{Co}, \text{Fe}$ ;
- 4)  $[\text{M}_3(\text{CO})_x]$ , где  $\text{M} = \text{Fe}, \text{Ru}, \text{Os}$  (треугольный кластер  $\text{M}_3$ ).

## 7. Примеры контрольных работ и экзаменов (с ответами и решениями)

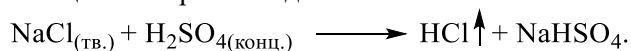
### Контрольная работа 1 (500 баллов)

1. 1) На 11,7 г твердого  $\text{NaCl}$  подействовали избытком концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Выделившийся газ полностью растворили в воде. 2) Образующийся раствор прилили к 6,3 г твердого  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , при этом выделился газ с резким запахом.

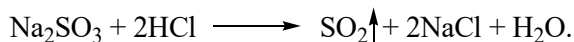
Написать реакции и определить объемы выделившихся газов (н. у.) в реакциях 1) и 2). Считать выходы в реакциях 100%.

*Ответ*

Реакция на первой стадии:



Реакция на второй стадии:



Выделяющийся газ с резким запахом – диоксид серы.

Находим исходные количества хлорида натрия и сульфита натрия:

$$n(\text{NaCl}) = m(\text{NaCl})/M(\text{NaCl}) = 0,2 \text{ моль},$$

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_3) = m(\text{Na}_2\text{SO}_3)/M(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 0,05 \text{ моль}.$$

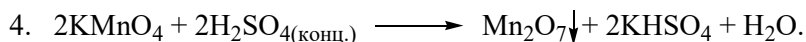
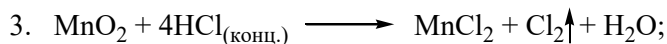
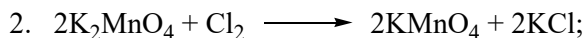
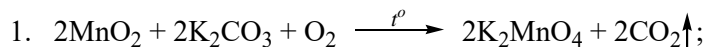
Из уравнения реакции первой стадии получаем, что выделяется 0,2 моль хлороводорода. Это означает, что на второй стадии соляная кислота (раствор хлороводорода в воде) взята в избытке, поэтому количество выделившегося диоксида серы считаем по сульфиту натрия,  $n(\text{SO}_2) = 0,05$  моль.

Получаем  $V(\text{HCl}) = 4,48$  л,  $V(\text{SO}_2) = 1,12$  л. ( $V_{\text{н. у.}} = 22,4$  – объем 1 моля газа при нормальных условиях). Если вы не помните объем 1 моля газа при нормальных условиях, его всегда можно рассчитать из уравнения Менделеева–Клапейрона (уравнение состояния идеального газа) –  $pV = nRT$  (нормальные условия:  $p = 1$  атм.,  $T = 273\text{K}$ ).

2. Из природного  $\text{MnO}_2$  получить  $\text{K}_2\text{MnO}_4$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ , используя любые химические реагенты (допустимо применение электрического тока).

Назвать все соединения, используя любую химическую номенклатуру.

*Ответ:*



$\text{K}_2\text{MnO}_4$  – манганат калия,  $\text{KMnO}_4$  – перманганат калия,  $\text{MnCl}_2$  – дихлорид марганца,  $\text{Mn}_2\text{O}_7$  – гептаоксид димарганца,  $\text{MnO}_2$  – диоксид марганца.

3. Написать уравнения реакций, протекающих в водных растворах.

1.  $\text{Cl}_2 + \text{KOH} \xrightarrow{t^\circ = 70^\circ\text{C}}$
2.  $\text{NaI}_{(\text{тв.})} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} \longrightarrow$
3.  $\text{POBr}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
4.  $\text{S} + \text{NaOH} \xrightarrow{\text{кип.}}$
5.  $\text{Na}_2\text{S} + \text{HCl} \longrightarrow$
6.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{водн.})} \longrightarrow$
7.  $\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{Br}_2 + \text{KOH} \longrightarrow$
8.  $\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{водн.})} \longrightarrow$
9.  $\text{AgCl} + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \longrightarrow$
10.  $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} \longrightarrow$

Ответ:

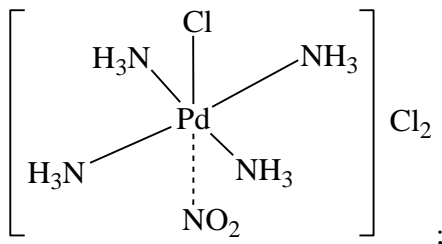
1.  $3\text{Cl}_2 + 6\text{KOH}_{(\text{водн.})} \xrightarrow{t^\circ = 70^\circ\text{C}} 5\text{KCl} + \text{KClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O};$
2.  $8\text{NaI}_{(\text{тв.})} + 9\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} \longrightarrow 4\text{I}_2\downarrow + \text{H}_2\text{S}\uparrow + 8\text{NaHSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O};$
3.  $\text{POBr}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{HBr};$
4.  $3\text{S} + 6\text{NaOH}_{(\text{водн.})} \xrightarrow{\text{кип.}} 3\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_3 + 3\text{H}_2\text{O};$
5.  $\text{Na}_2\text{S}_{(\text{водн.})} + 2\text{HCl}_{(\text{водн.})} \longrightarrow \text{H}_2\text{S}\uparrow + 2\text{NaCl};$
6.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 6\text{HCl} + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Cl}_2\uparrow + \text{K}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O};$
7.  $2\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{Br}_2 + 10\text{KOH}_{(\text{водн.})} \longrightarrow 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 6\text{KBr} + 8\text{H}_2\text{O};$
8.  $2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{водн.})} \longrightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 2\text{KHSO}_4 + \text{H}_2\text{O};$
9.  $\text{AgCl} + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3_{(\text{водн.})} \longrightarrow \text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2] + \text{NaCl};$
10.  $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} \xrightarrow{t^\circ} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O};$

4. Для комплексного соединения дихлорид транс-нитрохлоротетраамминпалладий (IV) написать:

- а) координационную и структурную формулы;
- б) выражение  $\beta_6$ ;
- в) координационные формулы возможных изомеров, назвать виды изомерии, которые в них реализуются.

Ответ:

а) координационная формула: *транс*-[Pd(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>Cl(NO<sub>2</sub>)]Cl<sub>2</sub> (**1**),  
структурная формула:



$$\text{б) } \beta_6(\mathbf{1}) = \frac{[\text{Pd}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}(\text{NO}_2)^{2+}]}{[\text{Pd}^{4+}][\text{NH}_3]^4[\text{Cl}^-][\text{NO}_2^-]} ;$$

в) *транс*-[Pd(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>Cl(NO<sub>2</sub>)]Cl<sub>2</sub> (**1**),

*цис*-[Pd(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>Cl(NO<sub>2</sub>)]Cl<sub>2</sub> (**2**),

*транс*-[Pd(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>]Cl(NO<sub>2</sub>) (**3**),

*цис*-[Pd(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>]Cl(NO<sub>2</sub>) (**4**),

*транс*-[Pd(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>Cl(ONO)]Cl<sub>2</sub> (**5**),

*цис*-[Pd(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>Cl(ONO)]Cl<sub>2</sub> (**6**).

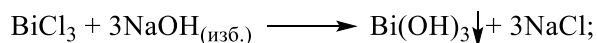
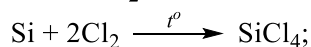
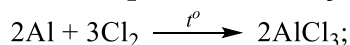
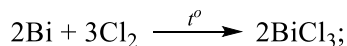
**1** и **2** – геометрическая изомерия, **1** и **3** – ионизационная изомерия, **1** и **5** связевая изомерия.

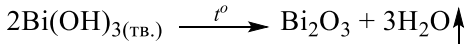
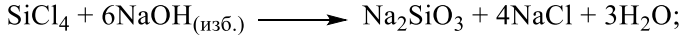
### Контрольная работа 2 (500 баллов)

1. Смесь Bi, Al и Si (каждого по 0,1 моль) сожгли в избытке хлора. Полученные продукты обработали избытком водного раствора щелочи; осадок отфильтровали и прокалили до постоянного веса. Напишите уравнения всех реакций и найдите массу остатка.

Ответ

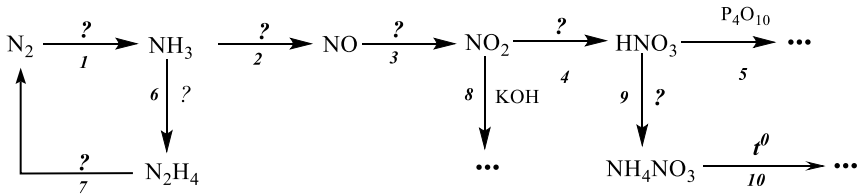
Запишем уравнения протекающих реакций:



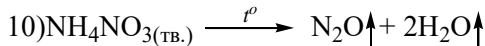
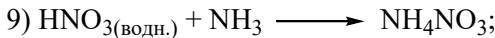
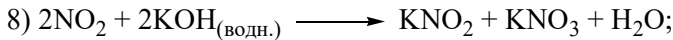
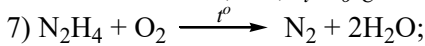
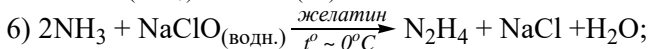
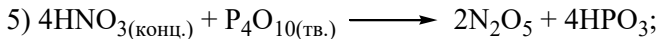
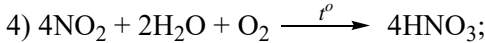
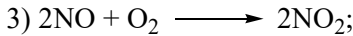
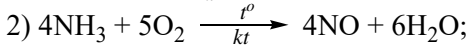
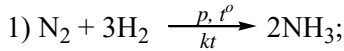


На первой стадии образуются хлориды соответствующих элементов в высших степенях окисления. После обработки щелочью (в данном случае не важно какой) в осадок выпадает только гидроксид висмута (III). Его прокаливание приводит к образованию оксида висмута (III). Из уравнения реакций видно, что  $n(\text{Bi}_2\text{O}_3) = 0,05$  моль, значит масса остатка равна 23,3 г.

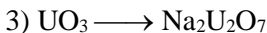
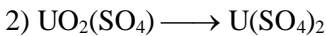
2. Напишите уравнения реакций, отвечающих следующей схеме. Укажите условия их проведения.



Ответ:



3. Как осуществить следующие превращения?

