

Министерство образования и науки РФ  
**Нижекамский химико-технологический институт (филиал)**  
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

## **СВОЙСТВА d-ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

**Нижекамск**

**2012**

**УДК 541.135**

**Ч 48**

Печатаются по решению редакционно - издательского совета Нижнекамского химико - технологического института (филиала) ФГБОУ ВПО «КНИТУ».

**Рецензенты:**

**Сафиуллина Т.Р.**, кандидат химических наук, доцент;

**Кутузова Г.С.**, кандидат технических наук, доцент.

**Черкина, М.В.**

**Ч 48** Свойства d-элементов и их соединений : методические указания для самостоятельной работы / М.В. Черкина, С.В. Вдовина, Т.И. Логинова. – Нижнекамск : Нижнекамский химико - технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2012. – 40 с.

Включают варианты заданий по свойствам d-элементов I, II, VI, VII, VIII групп периодической системы и их соединений.

Предназначены для самостоятельной работы студентов всех форм обучения направлений подготовки 240100 «Химическая технология» (профили «Химическая технология органических веществ», «Технология и переработка полимеров»), 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (профиль «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»).

Подготовлены на кафедре химии Нижнекамского химико-технологического института (филиала) ФГБОУ ВПО «КНИТУ».

**УДК 541.135**

© Черкина М.В., Вдовина С.В., Логинова Т.И., 2012

© Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2012

## Введение

d-Элементы называют главными переходными элементами. Они характеризуются внутренней застройкой d-орбиталей, так как s-орбиталь их внешней оболочки уже заполнена электронами (для большинства элементов). Химические свойства этих элементов определяются участием в реакциях электронов обеих указанных оболочек.

Все d-элементы являются металлами и их соединения обладают рядом характерных свойств: переменные состояния окисления, способность к образованию комплексных ионов, образование окрашенных соединений, способность катализировать реакции (каталитическая активность).

Разнообразны области применения d-элементов: это электроника, вычислительная техника, микроэлектроника (Cu, Sc, Ag), производство сплавов с различными характеристиками (Fe, V, Ta, Cr, Ni, Co, Mn, Mo), ювелирная промышленность (Ag, Au, Pt), атомная энергетика (Cd), измерительная техника (Hg), химическое машиностроение, самолето-, судо- и ракетостроение, фармакология, зубопротезная техника, производство катализаторов и многое другое.

Проработав тему «Свойства d-элементов и их соединений» и выполнив данные методические указания, студент должен уметь:

- характеризовать d-элемент по положению его в Периодической системе, определять возможные состояния окисления элемента, сравнивать свойства оксидов и гидроксидов с различными степенями окисления d-элементов;
- описывать способы получения d-элементов, их химические свойства, а также свойства их соединений;
- решать расчетные задачи различных типов;
- использовать справочную литературу и учебные пособия по предмету.

# Свойства d-элементов I группы и их соединений

## Вариант 1

1. Укажите положение меди в периодической системе элементов, напишите электронную формулу атома меди. Почему восстановительные свойства у меди выражены слабее, чем у металлов главной подгруппы первой группы периодической системы?

2. Предложите способ получения золота из его цианидного комплекса. В чем можно растворить золото? Почему? Напишите уравнения реакций.

3. Гидроксид меди (II) растворим в разбавленных кислотах и в растворе аммиака. Однотипны ли протекающие при этом реакции? Напишите в молекулярном и ионном видах соответствующие уравнения реакций.

4. Какие реакции приведут к получению сульфата тетраамминмеди (II), если исходными веществами являются сульфат меди и аммиак?

5. Чему равен потенциал серебряного электрода, опущенного в насыщенный раствор хлорида серебра, если  $PP_{AgCl} = 1,50 \cdot 10^{-10}$ ?

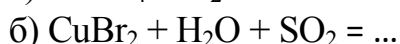
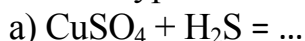
6. При растворении меди в концентрированной серной кислоте образовался оксид серы (IV), который был пропущен через 200,00 см<sup>3</sup> раствора перманганата калия с молярной концентрацией 0,10 моль/дм<sup>3</sup>. Сколько моль оксида серы (IV) образовалось в первой реакции, если во второй реакции весь  $Mn^{+7}$  был восстановлен до  $Mn^{+2}$ ? Сколько граммов меди было растворено?

## Вариант 2

1. Укажите положение золота в периодической системе элементов, напишите электронную формулу атома золота. Какие степени окисления характерны для золота? Почему восстановительные свойства у золота выражены слабее, чем у щелочных металлов?

2. Предложите способ получения серебра из его оксида. Опишите отношение серебра к воде, кислотам (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4(p)</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4(k)</sub>, HNO<sub>3(p)</sub>, HNO<sub>3(k)</sub>), щелочи (KOH). Напишите уравнения реакций. Дайте объяснения.

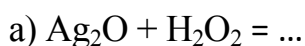
3. Составьте уравнения следующих реакций:



Какие химические свойства соединений меди (II) проявляются в этих реакциях? Предложите способы переведения в раствор образующихся осадков.

4. Почему малорастворимый в воде хлорид серебра (I) растворяется в растворах аммиака? Объясните процесс растворения, используя  $PP_{AgCl}$  и  $K_{уст}[Ag(NH_3)_2]^+$ .

5. Составьте уравнения реакций, подберите коэффициенты, используя ионно-электронный способ:



6. Определите массовую долю серной кислоты в растворе, если при взаимодействии 520,00 г ее раствора с медью выделилось 1,50 моль оксида серы (IV) (н.у.).