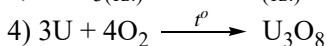
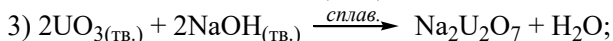
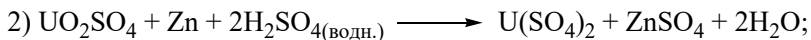
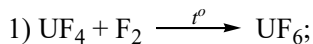




Напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения.

5) Какие высшие степени окисления имеют Ac, Th, Pa и U?

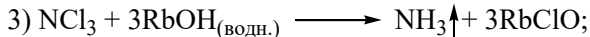
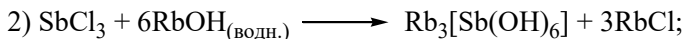
*Ответ:*



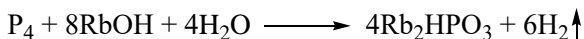
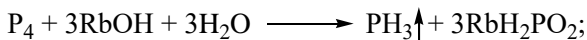
5) высшие степени окисления: Ac – +3, Th – +4, Pa – +5, U – +6.

4. Как будут реагировать с горячим водным раствором сильного основания гидроксида рубидия следующие вещества:  $SiF_4$ ,  $SbCl_3$ ,  $NCl_3$ , фосфор? Напишите уравнения реакций.

*Ответ:*

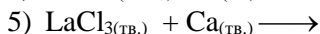
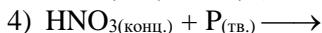
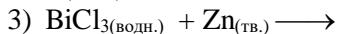
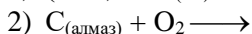


4) возможны два варианта:

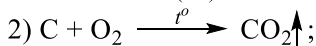
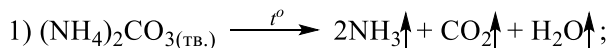


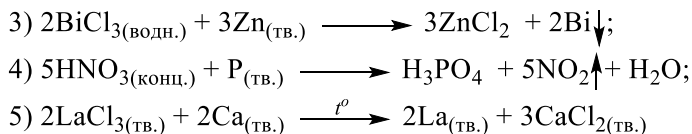
Эти реакции идут параллельно.

5. Напишите уравнения реакций, протекающих при нагревании:



*Ответ:*

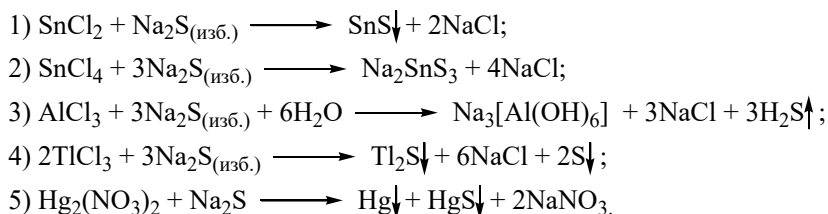




### Итоговая контрольная работа (1000 баллов)

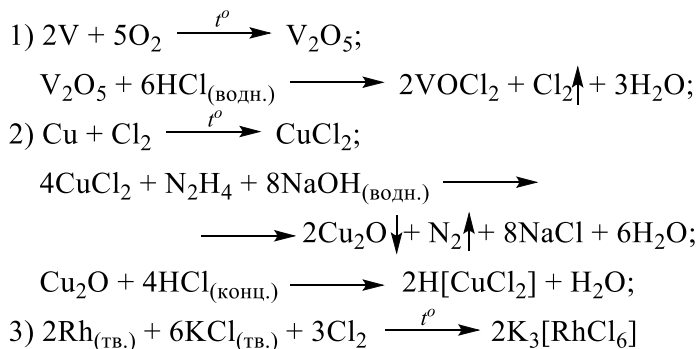
1. Напишите уравнения реакций  $\text{SnCl}_2$ ,  $\text{SnCl}_4$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{TlCl}_3$ ,  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$  с избытком водного раствора  $\text{Na}_2\text{S}$ .

*Ответ:*

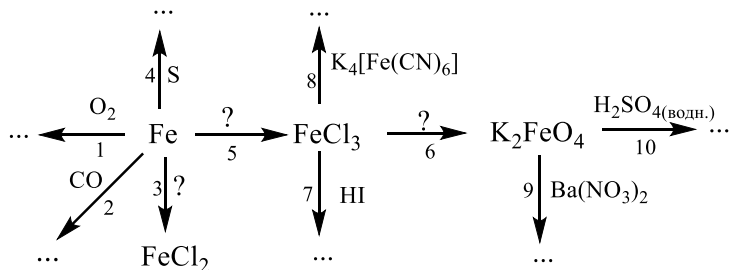


2. Из простых веществ  $\text{V}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Rh}$ , и любых реактивов, не содержащих эти металлы, получите соответствующие соединения:  $\text{VOCl}_2$ ,  $\text{H}[\text{CuCl}_2]$ ,  $\text{K}_3[\text{RhCl}_6]$ . Напишите уравнения реакций с указанием условий их проведения.

*Ответ:*



3. Напишите уравнения реакций. Укажите условия их проведения:



Ответ:

- 1)  $2\text{Fe} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{Fe}_2\text{O}_3$ ;
- 2)  $\text{Fe} + 5\text{CO} \xrightarrow{t^\circ} \text{Fe}(\text{CO})_5$ ;
- 3)  $\text{Fe} + 2\text{HCl}_{(\text{водн.})} \longrightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$ ;
- 4)  $\text{Fe} + \text{S} \xrightarrow{t^\circ} \text{FeS}$ ;
- 5)  $2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{FeCl}_3$ ;
- 6)  $2\text{FeCl}_3 + 16\text{KOH}_{(\text{водн.})} + 3\text{Cl}_2 \longrightarrow 2\text{K}_2\text{FeO}_4 + 12\text{KCl} + 8\text{H}_2\text{O}$ ;
- 7)  $2\text{FeCl}_3 + 2\text{HI}_{(\text{водн.})} \longrightarrow 2\text{FeCl}_2 + 2\text{HCl} + \text{I}_2\downarrow$ ;
- 8)  $\text{FeCl}_3_{(\text{водн.})} + \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_{(\text{водн.})} \longrightarrow \text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]\downarrow + 3\text{KCl}$ ;
- 9)  $\text{K}_2\text{FeO}_4_{(\text{водн.})} + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2_{(\text{водн.})} \longrightarrow \text{BaFeO}_4\downarrow + 2\text{KNO}_3$ ;
- 10)  $4\text{K}_2\text{FeO}_4 + 10\text{H}_2\text{SO}_4_{(\text{водн.})} \longrightarrow 2\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{O}_2\uparrow + 10\text{H}_2\text{O}$

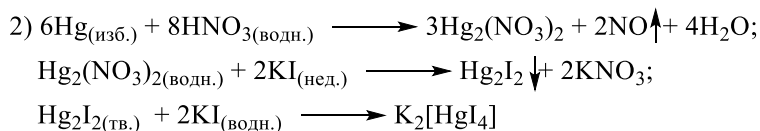
4. Осуществите следующие превращения, при необходимости указав условия протекания реакций:

- 1)  $\text{Cr}_2\text{O}_3 \longrightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 \longrightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \longrightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ;
- 2)  $\text{Hg} \longrightarrow \text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 \longrightarrow \text{Hg}_2\text{I}_2 \longrightarrow \text{K}_2[\text{HgI}_4]$ .

Ответ:

- 1)  $2\text{Cr}_2\text{O}_3 + 4\text{K}_2\text{CO}_3 + 3\text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ} 4\text{K}_2\text{CrO}_4 + 4\text{CO}_2$ ;  
 $2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 2\text{KHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ;  
 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 3\text{K}_2\text{SO}_3 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ ;





5. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

- 1)  $\text{K} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
- 2)  $\text{Au} + \text{KrF}_2 \longrightarrow$
- 3)  $\text{H}_2 + \text{Br}_2 \longrightarrow$
- 4)  $\text{HCl} + \text{NH}_3 \longrightarrow$
- 5)  $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} \longrightarrow$

*Ответ*

- 1)  $2\text{K} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{KOH} + \text{H}_2\uparrow;$
- 2)  $2\text{Au} + 5\text{KrF}_2 \longrightarrow 2\text{AuF}_5 + 5\text{Kr};$
- 3)  $\text{H}_2 + \text{Br}_2 \xrightarrow{r^o} 2\text{HBr};$
- 4)  $\text{HCl} + \text{NH}_3 \longrightarrow \text{NH}_4\text{Cl}\downarrow;$
- 5)  $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} \xrightarrow{r^o} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}.$

## 8. Примеры контрольных работ 2012–2018

### Контрольная работа № 1 (2012 г.)

1. Запишите структурные формулы всех возможных изомеров для октаэдрического комплекса состава  $\text{Rh}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2\text{NO}_2$ . Какие виды изомерии реализуются при этом. Дайте название (IUPAC) одного из изомеров и напишите для него выражение  $\beta_6$ . (Считать, что аммиак может находиться только во внутренней сфере комплексного соединения.)

2. Через 100 мл 0,01 М раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  в воде пропустили избыток газообразного хлора до образования прозрачного раствора.

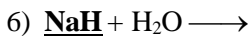
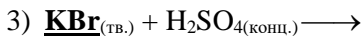
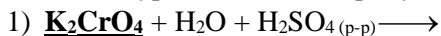
а) Определите, чему равно значение pH полученного раствора?

б) Раствор упарили досуха на водяной бане. Какое вещество и в каком количестве (в граммах) осталось в сухом **остатке**?

в) На сколько грамм изменится масса **остатка**, если его прокалить при 250 °С?

Написать уравнения всех химических реакций.

3. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты и укажите (там, где необходимо) условия их проведения. Назовите по номенклатуре IUPAC подчеркнутые соединения.



4. В чем различие окислительно-восстановительных процессов, протекающих с участием перманганат-иона, в кислых, нейтральных и щелочных водных растворах? Ответ проиллюстрируйте, написав уравнения соответствующих химических реакций.