### Вариант 3

1. Предложите способ получения меди из  $\text{CuSO}_4$ . Опишите отношение меди к воде, кислотам ( $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{p})}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{к})}$ ,  $\text{HNO}_{3(\text{p})}$ ,  $\text{HNO}_{3(\text{к})}$ ), щелочи (KOH). Напишите уравнения реакций. Дайте объяснения.

2. Укажите положение серебра в периодической системе элементов, напишите электронную формулу атома серебра. Почему восстановительные свойства серебра слабее, чем у щелочных металлов?

3. Образуется ли хлорид серебра (I), если к 50 см<sup>3</sup> раствора хлорида натрия с молярной концентрацией эквивалента 0,0001 моль/дм<sup>3</sup> добавили 450 см<sup>3</sup> раствора нитрата серебра (I) с молярной концентрацией эквивалента 0,0001 моль/дм<sup>3</sup>?

4. Объясните, почему  $\text{AgCl}$ ,  $\text{AgBr}$  и  $\text{AgI}$  все хорошо растворяются в растворе KCN, а в растворе аммиака растворимы только  $\text{AgCl}$  и  $\text{AgBr}$ ?

5. Составьте уравнения реакций, подберите коэффициенты, используя ионно-электронный способ:



6. Какой объем раствора серной кислоты с молярной концентрацией 0,50 моль/дм<sup>3</sup> необходим для растворения 130,00 г меди? Сколько моль оксида серы (IV) выделится в реакции (н.у.)?

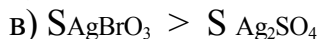
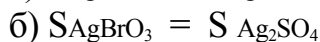
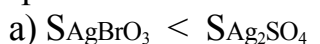
### Вариант 4

1. Постройте графики зависимости атомного и ионного радиусов, энергии ионизации элементов подгруппы меди от порядкового номера. Объясните ход кривых.

2. В каких кислотах можно растворить медь:  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{p})}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{к})}$ ,  $\text{HNO}_{3(\text{p})}$ ,  $\text{HNO}_{3(\text{к})}$ ? Напишите уравнения реакций. Дайте объяснения.

3. При обезвоживании кристаллогидрата хлорида меди (II) из 2,046 г кристаллогидрата получено 1,614 г безводного хлорида меди (II). Определите число моль воды в кристаллогидрате.

4. Произведения растворимости  $\text{AgBrO}_3$  и  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  равны  $5,50 \cdot 10^{-5}$  и  $2,00 \cdot 10^{-5}$ . Укажите правильное отношение между растворимостями ( $S$ , моль/л):



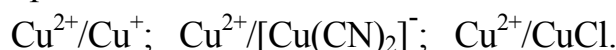
Растворяется ли  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  в растворе аммиака? Дайте объяснение.

5. Пользуясь таблицей стандартных электродных потенциалов, установите, можно ли ионами  $\text{Fe}^{2+}$  восстановить ионы  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  до свободных металлов. Дайте объяснение.

6. Кусочек серебряной монеты массой 0,30 г растворили в азотной кислоте и осадили из полученного раствора серебро в виде  $\text{AgCl}$ . Масса осадка после промывания и высушивания оказалась равной 0,199 г. Определите массовую долю серебра в монете.

### Вариант 5

1. Приведите стандартные окислительно-восстановительные потенциалы систем:



Как влияет природа лиганда на стабилизацию соединений со степенью окисления меди (+1)? Составьте уравнение реакции сульфата меди (II) с цианидом калия.

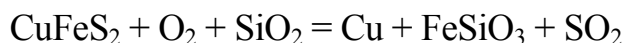
2. Напишите уравнения реакций, сопровождающихся образованием свободного металла:



3. Какова реакция среды (кислая, нейтральная или щелочная) в растворе сульфата меди (II)? Дайте объяснения. Напишите уравнения реакций гидролиза в молекулярном и ионном видах.

4. При взаимодействии 3,92 г гидроксида меди (II) и 150,00 см<sup>3</sup> водного раствора аммиака с массовой долей 25,00 % и плотностью 907,00 кг/м<sup>3</sup> образовался раствор гидроксида тетраамминмеди (II). Определите массовую долю этого вещества в полученном растворе.

5. Пирометаллургический процесс извлечения меди из сернистых руд можно выразить схемой:



Какая масса меди получится из 5,80 г сульфида, содержащего 5,00 % примесей, если выход продуктов реакции составляет 90,00 %? Какой объем займет  $\text{SO}_2$  (н.у.)?

6. Определите объем оксида азота (II), выделившегося при растворении 10,80 г серебра в азотной кислоте (н.у.).

## Вариант 6

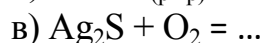
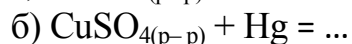
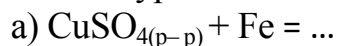
1. Как изменяется устойчивость соединений со степенью окисления (+1) в ряду: Cu – Ag – Au, если энергия перехода электрона  $d^{10} - d^9s^1$  составляет соответственно: – 262,5 кДж/моль, – 469 кДж/моль, – 180,5 кДж/моль.

2. Какие процессы будут протекать при помещении цинковой пластины в раствор соединений меди (II) и медной пластины – в раствор соединений серебра (I)? Дайте объяснения.

3. Рассчитайте концентрацию иона  $Ag^+$  в насыщенных растворах  $Ag_2SO_4$  и  $AgCl$ . Объясните характер превращения в следующей системе:  $Ag_2SO_4 + Cl^- = \dots$

4. Объясните следующие экспериментальные факты. Если в раствор цианида натрия поместить крупинки золота и через раствор пропустить воздух, наблюдается растворение золота. При внесении в полученный раствор цинка, золото выпадает в осадок.

5. Составьте уравнения следующих реакций:



Приведите все возможные доводы, согласно которым в этих реакциях образуется (или не образуется) медь, серебро в свободном виде.

6. Определите молярную концентрацию раствора  $CuSO_4$ , если при добавлении к 2 дм<sup>3</sup> данного раствора избытка щелочи выпало 20,00 г гидроксида меди (II).

## Вариант 7

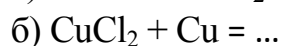
1. Рассчитайте  $\Delta E^{\circ}_{298}$  реакций диспропорционирования  $Cu^+$  и  $Au^+$  по стандартным окислительно-восстановительным потенциалам систем  $Cu^+/Cu$ ,  $Cu^{2+}/Cu$ ,  $Au^+/Au$ ,  $Au^{3+}/Au$ . Сделайте вывод об устойчивости степени окисления в соединениях меди и золота.

2. Приведите электродные потенциалы и сравните химическую активность металлов в рядах: Na – K – Rb; Cu – Ag – Au в водных средах. Дайте объяснения. Приведите примеры реакций.

3. Рассчитайте концентрацию иона  $Ag^+$  в насыщенных растворах  $Ag_3PO_4$  и  $Ag_2S$  и объясните характер превращений в следующей схеме:  $Ag_3PO_4 + H_2S = \dots$

4. Исследования показывают, что комплексы золота (III) диамагнитны и имеют плоскочетырёхугольное строение. Опишите строение  $[AuCl_4]^-$ . Дайте объяснение.

5. Напишите уравнения окислительно-восстановительных реакций:



6. Сколько электричества (А·ч) необходимо для электрохимической очистки (рафинирования) 1,00 т черновой меди, если выход по току составляет 98,50 %?

### Вариант 8

1. Какие процессы протекают на угольных электродах при электролизе растворов  $\text{AgNO}_3$  и  $\text{CuCl}_2$ . Дайте объяснения.

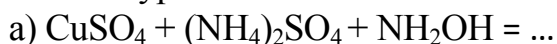
2. Составьте уравнения реакций образования осадков  $\text{AgCl}$ ,  $\text{AgBr}$ ,  $\text{AgI}$ . Какие из них растворимы в тиосульфате натрия? Дайте объяснения.

3. При сливании растворов солей  $\text{CuSO}_4$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  образуется зеленый осадок основного карбоната меди. Составьте уравнения реакций получения  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$  по стадиям с учетом гидролиза и по суммарному уравнению:



4. Произойдет ли образование осадка гидроксида меди (II) при сливании равных объемов растворов  $\text{KOH}$  и  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$  с молярной концентрацией  $1,00$  моль/дм<sup>3</sup>, если в растворе содержится избыток  $0,50$  моль аммиака ( $K_{\text{H}}[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} = 9,33 \cdot 10^{-13}$ ,  $\text{PP}_{\text{Cu}(\text{OH})_2} = 5,60 \cdot 10^{-20}$ ). Степени диссоциации  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$  и  $\text{KOH}$  принять равными единице.

5. Напишите уравнения окислительно-восстановительных реакций:



6. Из навески латуни массой  $1,67$  г при анализе получено  $1,35$  г  $\text{Cu}(\text{SCN})_2$  и  $0,08$  г  $\text{SnO}_2$ . Вычислите массовую долю меди, олова и цинка в анализируемой пробе.

### Вариант 9

1. Предложите способы полного химического растворения золотого монетного сплава (сплав содержит все элементы подгруппы меди), а также трехстадийный процесс его перевода в раствор (вначале только медь, затем серебро и, наконец, золото).

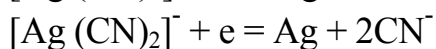
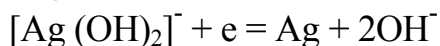
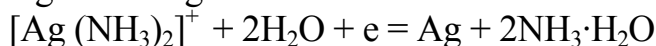
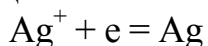
2. Как получить  $\text{Cu}_2\text{S}$  и  $\text{Ag}_2\text{S}$ ? Напишите уравнения реакций. Укажите условия, сущность и значение каждой реакции.

3. Кусок латуни массой  $0,80$  г растворен в азотной кислоте. При электролизе этого раствора на катоде выделилось  $0,496$  г меди. Напишите уравнения реакций и определите состав сплава.

4. Вычислите концентрацию ионов  $\text{Ag}^+$  в растворе  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$  с молярной концентрацией  $0,10$  моль/дм<sup>3</sup>, содержащем в избытке  $1,00$  моль/дм<sup>3</sup> аммиака.



5. Пользуясь справочником, сравните стандартные потенциалы следующих полуреакций восстановления:



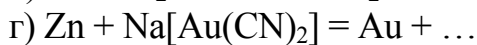
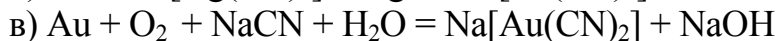
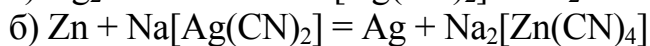
Укажите причину постепенного снижения восстановительного потенциала пары  $\text{Ag}^+/\text{Ag}$  в этом ряду полуреакций.

6. Напишите реакцию растворения золота в «царской водке». Какая масса золота растворилась, если в результате реакции выделилось (н. у.) 28 л оксида азота?

### Вариант 10

1. Проводят электролиз расплава следующих веществ: хлорида меди (II), бромида серебра (I), смеси хлорида меди (II) и бромида серебра (I). Укажите, какие продукты в первую очередь начнут выделяться на катоде и на аноде. Дайте объяснения.

2. Допишите уравнения реакций, лежащих на основе изученного Багратионом П.Р. цианидного способа получения серебра и золота:



3. При полном сгорании навески органического бромсодержащего вещества массой 1,88 г получено 0,88 г  $\text{CO}_2$  и 0,30 г  $\text{H}_2\text{O}$ . После превращения всего брома, содержащегося в навеске, получено 3,76 г  $\text{AgBr}$ . Плотность паров вещества по водороду равна 94. Определите формулу вещества.