### Контрольная работа № 1 (2013 г.)

1. Известно, что соединения содержащие перекисную группу (-O—O-), благодаря наличию «кислорода в «промежуточной» степени окисления -1», обладают как окислительными, так и восстановительными свойствами. Продемонстрируйте эти свойства:

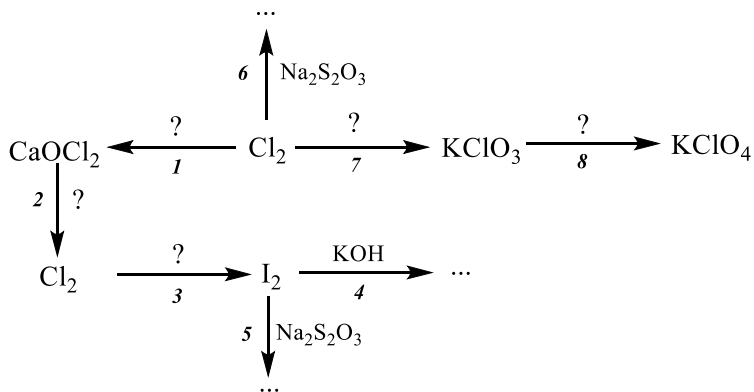
а) на примере взаимодействия 30 % водного раствора перекиси водорода со следующими реагентами: металлический рений, гидроксид марганца (II), иодид натрия, перманганат калия, диоксид марганца;

б) на примере взаимодействия пероксида рубидия с водой;

в) на примере взаимодействия пероксодисульфата аммония с водным раствором сульфата хрома (III).

Запишите уравнения соответствующих реакций. Укажите, если необходимо, условия их проведения (кислотность среды, нагревание, катализатор и т. д.).

2. Напишите уравнения реакций, соответствующих приведённой схеме. Укажите условия проведения реакции.

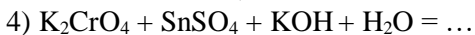
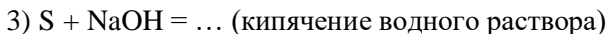
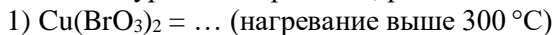


3. Аминные комплексы кобальта являются очень удобными модельными соединениями для демонстрации разнообразных свойств координационных соединений.

а) Предложите (используя любые реактивы) способ получения кристаллического  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ , взяв в качестве источника кобальта  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Опишите стадии синтеза, запишите уравнения химических реакций. Напишите названия (IUPAC) выделенных соединений.

б) Какие виды изомерии могут быть реализованы у комплексного соединения с эмпирической формулой  $\text{Co}(\text{NO}_2)(\text{NH}_3)_5\text{Cl}_2$ ? Считая, что координационное число центрального атома равно 6, а молекулы аммиака находятся только во внутренней сфере комплекса, запишите структурные формулы всех возможных изомеров и напишите название (IUPAC) одного из них.

4. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты:



## Контрольная работа № 1 (2014 г.)

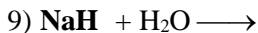
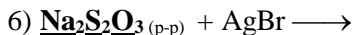
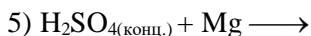
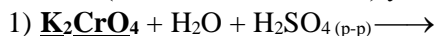
1. В раствор, содержащий 100 мл 0,1 М гидроксида натрия, пропустили избыток газообразного диоксида серы. После окончания протекания реакции в ту же емкость подали избыток хлора. Полученный раствор упарили на кипящей водяной бане досуха. Осадок взвесили, а затем прокалили при 300 °С. Определить изменение массы осадка. Написать уравнения реакций.

2. Предложите способы получения следующих соединений:

$\text{K}_2\text{MnO}_4$ ,  $\text{Ca}_2\text{MnO}_4$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{MnSO}_4$ . Используйте в качестве источника марганца оксид марганца (IV) и любые другие реактивы.

Запишите уравнения реакций и условия их проведения.

3. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты и укажите (там, где необходимо) условия их проведения.



Назовите по номенклатуре IUPAC подчеркнутые соединения.

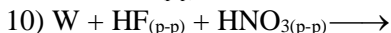
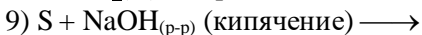
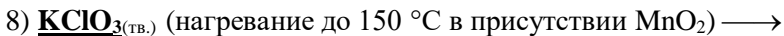
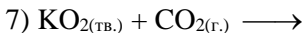
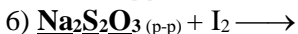
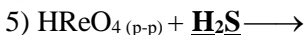
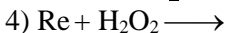
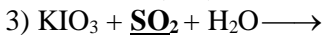
4. Напишите координационные формулы всех возможных изомеров для октаэдрического комплекса состава  $\text{Ir}(\text{En})_2\text{Br}_2(\text{SCN})$ . Схематично изобразите все изомеры. Назовите, какие виды изомерии реализуются. Дайте название одного из изомеров и напишите для него выражение полной константы образования. En – этилендиамин.

## Контрольная работа № 1 (2015 г.)

1. 6,4 г порошка металлической меди растворили в избытке концентрированной серной кислоты. Выделившийся газ количественно растворили в 2 литрах 0,1 М водного раствора NaOH. К полученному бесцветному раствору добавили 100 мл 0,5 М водного раствора  $K_2CrO_4$ , при этом выпал осадок серо-зеленого цвета. Записать уравнения протекающих реакций. Определить массу осадка.

2. Предложите лабораторные способы получения HF, HCl, HBr и  $H_2S$ . Запишите уравнения соответствующих реакций. Почему для получения HBr нельзя использовать концентрированную серную кислоту? Ответ обосновать соответствующим уравнением реакции.

3. Закончите уравнения реакций, укажите (там, где необходимо) условия их проведения и расставьте коэффициенты:



Назовите по номенклатуре IUPAC подчеркнутые соединения.

4. Напишите структурные формулы всех возможных изомеров для квадратного комплекса состава  $Pt(NH_3)_2Br(NO_2)$ . Назовите, какие виды изомерии реализуются при этом. Дайте название одного из изомеров и напишите для него выражение полной константы образования.

## Контрольная работа № 1 (2016 г.)

1. Рассчитайте, какой объем (в литрах) будет занимать газовая фаза, которая выделится при термическом разложении 252 г  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ :

а) при 100 °С и при давлении 1 атмосфера;

б) при 0 °С и при давлении 2 атмосферы.

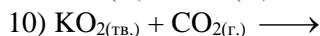
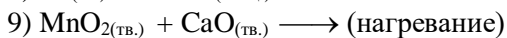
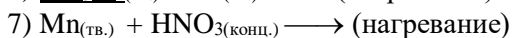
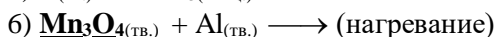
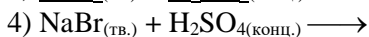
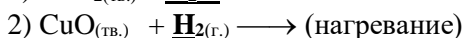
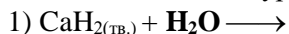
Напишите уравнение реакции. Назовите по номенклатуре IUPAC подчеркнутое соединение.

$$R = 0,082 \text{ л} \cdot \text{атм} \cdot \text{К} / \text{моль}$$

2. Напишите уравнения реакций, необходимых для проведения указанной ниже цепочки превращений. Укажите условия, необходимые для их проведения.



3. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты. Назовите по номенклатуре IUPAC подчеркнутые соединения.



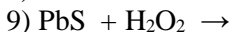
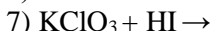
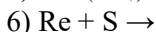
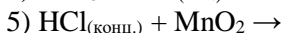
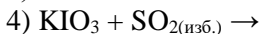
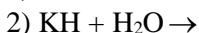
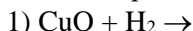
4. Напишите структурные формулы всех возможных изомеров для координационных соединений  $\text{Pd}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}(\text{NCS})$  и  $\text{Ni}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}(\text{NCS})$ , учитывая, что комплекс палладия имеет квадратное строение, а комплекс никеля – тетраэдрическое. Назовите, какие виды изомерии реализуются при этом. Координационную

полимерию не учитывать. Дайте название одного из изомеров и напишите для него выражение полной константы образования.

### Контрольная работа № 1 (2017 г.)

1. Запишите структурные формулы всех возможных изомеров для октаэдрического комплекса состава  $\text{CoCl}_2(\text{NH}_3)_4(\text{NO}_2)$ . Какие виды изомерии реализуются при этом? Дайте название (IUPAC) одного из изомеров и напишите для него выражение полной константы образования. (Считать, что молекула аммиака может находиться только во внутренней сфере комплексного соединения.)

2. Запишите уравнения реакций и укажите условия, необходимые для их проведения:



3. В чем различие окислительно-восстановительных процессов, протекающих с участием перманганат-иона в кислых, нейтральных и щелочных водных растворах? С чем связано это различие? Ответ проиллюстрируйте, написав уравнения соответствующих химических реакций.

4. К 100 мл 0,05 М раствора пероксида водорода добавили некоторое количество 0,1 М раствора сульфита натрия ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ). После прохождения реакции полученную реакционную смесь нагрели до 80 °С и перемешивали до полного разложения избытка пероксида водорода. Объем выделившегося газа составил 0,0448 л (н. у.<sup>1</sup>).

---

<sup>1</sup> Нормальные условия (н. у.) – физические условия, определяемые давлением  $p = 0,1013 \text{ МПа} = 760 \text{ мм рт. ст.}$  (нормальная атмосфера)

К полученному раствору добавили 0,05 моля гидроксида бария. Образовавшийся белый мелкокристаллический осадок отфильтровали, прокалили и взвесили. Определить массу осадка и исходный объем раствора сульфита натрия. Записать уравнения протекающих химических реакций.

### Контрольная работа № 1 (2018 г.)

1. Для соединений с брутто-формулой:  $\text{CoCl}(\text{SCN}) \cdot 5(\text{NH}_3)$ :

а) укажите, какие виды изомерии могут реализоваться;

б) запишите координационные формулы (октаэдрическое строение внутренней сферы). Аммиак может находиться только во внутренней сфере комплекса;

в) изобразите структурные формулы всех возможных изомеров;

г) запишите выражения для полной константы образования для одного из комплексов и назовите его.

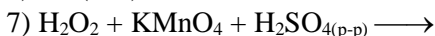
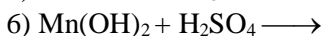
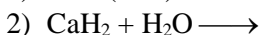
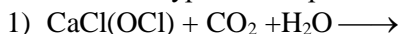
2. Какое количество газа (в литрах, при нормальных условиях) можно получить при:

а) обработке 40 г дифторида кальция избытком концентрированной серной кислоты ( $\text{HF}$  – жидкость);

б) обработке 37 г хлорида калия избытком концентрированной серной кислоты. Запишите уравнения протекающих реакций.

Почему этот способ нельзя использовать для получения  $\text{NH}_3$  и  $\text{HI}$ ? Ответ обосновать соответствующими уравнениями реакций.

3. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты:



---

и температурой 273,15 К (0 °С), при которых молярный объем газа  $V_0 = 2,2414 \times 10^{-2} \text{ м}^3 / \text{моль}$ .