4. При действии сульфида натрия на растворы, содержащие  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  и  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$  выпадает черный осадок. Действие иодида калия вызывает выпадение желтого осадка только из первого раствора. Объясните наблюдаемые явления. Напишите уравнения соответствующих реакций.

5. Алюминий склепан с медью. Какой из металлов будет подвергаться коррозии, если эти металлы попадут в кислую среду? Составьте схему гальванического элемента, образовавшегося при этом, рассчитайте его ЭДС.

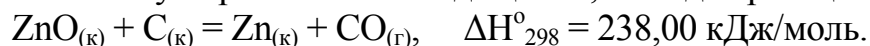
6. Осадок гидроксида меди (II) химически растворили в избытке щелочи и добавили пероксодисульфат калия. Выпал осадок вещества темно - красного цвета. Изучение свойств полученного продукта показало, что при температуре выше  $400^\circ\text{C}$  оно быстро чернеет и в расчете на каждые 175,00 г вещества выделяется  $112,00 \text{ см}^3$  газа. Вещество химически растворяется в хлороводородной кислоте с образованием зеленого раствора и газа с резким запахом, растворяется также в концентрированных растворах щелочей, окрашивая раствор в красный цвет. Запишите уравнения всех описанных здесь реакций, дайте объяснения.

## Свойства d-элементов II группы и их соединений

### Вариант 1

1. Опишите процесс электролиза раствора  $ZnSO_4$ . Напишите уравнения реакций растворения цинка в кислотах  $HCl_{(p)}$ ,  $H_2SO_{4(p)}$ ,  $H_2SO_{4(k)}$ ,  $HNO_{3(p)}$ ,  $HNO_{3(k)}$ . Составьте уравнения взаимодействия цинка с раствором и расплавом  $NaOH$ .

2. Вычислите теплоту образования оксида цинка, если для реакции:



3. Какой объем раствора гидроксида натрия с молярной концентрацией эквивалента  $0,20 \text{ моль/дм}^3$  потребуется для осаждения в виде  $Zn(OH)_2$  всего цинка, содержащегося в  $100,00 \text{ см}^3$  раствора хлорида цинка с молярной концентрацией  $0,50 \text{ моль/дм}^3$ ?

4. Как изменяется устойчивость хлоро- и йодокомплексов в ряду  $Zn(II) - Cd(II) - Hg(II)$ ? Напишите уравнения реакций получения комплексов, приведите константы устойчивости комплексных ионов.

5. С помощью каких химических реакций можно осуществить следующие превращения:  $HgSO_4 \rightarrow HgO \rightarrow HgCl_2 \rightarrow Hg \rightarrow Hg(NO_3)_2$ ?

6. Какой объем оксида азота (II) выделяется при взаимодействии  $0,250 \text{ кг}$  кадмия с  $500,00 \text{ см}^3$  раствора азотной кислоты с молярной концентрацией  $0,50 \text{ моль/дм}^3$ ?

### Вариант 2

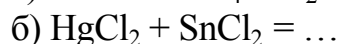
1. Напишите электронную конфигурацию атома ртути. Какие степени окисления характерны для ртути в ее соединениях? Приведите уравнения реакции диспропорционирования соединений  $Hg_2^{2+}$ .

2. Определите массовую долю (в процентах) полученной щелочи, если  $80,00 \text{ г}$  амальгамы натрия, содержащей  $25,00 \%$  натрия, обработано  $1,00 \text{ дм}^3$  воды.

3.  $20,00 \text{ см}^3$  раствора двухосновной кислоты с молярной концентрацией эквивалента  $0,10 \text{ моль/дм}^3$  потребовалось для растворения  $Zn(OH)_2$ . Сколько граммов гидроксида цинка участвовало в реакции?

4. При действии цианида калия на аммиачный комплекс кадмия (II) образуется комплексный цианид. Какое заключение об относительной устойчивости амино- и цианокомплексов кадмия (II) можно сделать? Сравните значения констант устойчивости комплексных ионов.

5. Напишите уравнения реакций:



6. Сколько граммов ртути можно получить из 200,00 г киновари, используя в качестве восстановителя железо? Рассчитайте объем оксида азота (IV), выделившегося при растворении образовавшейся ртути в концентрированной азотной кислоте (н.у.).

### Вариант 3

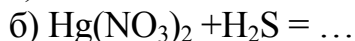
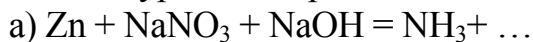
1. Сравните электронную конфигурацию атомов элементов II группы главной и побочной подгрупп. Охарактеризуйте изменение радиусов атомов, энергии ионизации. Каковы закономерности в изменении металлических свойств простых веществ?

2. Предложите способ получения кадмия из  $\text{CdSO}_4$ . Опишите отношение кадмия к воде, кислотам ( $\text{HCl}_{(p)}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_{4(p)}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_{4(к)}$ ,  $\text{HNO}_{3(p)}$ ,  $\text{HNO}_{3(к)}$ ) и щелочи  $\text{NaOH}$ .

3. Образуется ли осадок сульфида кадмия, если к  $100,00 \text{ см}^3$  раствора нитрата кадмия (II) с молярной концентрацией эквивалента  $0,001 \text{ моль/дм}^3$  добавили  $400,00 \text{ см}^3$  раствора сульфида натрия с молярной концентрацией эквивалента  $0,0001 \text{ моль/дм}^3$ ?

4. Будет ли осадок  $\text{HgI}_2$  растворяться в избытке раствора  $\text{KI}$ ? Для обоснования ответа используйте значение константы устойчивости комплексного иона.

5. Допишите уравнения реакций:



6. Какой объем раствора серной кислоты с массовой долей 15,00 % и плотностью  $1100 \text{ кг/м}^3$  потребуется для полного растворения 12,00 г цинка? Какой объем водорода выделится в реакции (н.у.)?

### Вариант 4

1. Напишите электронные формулы атомов цинка и кадмия. Сравните металлические свойства. Приведите примеры соответствующих реакций.

2. По значениям стандартных электродных потенциалов систем  $\text{Cu}^{+2}/\text{Cu}^+$ ;  $\text{Cu}^{+2}/\text{Cu}$ ;  $\text{Hg}^{+2}/\text{Hg}$  определите, что произойдет при помещении медной пластины в раствор соединений ртути (II).

3. Образуется ли осадок сульфида цинка, если к  $50,00 \text{ см}^3$  раствора нитрата цинка с молярной концентрацией эквивалента  $0,0002 \text{ моль/дм}^3$  прибавили  $450,00 \text{ см}^3$  раствора сульфида калия с молярной концентрацией эквивалента  $0,001 \text{ моль/дм}^3$ ?

4. Напишите уравнения реакций, протекающих при добавлении к раствору содержащему ионы  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ : а) избытка раствора щелочи; б) избытка раствора аммиака. Укажите константы устойчивости комплексных ионов.

5. Допишите уравнения реакций, подберите коэффициенты, используя ионно-электронный способ:





6. Какой объем азота образуется при взаимодействии 20,00 г цинка с разбавленной азотной кислотой? Определите массовую долю (в процентах)  $HNO_3$ , если в реакции взято 250,00 г раствора.

### Вариант 5

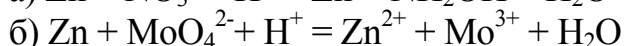
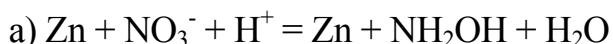
1. Проанализируйте (графически) и объясните характер изменения ионных и атомных радиусов и трех энергий ионизации атомов в ряду:  $Zn - Cd - Hg$ .

2. Как изменяется активность в ряду  $Zn - Cd - Hg$  по отношению к кислороду и сере? В обоснование ответа приведите значения  $\Delta G^{\circ}_{298}$  соответствующих соединений.

3. Определите массовые доли компонентов в смеси карбоната цинка с оксидом цинка, если при прокаливании 4,68 г этой смеси получено 4,02 г оксида цинка.

4. Опишите строение и пространственную конфигурацию аква-, аммино-, галогено- и цианокомплексов кадмия (II). Напишите уравнения реакций их получения, выражения констант устойчивости комплексных ионов.

5. Допишите уравнения реакций, подберите коэффициенты, используя ионно-электронный способ:



6. Ртуть растворили в небольшом количестве азотной кислоты. Определите сколько нитрата ртути (II) образовалось, если в реакции взято 100,00 см<sup>3</sup> раствора  $HNO_3$  с молярной концентрацией эквивалента 0,01 моль/дм<sup>3</sup>.

### Вариант 6

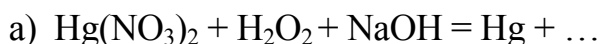
1. Предложите способ получения ртути. Напишите уравнения растворения ртути в концентрированной азотной кислоте: а) в избытке; б) в недостатке.

2. Сравните  $\Delta E^{\circ}_{298}$  систем:  $2Hg^{2+}/Hg_2^{2+}$ ,  $Hg_2^{2+}/2Hg$ ,  $Sn^{4+}/Sn^{2+}$ . Что произойдет при добавлении к раствору  $HgCl_2$  раствора  $SnCl_2$ ? Составьте уравнения реакций.

3. Какой из растворов (сульфид аммония или сероводородная кислота) следует взять для более полного осаждения  $ZnS$  из раствора хлорида цинка? Дайте объяснения, используя  $PP_{ZnS}$  и  $K_aH_2S$ .

4. Опишите строение и пространственную конфигурацию аква-, аммино-, гидроксокомплексов цинка (II). Напишите реакции получения комплексов, выражения констант устойчивости комплексных ионов.

5. Допишите уравнения реакций, подберите коэффициенты, используя ионно-электронный способ:





6. Определите молярную концентрацию эквивалента раствора сулемы ( $\text{HgCl}_2$ ), если  $100,00 \text{ см}^3$  раствора реагирует с  $200,00 \text{ см}^3$  раствора хлорида олова (II) с молярной концентрацией  $0,02 \text{ моль/дм}^3$ . Объясните образование белого осадка, а затем его почернение при действии избытка раствора  $\text{SnCl}_2$ .

### Вариант 7

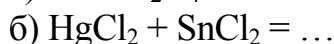
1. Кадмий можно получить электролизом расплава хлорида кадмия (II). Опишите процессы, происходящие на катоде и аноде. В чем растворяется кадмий? Приведите уравнения реакций.

2. Найдите массовые доли (в процентах) компонентов амальгамы, полученной при смешении  $5,00 \text{ см}^3$  ртути и  $3,00 \text{ см}^3$  металлического натрия, если плотность ртути и натрия соответственно равны  $13,55 \text{ кг/дм}^3$  и  $0,97 \text{ кг/дм}^3$ .

3. Вычислите  $\Delta G_{298}^\circ$  реакций цинка, кадмия и ртути с  $\text{CO}_2$ . Каков характер изменения кислотно-основных свойств в ряду:  $\text{ZnO} - \text{CdO} - \text{HgO}$ ?

4. Что произойдет при действии на гидроксид цинка и кадмия растворов: а) щелочи; б) аммиака. Напишите уравнения реакций, дайте объяснения. Приведите выражения констант устойчивости комплексных ионов.