- 8)  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{HCl} \longrightarrow$   
 9)  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 (\text{p-p}) + \text{Cl}_{2(\text{изб.})} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$   
 10)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl}_{(\text{конц.})} \longrightarrow$

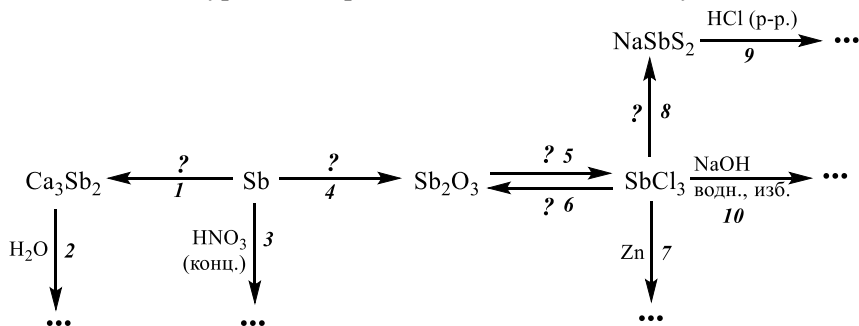
4. Запишите уравнения реакций, которые протекают при нагревании твердых солей в указанных условиях:

- 1)  $\text{KClO}_4$  (выше  $500^\circ\text{C}$ )
- 2)  $\text{NH}_4\text{ClO}_4$  (выше  $200^\circ\text{C}$ )
- 3)  $\text{KClO}_3$  ( $100^\circ\text{C}$ ,  $\text{MnO}_2$ )
- 4)  $\text{KMnO}_4$  (выше  $250^\circ\text{C}$ )
- 5)  $\text{NaHSO}_4$  (выше  $320^\circ\text{C}$ )
- 6)  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (выше  $250^\circ\text{C}$ )

### Контрольная работа № 2 (2012 г.)

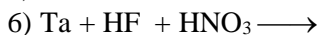
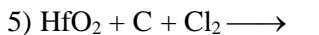
1. При обработке 10,3 г оксида свинца неизвестного состава концентрированной соляной кислотой выделилось 0,336 л газа (н. у.). Записать уравнение протекающей реакции. Определить состав оксида. Подтвердить расчетами.

2. Напишите уравнения реакций, отвечающих следующей схеме.



3. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты и укажите (там, где необходимо) условия их проведения:

- 1)  $\text{HNO}_3 + \text{P}_2\text{O}_5 \longrightarrow$
- 2)  $\text{GeO}_2 + \text{HCl} \longrightarrow$
- 3)  $\text{K}_2\text{CS}_3 + \text{HCl}(\text{p.}) \longrightarrow$
- 4)  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + \text{HNO}_3 \longrightarrow$

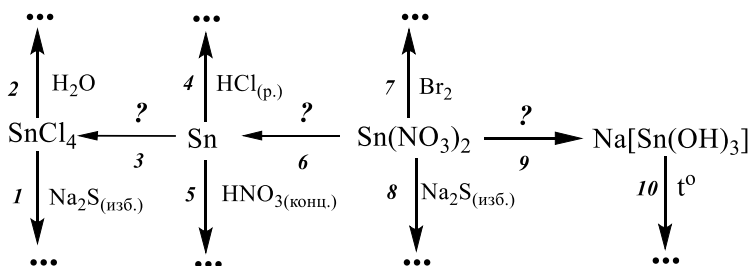


4. Предложите способы получения  $\text{N}_2\text{H}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  и  $\text{N}_2\text{O}_3$ , имея в распоряжении следующие реактивы:  $\text{NH}_4\text{NO}_2$  (водный раствор),  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})}$ ,  $\text{PbO}_2$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ ,  $\text{CaOCl}_2$ . Напишите уравнения соответствующих химических реакций.

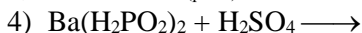
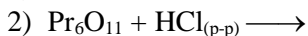
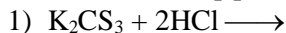
### Контрольная работа № 2 (2013 г.)

1. Определите объем 0,005 М раствора перманганата калия, необходимый для полного проведения реакции с 20 мл подкисленного серной кислотой 0,01 М раствора сульфата олова (II).

2. Напишите уравнения реакций, отвечающих следующей схеме.



3. Закончите уравнения реакций, протекающих в водных растворах. Расставьте коэффициенты.



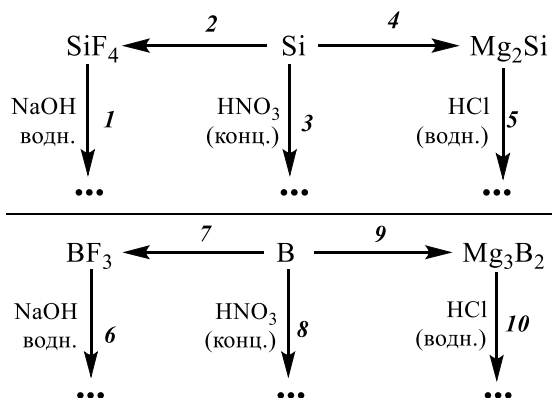
4. Предложите способы получения соединений  $\text{TiCl}_2$ ,  $\text{NaSbS}_3$ ,  $\text{Ga}_2\text{S}_3$ ,  $\text{Na}_3[\text{TaF}_8]$ , если в качестве исходных взяты простые вещества:  $\text{Ti}$ ,  $\text{Sb}$ ,  $\text{Ga}$ ,  $\text{Ta}$ .

Имеются необходимые реактивы, не содержащие данные элементы.

### Контрольная работа № 2 (2014 г.)

1. Определите, какое количество 0,1 М серной кислоты потребуется для нейтрализации ( $\text{pH} = 7$ ) 200 мл 0,4 М раствора гидроксо-нитрата бария. Запишите уравнение протекающей реакции. Рассчитайте массу образующегося осадка.

2. Напишите уравнения реакций, отвечающих следующим схемам. Укажите условия проведения реакций.



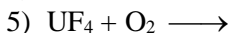
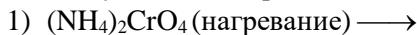
3. Закончите уравнения реакций, протекающих в водных растворах. Расставьте коэффициенты:

- 1)  $\text{Nb} + \text{HNO}_3 + \text{HF} \longrightarrow$
- 2)  $\text{PCl}_3 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
- 3)  $\text{Pb}_3\text{O}_4 + \text{HNO}_3 (\text{p-p}) \longrightarrow$
- 4)  $\text{Tl} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{p-p}) \longrightarrow$
- 5)  $\text{SmF}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \longrightarrow$
- 6)  $\text{NaAsS}_2 + \text{HCl} \longrightarrow$

4. Используя в качестве исходных реактивы Al, S, C, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, получите следующие соединения: Al<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, NaAlO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, Na-

$\text{HCO}_3$ . Напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения.

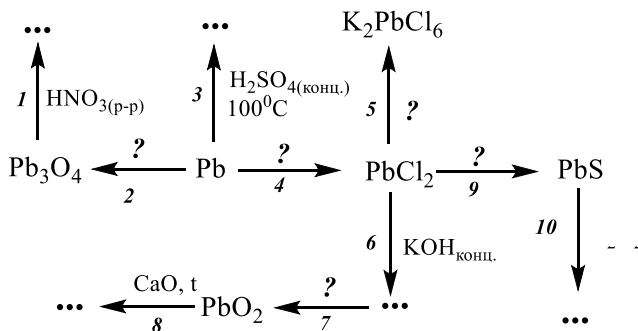
5. Укажите все продукты реакции. Расставлять коэффициенты указывать условия их проведения не требуется:



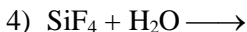
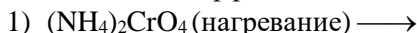
### Контрольная работа № 2 (2015 г.)

1. Через 200 мл 0,2 М раствора гидроксида кальция, пропустили углекислый газ. В результате образовалось 2 г осадка. Сколько литров (н. у.) газа израсходовалось? Что произойдет с осадком при дальнейшем пропускании углекислого газа? Запишите уравнения протекающих реакций.

2. Напишите уравнения реакций, отвечающих следующим схемам. Укажите условия проведения реакций.



3. Закончите уравнения реакций, протекающих в водных растворах. Расставьте коэффициенты:



- 5)  $\text{Ga} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{водн.})} \longrightarrow$   
 6)  $\text{SmF}_2 + \text{NaOH}_{(\text{водн.})} \longrightarrow$

4. Используя любые химические реагенты, переведите (в одну стадию) в водорастворимые формы следующие вещества: V,  $\text{LaPO}_4$  (монацит),  $\text{GeS}$ ,  $\text{Sb}_2\text{S}_5$ , Ti, Hf. Напишите уравнения соответствующих реакций и укажите условия их проведения.

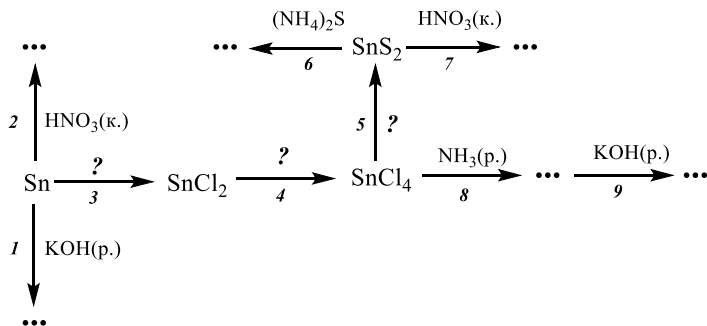
5. Укажите все продукты реакции. Расставлять коэффициенты указывать условия их проведения не требуется:

- 1)  $\text{AlCl}_3 + \text{N}_2\text{H}_{4(\text{водн.})} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$   
 2)  $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{NaOH}_{(\text{р-р})} \longrightarrow$   
 3)  $\text{NaAsS}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$   
 4)  $\text{PCl}_3 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$   
 5)  $\text{Pa}_2\text{O}_5 + \text{NaOH}$  (сплавнение)  $\longrightarrow$

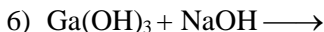
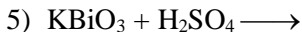
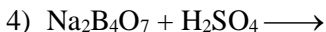
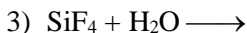
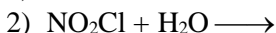
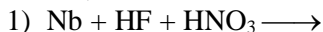
### Контрольная работа № 2 (2016 г.)