5. Допишите уравнения реакций, подберите коэффициенты, используя ионно-электронный способ:



6. Известно, что очень разбавленную азотную кислоту цинк восстанавливает до иона аммония. Сколько нитрата аммония образуется при растворении  $10,00 \text{ г}$  цинка и какова массовая доля азотной кислоты, если было взято  $600,00 \text{ граммов}$  ее раствора?

### Вариант 8

1. Пользуясь периодической системой Д.И. Менделеева и таблицей окислительно-восстановительных потенциалов, охарактеризуйте химические свойства  $\text{Zn}$ ,  $\text{Cd}$ ,  $\text{Hg}$ .

2. Используя значения  $\Delta G_{298}^\circ$ , объясните, как изменяется устойчивость одноподгруппных бинарных соединений элементов подгруппы кадмия и цинка (оксиды, сульфиды).

3. Какой объем раствора сульфида натрия с молярной концентрацией эквивалента  $0,25 \text{ моль/дм}^3$  потребуется для осаждения в виде сульфидов ионов  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ , если в растворе содержится  $1,50 \text{ г}$  нитратов цинка, кадмия (II) и ртути (II) в соотношении (4:1:5)?

4. Константа неустойчивости иона  $[\text{CdI}_4]^{2-}$  составляет  $7,94 \cdot 10^{-7}$ . Вычислите концентрацию ионов кадмия в растворе  $\text{K}_2[\text{CdI}_4]$  с молярной концентрацией  $0,10 \text{ моль/дм}^3$ , содержащем  $0,10 \text{ моль}$  иодида калия в  $1,00 \text{ дм}^3$  раствора.

5. Значения стандартных электродных потенциалов систем  $Zn^{2+}/Zn$ ,  $Cd^{2+}/Cd$  соответственно равны  $-0,76$  В и  $-0,40$  В. Какая реакция протекает самопроизвольно в кадмиево-цинковом гальваническом элементе? Составьте схему гальванического элемента.

6. При нарушении поверхностного слоя цинкового покрытия на железе идет процесс коррозии вследствие работы гальвано-пары:  $Zn/Zn^{2+}/H_2SO_4/(Fe)2H^+/H_2$ . За 48 секунд действия этой гальвано-пары через внешнюю цепь протекло 550 Кл электричества. Какая масса цинка растворилась при этом и какой объем водорода выделился на железном катоде?

### Вариант 9

1. Если металлическая ртуть содержит примесь металлов Zn, Sb и Pb, то для их удаления ртуть взбалтывают с насыщенным раствором сульфата ртути. Что при этом происходит? Составьте уравнения соответствующих реакций.

2. Каким образом можно получить сульфиды цинка, кадмия и ртути? Используя значения произведения растворимости сульфидов, сделайте вывод о растворимости их в воде. В каких кислотах растворяются сульфиды элементов II группы побочной подгруппы? Напишите уравнения соответствующих реакций.

3. Какая из солей  $ZnCl_2$  или  $[Zn(NH_3)_4]Cl_2$  в растворе с молярной концентрацией эквивалента  $1,00$  моль/дм<sup>3</sup> имеет большую степень гидролиза? Дайте объяснения.

4. Используя  $\Delta G^{\circ}_{298}$  процесса:  $[Cd(CN)_4]^{2-} = Cd^{2+} + 4CN^-$  определите возможность диссоциации комплексного иона  $[Cd(CN)_4]^{2-}$  ( $K_H = 7,66 \cdot 10^{-18}$ ).

5. Гальванический элемент состоит из металлического цинка, погруженного в раствор сульфата цинка, и металлической меди, погруженной в раствор сульфата меди с молярной концентрацией  $0,20$  моль/дм<sup>3</sup>. Вычислите ЭДС элемента, напишите уравнения электродных процессов, составьте схему гальванического элемента.

6. Какую массу кадмия можно растворить в  $0,05$  дм<sup>3</sup> азотной кислоты с молярной концентрацией эквивалента  $0,50$  моль/дм<sup>3</sup>? Какой объем оксида азота (II) выделится (н.у.)?

### Вариант 10

1. Составьте уравнения реакций получения в промышленности Zn, Cd и Hg. Укажите условия проведения реакций.

2. Какую окраску имеют сульфиды кадмия (II) и ртути (II)? Почему сульфид цинка (II) белый, а сульфиды кадмия (II) и ртути (II) окрашены? Дайте объяснения.

3. В реакциях между растворами солей  $Zn(NO_3)_2$  и  $Hg(NO_3)_2$  с  $Na_2CO_3$  образуются осадки основных карбонатов. Напишите уравнения соответствующих реакций в молекулярном и ионном видах.

4. Определите концентрацию ионов  $Zn^{2+}$  в  $0,50 \text{ дм}^3$  в растворе  $K_2[Zn(CN)_4]$  с молярной концентрацией  $0,05 \text{ моль/дм}^3$ , содержащего  $0,05 \text{ моль KCN}$ . Степень диссоциации KCN равна  $85,00 \%$ ,  $K_{H[Zn(CN)_4]^{2-}} = 1,00 \cdot 10^{-16}$ .

5. Составьте схемы электролиза водного раствора хлорида цинка, если: а) анод цинковый; б) анод угольный.

6. Чему равна молярная масса эквивалента масса кадмия, если для выделения  $1,00 \text{ г}$  кадмия из раствора его соли нужно пропустить через раствор  $1717 \text{ Кл}$  электричества?