1. К 1 л раствора, содержащего  $\text{SnCl}_2$  и  $\text{AsCl}_3$ , добавили избыток  $\text{Na}_2\text{S}$ . Образовавшийся при этом осадок (I) отделили – масса его после высушивания составила 3,0 г. К оставшемуся после отделения осадка раствору добавили избыток раствора соляной кислоты, при этом образовался второй осадок (II), масса которого составила 2,5 г. Определите количество (в молях) солей в исходном растворе. Напишите уравнения реакций.

2. Напишите уравнения реакций, отвечающих следующей схеме:



3. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты и укажите (там, где необходимо) условия их проведения:

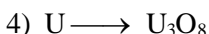
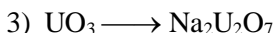
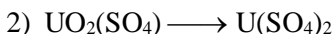
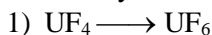


4. Напишите уравнения реакций (если они могут протекать) элементарных фосфора, германия и иттрия:

а) с концентрированной азотной кислотой;

б) с концентрированным раствором гидроксида калия.

5. Как осуществить следующие превращения?



Напишите уравнения реакций и укажите условия их проведения.

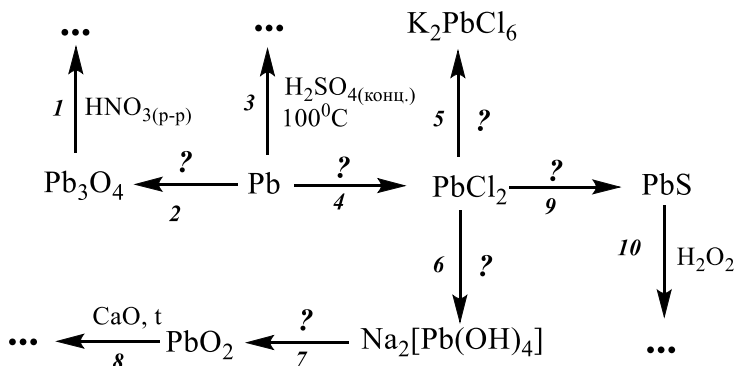
Какие высшие степени окисления имеют As, Th, Pa и U?

### Контрольная работа № 2 (2017 г.)

1. Через 1 л 0,1 М раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  на холоду пропустили избыток газообразного  $\text{NO}_2$ . Полученный раствор аккуратно упарили, образовавшийся твердый остаток прокалили при температуре 400 °С.

Запишите уравнения реакций. Определите массу твердого остатка после прокаливании.

2. Напишите уравнения реакций, отвечающих следующей схеме.



3. Закончите уравнения реакций, протекающих в водных растворах. Расставьте коэффициенты.

- 1)  $\text{K}_3\text{AsS}_3 + \text{HCl} \longrightarrow$
- 2)  $\text{Pr}_6\text{O}_{11} + \text{HCl} \longrightarrow$
- 3)  $\text{Bi} + \text{HNO}_3(\text{разб.}) \longrightarrow$
- 4)  $\text{V} + \text{HF} + \text{HNO}_3 \longrightarrow$
- 5)  $\text{SmF}_2 + \text{NaOH} \longrightarrow$

4. Напишите уравнения реакций избытка раствора гидроксида натрия с:

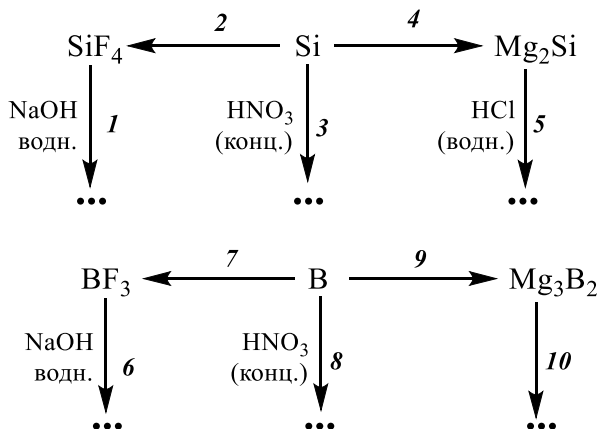
- а) фосфористой кислотой;
- б) борной кислотой;
- в)  $\alpha$ -оловянной кислотой;
- г) тиоугольной кислотой;
- д) родановодородной (тиоциановой) кислотой;
- е) урановой кислотой.

### Контрольная работа № 2. 2018 г.

1. Смесь, содержащую 54 г арсенида кальция, 72 г карбида алюминия и 32 г карбида кальция, обработали избытком воды.

Написать уравнения протекающих реакций. Определить количество выделившихся газообразных продуктов (в литрах, при н. у.).

2. (200 б.) Напишите уравнения реакций, отвечающих следующим схемам. Укажите условия проведения реакций.



3. (100 б.) Закончите уравнения реакций. Расставьте коэффициенты.

- 1)  $\text{GaCl}_3 + \text{NaOH}_{(\text{водн.})} \longrightarrow$
- 2)  $\text{PCl}_3 + \text{NaOH}_{(\text{водн.})} \longrightarrow$
- 3)  $\text{NO}_2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
- 4)  $\text{Sb}_2\text{S}_3 + \text{Na}_2\text{S}_2 \longrightarrow$
- 5)  $\text{K}_2\text{CS}_3 + \text{HCl} \longrightarrow$

4. (110 б.) Запишите последовательность уравнений реакций, необходимых для получения  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{K}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6]$  и  $\text{N}_2\text{H}_4$  из простых веществ – Al, Sn и  $\text{N}_2$ . В вашем распоряжении имеются все необходимые реактивы, не содержащие данные элементы.

### Итоговая контрольная работа (2012 г.)

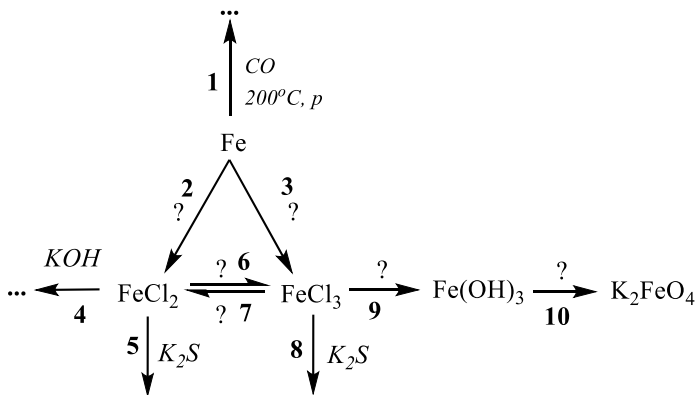
1. Смесь металлических порошков Cu, Ag и Au массой 9 г обработали избытком горячей концентрированной серной кислоты, при этом выделилось 2,24 л газа (н. у.). Нерастворившийся остаток металлов обработали избытком концентрированной азотной кислоты, осадок отфильтровали, а к раствору добавили 1 л 0,1 М раствора NaCl. При этом выпал белый осадок, масса которого равна 1,432 г.

1) Определить массу металла, оставшегося после обработки азотной кислотой, и массу каждого металла в исходной навеске.



2) Как из получившихся солей выделить благородные металлы?  
 Ответ подтвердить уравнениями реакций.

2. Напишите уравнения реакций, отвечающих следующей схеме.  
 Укажите, где необходимо, условия их проведения



3. Из простых веществ S, I<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, P, Hf, Cr и Mn и любых реактивов, не содержащих эти элементы, получите соответствующие соединения: Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, KI<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>HfF<sub>7</sub>, CrCl<sub>2</sub>, KMnO<sub>4</sub>. Укажите степени окисления элементов, отмеченных жирным шрифтом. Напишите уравнения реакций с указанием условий их проведения.

4. Закончите уравнения химических реакций:

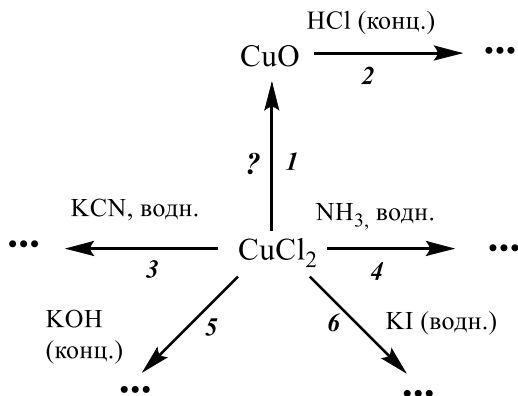
- 1) Au + KrF<sub>2</sub> →
- 2) XeF<sub>2</sub> + KBrO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O →
- 3) Cs + O<sub>2</sub> →
- 4) Ba + HCl →
- 5) KO<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub> →
- 6) NiBr<sub>2</sub> + KOH + Br<sub>2</sub> →
- 7) NaNH<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O →

5. Для каких из лантаноидов существуют соединения со степенями окисления, отличными от +3. Приведите примеры окисли-

тельно-восстановительных реакций соединений лантаноидов в степенях окисления +4 и +2.

### Итоговая контрольная работа (2013 г.)

1. Напишите уравнения реакций, отвечающих следующей схеме. Укажите, где необходимо, условия их проведения



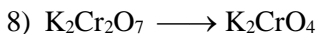
2. Закончите уравнения химических реакций:

- |   |  |
|---|--|
| 1) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{KOH} \longrightarrow$ | 5) $\text{CsO}_2 + \text{CO}_2 \longrightarrow$          |
| 2) $\text{XeF}_6 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$            | 6) $\text{Ca} + \text{HCl} \longrightarrow$              |
| 3) $\text{Au} + \text{KrF}_2 \longrightarrow$                     | 7) $\text{UO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow$ |
| 4) $\text{CeO}_2 + \text{HBr} \longrightarrow$                    | 8) $\text{NaN} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$     |

3. Предложите способы «вскрытия» (получение растворимых соединений из металла) для следующих металлов: Ag, Au, Hg, Pt, Rh, Nb. Напишите реакции и укажите условия их протекания.

4. Как осуществить следующие превращения?

- 1)  $\text{K} \longrightarrow \text{KOH}$
- 2)  $\text{Zn} \longrightarrow \text{K}_2\text{Zn}(\text{OH})_4$
- 3)  $\text{FeCl}_2 \longrightarrow \text{K}_2\text{FeO}_4$
- 4)  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \longrightarrow \text{P}$
- 5)  $\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2$
- 6)  $\text{Bi}_2\text{O}_3 \longrightarrow \text{Bi}$
- 7)  $\text{PbCl}_2 \longrightarrow \text{PbO}_2$



Напишите уравнения реакций и условия их проведения.

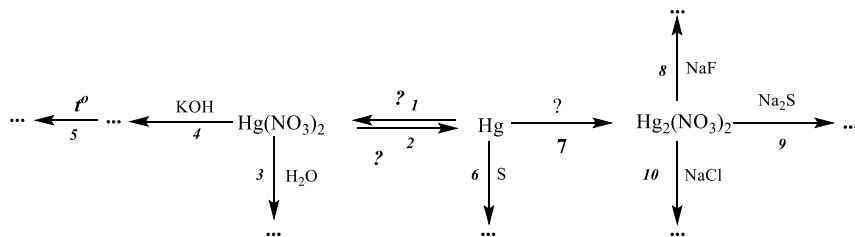
5. Сформулируйте правило 18 электронов. На основании этого правила рассчитайте, чему равен  $x$  в следующих карбонильных комплексах:

$\text{Fe}(\text{CO})_x$ ,  $\text{K}_2[\text{Fe}(\text{CO})_x]$ ,  $[\text{Fe}_2(\text{CO})_x]$ ,  $[\text{Fe}_3(\text{CO})_x]$  (треугольный кластер  $\text{M}_3$ ).

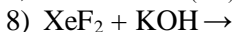
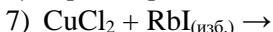
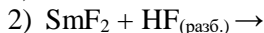
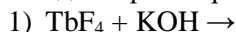
### Итоговая контрольная работа (2014 г.)

1. Ряд кислородных соединений не может быть получен сжиганием простых веществ. Предложите способ получения из  $\text{N}_2$ ,  $\text{Ag}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Cs}$ ,  $\text{Xe}$ , и  $\text{Rh}$  и любых соединений, не содержащих эти элементы, следующих соединений:  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{Ag}_2\text{O}$ ,  $\text{CrO}_3$ ,  $\text{CsO}_3$ ,  $\text{XeO}_3$ ,  $\text{Rh}_2\text{O}_3$ . Укажите, где необходимо, условия их проведения.

2. Напишите уравнения реакций, отвечающих следующей схеме. Укажите, где необходимо, условия их проведения.



3. Закончите уравнения химических реакций, протекающих в водных растворах:



4. Как будут реагировать с горячим водным раствором сильного основания гидроксида рубидия следующие вещества: хлор, сера, алюминий, хлорид меди (II)? Напишите уравнения реакций.

5. (Бонусные 50 б.) Определите, какое количество раствора 0,01 М гидроксида бария потребуется для нейтрализации (рН = 7) 200 мл 0,04 М раствора гидросульфата натрия. Запишите уравнение протекающей реакции. Рассчитайте массу образующегося осадка.

### Итоговая контрольная работа (2015 г.)

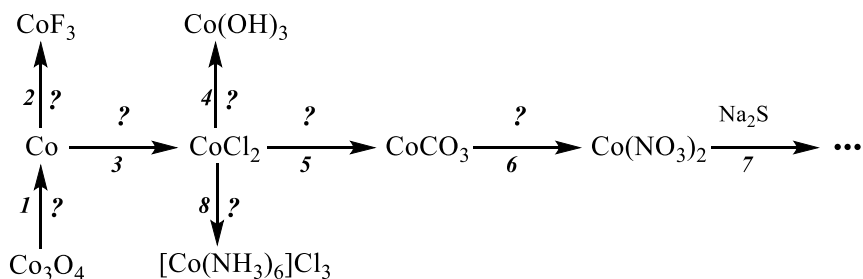
1. Смесь металлических порошков Ag, Pd и Au массой 8,22 г обработали избытком горячей концентрированной серной кислоты, при этом выделилось 0,672 л газа (н. у.). Осадок отфильтровали, а к раствору добавили 1 л 0,1 М раствора NaCl. При этом выпал белый осадок, масса которого равна 2,87 г.

1) Определить массу металла, оставшегося после обработки серной кислотой, и массу каждого металла в исходной навеске.

2) Как из получившихся соединений выделить благородные металлы?

Ответ подтвердить уравнениями реакций.

2. Напишите уравнения реакций, отвечающих следующей схеме. Укажите, где необходимо, условия их проведения.



3. Закончите уравнения химических реакций, протекающих в водных растворах:

- |  |   |
|--|---|
| 1) $\text{XeF}_2 + \text{KBrO}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$ | 4) $\text{NiBr}_2 + \text{KOH} + \text{Br}_2 \longrightarrow$ |
| 2) $\text{Cs} + \text{O}_2 \longrightarrow$                            | 5) $\text{NaNH}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$       |
| 3) $\text{Zn} + \text{HNO}_3 \text{ (p-p)} \longrightarrow$            | 6) $\text{CuCl}_2 + \text{KCN} \longrightarrow$               |

4. Используя любые химические реактивы, осуществите следующие превращения:

- 1)  $P \longrightarrow PCl_5$
- 2)  $Ir \longrightarrow K_2[IrCl_6]$
- 3)  $Al \longrightarrow AlN$
- 4)  $Ti \longrightarrow \beta-TiO_2 \cdot xH_2O$
- 5)  $NH_3 \longrightarrow N_2H_4$
- 6)  $Hg \longrightarrow Hg_2(NO_3)_2$

5. Сформулируйте правило 18 электронов. На основании этого правила рассчитайте, чему равен  $x$  в следующих карбонильных комплексах:

$Fe(CO)_x$ ,  $K_2[Fe(CO)_x]$ ,  $[Fe_2(CO)_x]$ ,  $[Fe_3(CO)_x]$  (треугольный кластер  $M_3$ ).

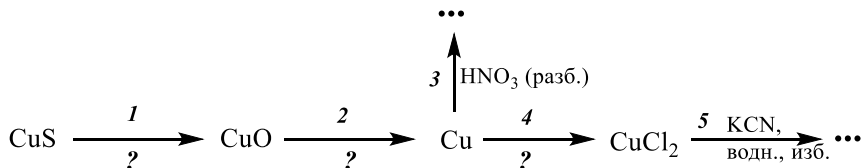
6. (Победные 100 б.) Опишите процессы, протекающие при гидролизе на примере взаимодействия  $K_2CO_3$  с водой. Как будут реагировать с раствором карбоната калия следующие вещества: иод,  $XeF_4$ ,  $CO_2$ ,  $AlCl_3$ ?

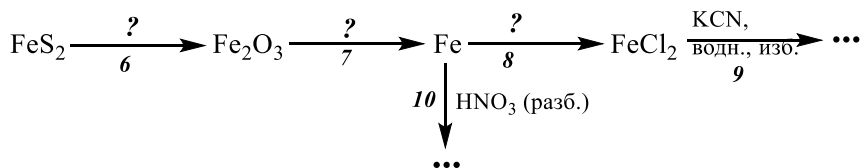
### Итоговая контрольная работа (2016 г.)

1. В три стакана, содержащие по 100 мл 0,001 М раствора  $Na_2S_2O_3$ , добавили избыток элементарного хлора, брома и иода, соответственно.

Запишите уравнения протекающих реакций. Рассчитайте pH полученных растворов. Влиянием диспропорционирования галогенов в воде пренебречь.

2. Напишите уравнения реакций, отвечающих следующей схеме. Укажите, где необходимо, условия их проведения.





3. Опишите процессы, протекающие при гидролизе на примере взаимодействия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  с водой. Как будут реагировать с горячим концентрированным раствором карбоната натрия следующие вещества: фосфор, сульфат аммония, олово, нитрат одновалентной ртути, фторид бора, оксид азота (IV)?

4. Закончите уравнения химических реакций:

- |   |   |
|---|---|
| 1) $\text{XeF}_6 + \text{SiO}_2 \longrightarrow$          | 6) $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Cl}_{2(\text{холод})} \longrightarrow$         |
| 2) $\text{Cs} + \text{O}_2 \longrightarrow$               | 7) $\text{Re} + \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow$                             |
| 3) $\text{CaCO}_3 + \text{C} \longrightarrow$             | 8) $\text{Cr} + \text{HCl} \longrightarrow$                                       |
| 4) $\text{Ta} + \text{HF} + \text{HNO}_3 \longrightarrow$ | 9) $\text{AuCl}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$                           |
| 5) $\text{KrF}_2 + \text{Au} \longrightarrow$             | 10) $\text{CeCl}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$ |

Укажите условия протекания этих реакций.

5. Помогите химикам-ядерщикам осуществить следующие превращения:

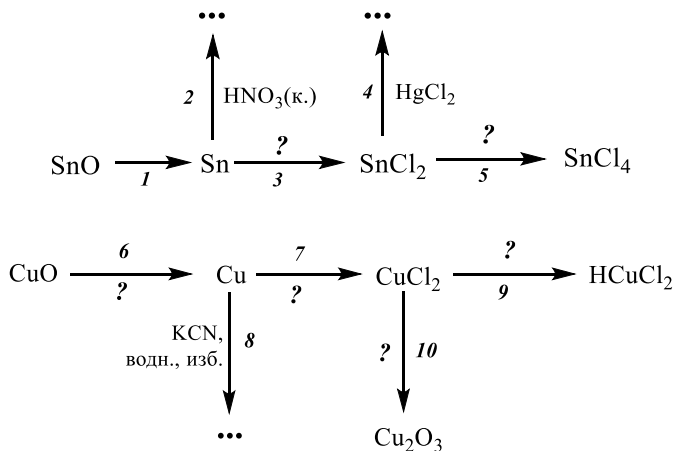
- 1)  $^{235}\text{U}_3\text{O}_8 \longrightarrow ^{235}\text{UO}_2$
- 2)  $\text{H}_2^{235}\text{UO}_4 + \text{HCl} \longrightarrow$
- 3)  $\text{H}_2^{235}\text{UO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \longrightarrow$
- 4)  $^{235}\text{UF}_4 \longrightarrow ^{235}\text{UF}_6$
- 5)  $^{235}\text{UF}_4 \longrightarrow ^{235}\text{U}$

Укажите условия проведения этих реакций.

### Итоговая контрольная работа (2018 г.)

1. Из природного  $\text{FeS}_2$  получить:  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{FeCl}_2$ ,  $\text{K}_2\text{FeO}_4$ ,  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ , используя любые химические реагенты, не содержащие железо и серу (допустимо применение электрического тока).

2. Напишите уравнения реакций, отвечающих следующей схеме. Укажите, где необходимо, условия их проведения.