# Свойства d-элементов VI группы и их соединений

## Вариант 1

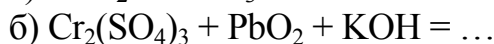
1. Постройте графики зависимости атомных радиусов и энергии ионизации от порядкового номера элементов VI группы побочной подгруппы. Дайте объяснения.
2. Как изменяются кислотно-основные свойства в ряду соединений Cr(II), Cr(III), Cr(VI)? Приведите примеры соединений, назовите их, напишите уравнения реакций, которые характеризуют кислотно-основные свойства оксидов и гидроксидов хрома.
3. Какую массу хрома можно получить из 2,50 т хромистого железняка  $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ , содержащего 15,00 % пустой породы? Опишите физические и химические свойства хрома.
4. Почему при взаимодействии  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  с  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  в осадок выпадает гидроксид хрома (III)? Дайте объяснения. Напишите соответствующие реакции в молекулярном и ионном видах.
5. Составьте координационные формулы и назовите следующие соединения:  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{Cr}(\text{CN})_3 \cdot 3\text{KCN}$ ;  $2\text{KF} \cdot \text{WF}_6$ .
6. Составьте уравнения следующих окислительно-восстановительных реакций:
  - а)  $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{KClO}_3 = \dots$
  - б)  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl} = \dots$
7. Какую массу сульфита натрия можно окислить с помощью 0,10 дм<sup>3</sup> раствора бихромата калия с молярной концентрацией 0,005 моль/дм<sup>3</sup>? Раствор подкислен серной кислотой.

## Вариант 2

1. Какие степени окисления проявляют Cr, Mo, W в своих соединениях? Приведите примеры соединений и назовите их. Как в ряду Cr – Mo – W изменяется способность элементов переходить в состояние высшей степени окисления? Дайте объяснения.
2. Как получить вольфрам? Сколько потребуется руды, содержащей 90,00 % оксида вольфрама (VI), для получения 10,00 т вольфрама? В чем можно растворить вольфрам? Напишите уравнения реакций. Дайте объяснения.
3. Напишите реакции получения гидроксида хрома (III) и докажете его амфотерный характер.
4. Рассчитайте константу гидролиза соли  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$  в растворе с молярной концентрацией 0,001 моль/дм<sup>3</sup>, учитывая лишь первую степень гидролиза. Определите рН данного раствора.
5. Укажите тип гибридизации орбиталей Mo и геометрию комплексного иона  $[\text{MoF}_6]^{3-}$ ? Пара- или диамагнитные свойства проявляет данный комплекс?



6. Допишите уравнения реакций, подберите коэффициенты, используя ионно-электронный способ:

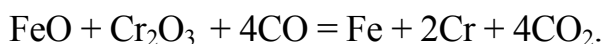


7. На восстановление  $0,05 \text{ дм}^3$  раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  с молярной концентрацией  $2,00 \text{ моль/дм}^3$  в присутствии соляной кислоты затрачено  $0,20 \text{ дм}^3$  хлорида олова (II). Вычислите молярную концентрацию эквивалента раствора  $\text{SnCl}_2$ . Сколько граммов  $\text{CrCl}_3$  образовалось в реакции?

### Вариант 3

1. Напишите электронные формулы атомов Cr и Mo. Объясните почему в основном состоянии Cr и Mo имеют электронные конфигурации  $(n-1)d^5ns^1$ .

2. Вычислите  $\Delta G^\circ_{298}$  процесса:



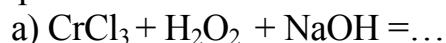
Возможна ли эта реакция? Как относится хром к разбавленным серной и соляной кислотам? Напишите соответствующие реакции.

3. Как изменяется устойчивость оксидов в ряду Cr(VI), Mo(VI), W(VI)? Каковы кислотно-основные свойства оксидов Э(VI)? Приведите примеры соответствующих реакций.

4. Составьте уравнения гидролиза хлорида хрома (III). Рассчитайте pH и степень гидролиза раствора с молярной концентрацией  $0,01 \text{ моль/дм}^3$ , учитывая лишь первую степень гидролиза.

5. Роданид хрома образует с аммиаком соединения состава  $\text{Cr}(\text{SCN})_3 \cdot 3\text{NH}_3$  и  $\text{Cr}(\text{SCN})_3 \cdot 5\text{NH}_3$ . Хлорное железо связывает  $2/3$  роданид-иона во втором соединении. При добавлении раствора  $\text{FeCl}_3$  к раствору первой соли характерного кроваво-красного окрашивания не появляется. Измерение электрической проводимости растворов этих соединений показывает, что раствор первого соединения электрического тока не проводит, второе в водном растворе распадается на три иона. Изобразите координационные формулы этих соединений. Напишите уравнения диссоциации этих солей, выражения констант устойчивости комплексных ионов.

6. Допишите уравнения реакций, подберите коэффициенты, используя ионно-электронный способ:



7. Вычислите массу дихромата натрия, необходимого для приготовления  $0,30 \text{ дм}^3$  раствора дихромата натрия с молярной концентрацией  $0,20 \text{ моль/дм}^3$ .

## Вариант 4

1. Обоснуйте положение хрома, молибдена, вольфрама в VI группе периодической системы. В чем сходство и различие этих элементов с элементами главной подгруппы?

2. Какой объем водорода (н.у.) необходим для получения 92,00 кг вольфрама из оксида вольфрама (VI). Выход продукта 91,00 %. Почему вольфрам легко растворяется в смеси HF и HNO<sub>3</sub>?

3. Напишите формулы кислот, соответствующих оксидам CrO<sub>3</sub>, MoO<sub>3</sub>, WO<sub>3</sub>. Составьте уравнения реакций диссоциации соответствующих кислот, выражения констант диссоциации. Какая из кислот является наиболее сильной?

4. Укажите какие ионы существуют в водных растворах солей хрома (III) при pH > 7, pH < 7. Приведите примеры соответствующих соединений и уравнения их диссоциации.