3. Опишите процессы, протекающие при гидролизе на примере взаимодействия  $\text{K}_2\text{CO}_3$  с водой. Как будут реагировать с горячим концентрированным раствором карбоната калия следующие вещества: фторид ксенона (IV), хлорид алюминия, нитрат никеля (II), иод, цинк?

4. Закончите уравнения химических реакций:

- 1)  $\text{Ca}_3\text{Sb}_2 + \text{HCl} \longrightarrow$
- 2)  $\text{KO}_2 + \text{CO}_2 \longrightarrow$
- 3)  $\text{Pd} + \text{HCl} + \text{HNO}_3 \longrightarrow$
- 4)  $\text{Ta} + \text{HF} + \text{HNO}_3 \longrightarrow$
- 5)  $\text{KrF}_2 + \text{Au} \longrightarrow$
- 6)  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Cl}_2(\text{холод}) \longrightarrow$
- 7)  $\text{KBiO}_3 + \text{HNO}_3 \longrightarrow$
- 8)  $\text{SmI}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4, \text{p-p.} \longrightarrow$
- 9)  $\text{AuCl}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
- 10)  $\text{KIO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2(\text{изб.}) \longrightarrow$

Укажите условия протекания этих реакций.

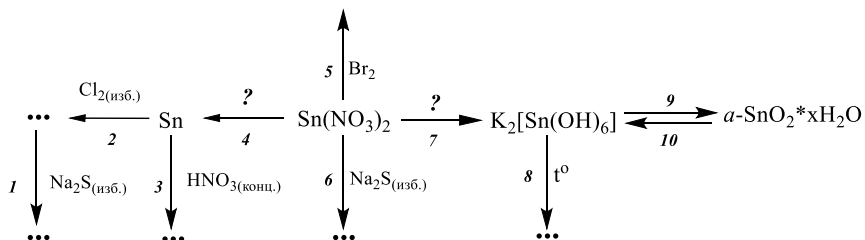
5. («Космические» 50 б.) При каких равновесных концентрациях лигандов  $\text{F}^-$  концентрация комплексного иона  $\text{YF}_4^-$  будет равна концентрации иона комплексообразователя  $\text{Y}^{3+}$ ? Запишите реакции комплексообразования.  $\lg\beta_4 = 16,64$ .

## Экзамен 2012 г.

1. Напишите уравнения реакций, которые протекают при добавлении избытка концентрированного водного раствора гидроксида натрия к соединениям состава  $\text{ЭCl}_3$  (где  $\text{Э} = \text{B}, \text{Al}, \text{La}, \text{N}, \text{P}, \text{Sb}, \text{Bi}, \text{Fe}$ ).

2. Изобразите структурные формулы всех возможных изомеров октаэдрического комплекса с эмпирической формулой  $\text{Co}(\text{NCS})\text{Cl}_2(\text{NH}_3)_4$ . (Полимерию не учитывать. Считать, что аммиак может находиться только во внутренней сфере.) Какие виды изомерии реализуются при этом? Дайте название (IUPAC) одного из изомеров и напишите выражение для полной константы устойчивости этого комплекса  $\beta_6$ .

3. Написать уравнения реакций. Указать условия их протекания.



4. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты и укажите условия их проведения.

- 1)  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (нагревание)  $\longrightarrow$
- 2)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
- 3)  $\text{GeO}_2 + \text{HCl}(\text{конц.}) \longrightarrow$
- 4)  $\text{P} + \text{KOH}(\text{водн.}) \longrightarrow$
- 5)  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
- 6)  $\text{SiF}_4 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
- 7)  $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_3\text{PO}_3(\text{водн.}) \longrightarrow$
- 8)  $\text{SmF}_2 + \text{NaOH}(\text{водн.}) \longrightarrow$

Дайте название выделенных соединений по номенклатуре IUPAC.



## Экзамен 2013 г.

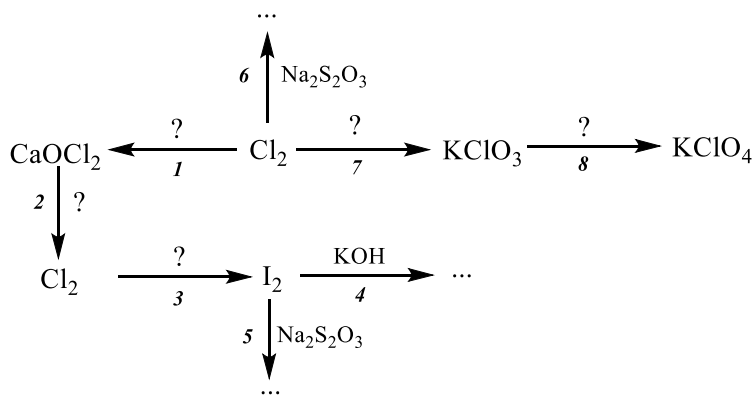
1. а) К навеске  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  (13,7 г) добавили избыток концентрированной соляной кислоты. Определите объем газа (н. у.), выделившегося при прохождении реакции.

б) Вторую такую же навеску обработали разбавленной азотной кислотой, профильтровали и к раствору добавили избыток карбоната натрия. Определите массу осадка, выделившегося после добавления карбоната натрия.

Напишите уравнения реакций.

2. Изобразите структурные формулы всех возможных изомеров октаэдрического комплекса с эмпирической формулой  $\text{Pt}(\text{NCS})\text{Cl}_2(\text{NH}_3)_4$ . (Полимерию не учитывать. Считать, что аммиак может находиться только во внутренней сфере.) Какие виды изомерии реализуются при этом? Дайте название (IUPAC) одного из изомеров и напишите выражение для полной константы образования этого комплекса  $\beta_6$ .

3. Напишите уравнения реакций, соответствующих приведённой схеме. Укажите условия проведения реакций:



4. Закончите уравнения следующих реакций, протекающих в водных растворах:



- в)  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{S} \longrightarrow$   
 г)  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow$   
 д)  $\text{CuSO}_4 + \text{NH}_3(\text{конц.}) \longrightarrow$

### Экзамен 2014 г.

1. В 1 литр водного раствора, содержащего по 0,01 М  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Sn}(\text{NO}_3)_4$ , пропустили избыток сероводорода. Определить количество (в граммах) выпавшего осадка. Написать уравнения реакций.

2. Напишите координационные формулы всех возможных изомеров для октаэдрического комплекса состава  $\text{Ir}(\text{En})_2\text{Br}_2(\text{SCN})$ . Назовите, какие виды изомерии реализуются при этом. Схематично изобразите все изомеры. Дайте название одного из изомеров и напишите для него выражение полной константы образования.

*En – этилендиамин.*

3. Из природного халькопирита  $\text{CuFeS}_2$  получить  $\text{CuI}$ ,  $\text{Na}_2\text{FeO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ,  $\text{CuSO}_4$ , не используя другие серо-, медь- и железосодержащие соединения. Назовите полученные соли по любой номенклатуре. Напишите уравнения использованных реакций и укажите условия их проведения.

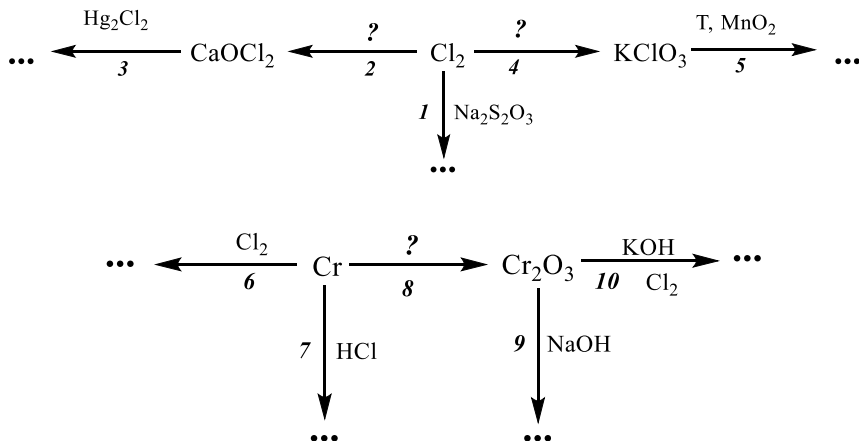
4. Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты и укажите (там, где необходимо) условия их проведения:

- 1)  $\text{NaI}_{(\text{ТВ})} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} \longrightarrow$
- 2)  $\text{Cl}_2 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
- 3)  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (нагревание)  $\longrightarrow$
- 4)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
- 5)  $\text{Au} + \text{KrF}_2 \longrightarrow$
- 6)  $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{HI}_{(\text{р-р})} \longrightarrow$
- 7)  $\text{KO}_2 + \text{CO}_2 \longrightarrow$
- 8)  $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow$
- 9)  $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \longrightarrow$
- 10)  $\text{TbF}_4 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$

## Экзамен 2015 г.

1. Изобразите структурные формулы всех возможных изомеров комплекса с эмпирической формулой  $\text{Co}(\text{En})_2(\text{NO}_2)\text{Cl}_2$  (Полимерию не учитывать. Считать, что этилендиамин может находиться только во внутренней сфере.). Какие виды изомерии реализуются при этом? Дайте название (IUPAC) одного из изомеров и напишите выражение для полной константы образования этого комплекса  $\beta$ .

2. Напишите уравнения реакций, соответствующих приведённой схеме. Укажите условия проведения реакций.



3. Опишите процессы, протекающие при гидролизе, на примере взаимодействия  $\text{Na}_2\text{S}$  с водой. Как будут реагировать с раствором сульфида натрия следующие вещества:  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{XeF}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ? Напишите уравнения протекающих реакций.

4. Закончите уравнения следующих реакций и укажите условия их проведения:

- |   |  |
|---|--|
| 1) $\text{CuCl}_2 + \text{NH}_3(\text{изб.}) \longrightarrow$         | 5) $\text{Ti} + \text{HCl} \longrightarrow$                              |
| 2) $\text{SmF}_2 + \text{NaOH} \longrightarrow$                       | 6) $\text{Ni}(\text{OH})_3 + \text{HNO}_3(\text{разб.}) \longrightarrow$ |
| 3) $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{тв.}) \longrightarrow$ | 7) $\text{SiF}_4 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$                   |
| 4) $\text{Au} + \text{Krf}_2 \longrightarrow$                         | 8) $\text{AgCl} + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \longrightarrow$       |

5. Цериметрия – аналитический метод количественного определения различных восстановителей, основанный на их реакциях с солями церия (IV). Рассчитайте, какой объем раствора сульфата церия (IV) ( $C = 0,05$  моль/л) может прореагировать с подкисленным раствором, содержащим одновременно  $0,005$  моль  $\text{SnSO}_4$  и  $0,01$  моль  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ . Напишите уравнения реакций.

### Экзамен 2016 г.

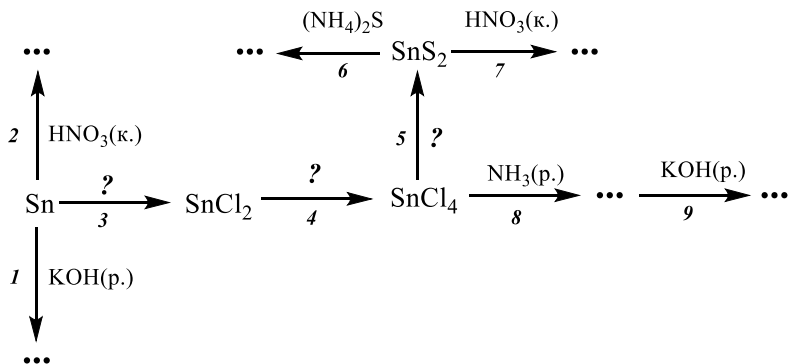
1. При растворении  $6,93$  г оксида свинца  $\text{PbO}_x$  в концентрированной соляной кислоте выделилось  $0,336$  л газа (н. у.).

1) Определить состав оксида свинца.

2) Что происходит при взаимодействии этого оксида свинца с азотной кислотой?

Ответ подтвердить уравнениями реакций.

2. Напишите уравнения реакций, отвечающих следующей схеме:



3. Напишите структурные формулы всех возможных изомеров для координационных соединений  $\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}(\text{NCS})$  и  $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}(\text{NCS})$ , учитывая, что комплекс платины имеет квадратное строение, а комплекс цинка – тетраэдрическое. Назовите, какие виды изомерии реализуются при этом. Координационную полимерию не учитывать. Дайте название одного из изомеров и напишите для него выражение полной константы образования.

4. Закончите уравнения следующих реакций, протекающих в водных растворах:

- 1)  $I_2 + Na_2S_2O_3 \longrightarrow$
- 2)  $Al + LiOH_{(разб.)} \longrightarrow$
- 3)  $V + HNO_{3(конц.)} \longrightarrow$
- 4)  $Na_2SO_3 + KMnO_4 + H_2SO_{4(разб.)} \rightarrow$
- 5)  $CuSO_4 + NH_{3(изб.)} \longrightarrow$
- 6)  $Ni(OH)_3 + HNO_{3(разб.)} \longrightarrow$
- 7)  $Na_2B_4O_7 + H_2SO_{4(разб.)} \longrightarrow$
- 8)  $P_2O_3 + NaOH_{(изб.)} \longrightarrow$

5. Напишите уравнения реакций, протекающих при взаимодействии следующих веществ с избытком воды (комнатная температура):  $F_2$ ,  $NaNH$ ,  $KO_3$ ,  $Sr$ ,  $Ca_3P_2$ .

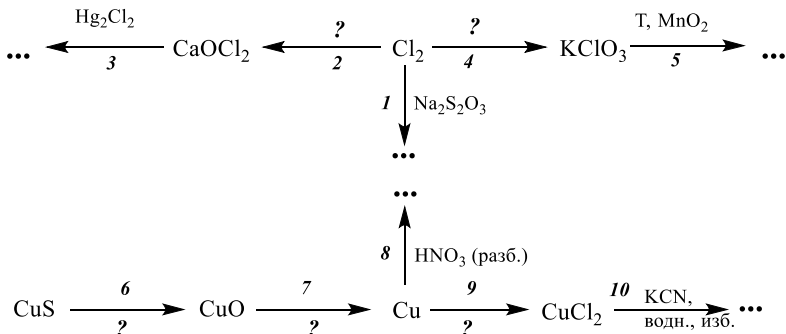
6. На основании правила 18 электронов рассчитайте, чему равен  $x$  в следующих карбонильных комплексах:

- а)  $[Ni(CO)_x]$ ; б)  $[Co_2(CO)_x]$ ; в)  $[Fe_3(CO)_x]$ ; г)  $[Rh_4(CO)_x]$ ;
- е)  $Na[Mn(CO)_x]$ .

### Экзамен 2017 г.

1. При растворении 6,93 г оксида свинца  $PbO_x$  в концентрированной соляной кислоте выделилось 0,336 л газа (н. у.). Определить состав оксида свинца. Ответ обосновать.

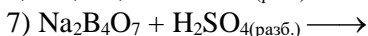
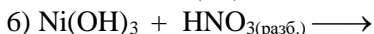
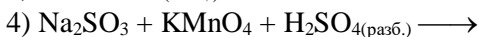
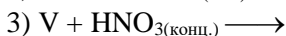
2. Напишите уравнения реакций, соответствующих приведённым схемам. Укажите условия проведения реакций:



3. Напишите структурные формулы всех возможных изомеров для координационных соединений  $\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}(\text{NCS})$  и  $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}(\text{NCS})$ , учитывая, что комплекс платины имеет квадратное строение, а комплекс цинка – тетраэдрическое. Назовите, какие виды изомерии реализуются при этом. Координационную полимерию не учитывать. Дайте название одного из изомеров и напишите для него выражение полной константы образования.

4. Опишите процессы, протекающие при гидролизе на примере взаимодействия  $\text{Na}_2\text{S}$  с водой. Как будут реагировать с водным раствором сульфида натрия следующие вещества:  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{KBiO}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{S}_5$ ? Напишите уравнения протекающих реакций.

5. Закончите уравнения следующих реакций, протекающих в водных растворах:



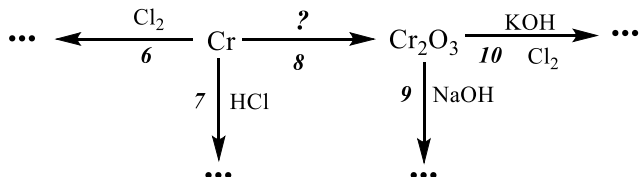
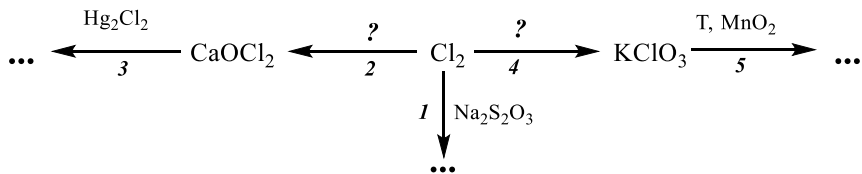
6. На основании правила 18 электронов рассчитайте, чему равен  $x$  в следующих карбонильных комплексах:



### Экзамен 2018 г.

1. Изобразите структурные формулы всех возможных изомеров комплекса с эмпирической формулой  $\text{Ni}(\text{En})_2(\text{NO}_2)\text{Cl}_2$ , координационное число Ц. А. равно 6. Считать, что этилендиамин может находиться только во внутренней сфере. Полимерию не учитывать. Укажите, какие виды изомерии реализуются при этом?

2. Напишите уравнения реакций, соответствующих приведённой схеме. Укажите условия проведения реакций.



3. Опишите процессы, протекающие при гидролизе, на примере взаимодействия  $\text{Na}_2\text{S}$  с водой. Как будут реагировать с водным раствором сульфида натрия следующие вещества:  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{XeF}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ?

4. Закончите уравнения следующих реакций и укажите условия их проведения.

- 1)  $\text{CuCl}_2 + \text{NH}_3(\text{изб.}) \longrightarrow$
- 2)  $\text{SmF}_2 + \text{NaOH} \longrightarrow$
- 3)  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
- 4)  $\text{Au} + \text{KrF}_2 \longrightarrow$
- 5)  $\text{Zn} + \text{HCl} \longrightarrow$
- 6)  $\text{Ni}(\text{OH})_3 + \text{HNO}_3(\text{разб.}) \longrightarrow$
- 7)  $\text{SiF}_4 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$
- 8)  $\text{AgCl} + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \longrightarrow$

5. При каких равновесных концентрациях лигандов  $\text{F}^-$  концентрация комплексного иона  $[\text{YF}_4]^-$  будет равна концентрации иона комплексообразователя  $\text{Y}^{3+}$ ? Запишите реакции комплексообразования. ( $\lg\beta_4=16,64$ ). Дайте название по номенклатуре (IUPAC) натриевой соли этого комплекса.

## Основная литература

1. Неорганическая химия. Химия непереходных элементов / под ред. Ю. Д. Третьякова. М: Academia, 2004. Т. 2. Химия переходных элементов.

2. Неорганическая химия. Химия непереходных элементов / под ред. Ю. Д. Третьякова. М: Academia, 2004. Т. 3. Химия переходных элементов. Кн. 1, 2.

## Дополнительная литература

1. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Основы неорганической химии. М.: Мир, 1979.

2. Третьяков Ю. Д., Мартыненко Л. И., Григорьев А. Н., Цивадзе А. Ю. Неорганическая химия. Химия элементов. М: Изд-во МГУ, 2007. Т. 1, 2.

3. Хьюи Дж. Неорганическая химия. М.: Химия, 1987.

4. Емельянов В. А. Общая химия. Классификация и номенклатура неорганических соединений. Новосибирск: РИЦ НГУ, 2002.



## Список обозначений и сокращений

↑ – вещество выделяется в виде газа

↓ – вещество выпадает в осадок

$kt$  – катализатор

$p$  – давление

$t^{\circ}$  – реакция протекает при нагревании

водн. – водный раствор

газ. – вещество в газовой фазе

изб. – вещество взято в избытке

кип. – кипячение

конц. – концентрированный раствор

нед. – вещество взято в недостатке

сплав. – сплавление

тв. – твердое вещество

Учебное издание

**Коренев** Сергей Васильевич,  
**Наумов** Николай Геннадьевич,  
**Шубин** Юрий Викторович,  
**Ельцов** Илья Владимирович

## **НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

Учебно-методический комплекс

Редактор *А. А. Скворцова*  
Обложка *Е. В. Неклюдовой*

Подписано в печать 18.01.2019 г.  
Формат 60x84 1/16. Уч.-изд. л. 3,6.  
Усл. печ. л. 3,4. Тираж 90 экз.  
Заказ № 3.

Издательско-полиграфический центр НГУ.  
630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2.