5. Роданид хрома образует с аммиаком соединение Cr(SCN)<sub>3</sub>·4NH<sub>3</sub>. Хлорное железо связывает 1/3 роданид-иона. Изобразите координационную формулу этого соединения. Напишите уравнение его диссоциации, выражение константы устойчивости данного комплексного иона.

6. Составьте уравнения следующих окислительно-восстановительных реакций:



Подберите коэффициенты, используя ионно-электронный способ.

7. Какую массу и объем сероводорода (н.у.) можно окислить до свободной серы 100,00 см<sup>3</sup> раствора K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> с молярной концентрацией 0,01 моль/дм<sup>3</sup> в кислой среде?

## Вариант 5

1. Приведите значения радиусов атомов Mo и W. Чем объясняется близость значений их радиусов?

2. Вольфрам растворяется в смеси KOH и KNO<sub>3</sub>. Напишите уравнение реакции и рассчитайте количество вольфрама, которое нужно растворить для получения 0,52 г вольфрамата калия.

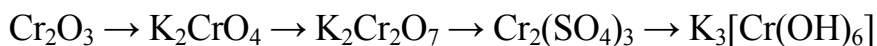
3. Как изменяется характер оксидов и гидроксидов в ряду Cr(II), Cr(III), Cr(VI)? Приведите уравнения соответствующих реакций, назовите полученные соединения.

4. Какие продукты получаются при гидролизе сульфата и сульфида хрома (III) в разбавленных водных растворах. Напишите уравнения реакций в ионном и молекулярном видах, составьте выражение константы гидролиза, используя K<sub>w</sub> и K<sub>b</sub>.

5. Известны три изомера состава CrCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O. Один изомер фиолетового цвета, два других – зеленого цвета разных оттенков. При действии на эти изомеры раствора

$\text{AgNO}_3$  в осадок выпадает 3,20 и 1,00 моль  $\text{AgCl}$ . Укажите состав внутренней и внешней сфер изомеров, назовите их, напишите уравнения соответствующих реакций.

6. Напишите уравнения реакций следующих превращений:



7. Какая масса бихромата калия потребуется для окисления 7,60 г сульфата железа (II) в кислом растворе?

### Вариант 6

1. Какова электронная конфигурация молибдена в степенях окисления +3, +4, +5, +6. Приведите примеры соединений молибдена в данных степенях окисления. Назовите их.

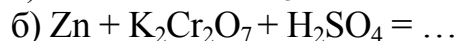
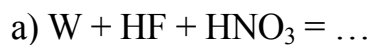
2. Хром получают алюмотермией  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Сколько алюминия и  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , содержащего 5,00 % пустой породы, нужно взять для получения 1,00 т хрома?

3. Известно, что при стоянии на воздухе окраска растворов соединений хрома (II) изменяется. Чем это объясняется? В обоснование ответа приведите стандартные потенциалы систем  $\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}^{2+}$  и  $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ . Приведите уравнения соответствующих реакций.

4. При взаимодействии раствора соды и нитрата хрома (III) образуется осадок гидроксида хрома (III). Дайте объяснения, напишите уравнения соответствующих реакций в ионном и молекулярном видах.

5. Эмпирическая формула соли  $\text{CrCl}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (координационное число хрома (III) равно шести). Какой объем раствора  $\text{AgNO}_3$  с молярной концентрацией эквивалента 0,10 моль/дм<sup>3</sup> понадобится для осаждения хлора, находящегося во внешней сфере, если используется 200,00 см<sup>3</sup> раствора комплексной соли с молярной концентрацией 0,01 моль/дм<sup>3</sup>?

6. Допишите уравнения реакций, подберите коэффициенты, используя ионно-электронный способ:



7. Какой объем хлора (н.у.) выделился при взаимодействии 100,00 см<sup>3</sup> раствора дихромата натрия с молярной концентрацией эквивалента 0,02 моль/дм<sup>3</sup> с избытком соляной кислоты.

### Вариант 7

1. Напишите электронную формулу атома хрома. В чем сущность явления “провала” электрона? Какова электронная конфигурация хрома в степенях окисления Cr(II), Cr(III), Cr(VI)?

2. Какая масса оксида молибдена (VI) с массовой долей примесей 4,00 % и какая масса кремния необходимы для получения 1,00 кг молибдена? В чем растворяется молибден? Напишите уравнения соответствующих реакций.

3. Как изменяется устойчивость соединений в ряду Cr(III), Mo(III), W(III). Ответ обоснуйте. Какие степени окисления характерны для Cr, Mo, W в соединениях? Приведите примеры соединений, назовите их.

4. Почему при взаимодействии соли бария с растворами хромата и дихромата калия выпадают осадки одного состава? Дайте объяснения. Реакции напишите в молекулярном и ионном видах.

5. На осаждение ионов брома из раствора комплексной соли  $[\text{Cr}(\text{OH}_2)_6]\text{Br}_3$  израсходовано  $0,25 \text{ дм}^3$  раствора  $\text{AgNO}_3$  с массовой долей 10,00 % (плотностью  $1088,00 \text{ кг/м}^3$ ). Какая масса комплексной соли содержалась в растворе? Напишите реакции и выражение  $K_{\text{уст}}$  для комплексного иона.

6. Напишите уравнения реакций перехода:

а) хромата калия в хлорид хрома (III);

б) сульфата хрома(III) в бихромат натрия.

7. Какой объем раствора сульфита натрия с массовой долей соли 10,00 % и плотностью  $1090,00 \text{ кг/м}^3$ , потребуется для восстановления в кислой среде  $0,50 \text{ дм}^3$  раствора бихромата калия с молярной концентрацией  $0,01 \text{ моль/дм}^3$ ?

## Вариант 8

1. Какие степени окисления характерны для хрома, молибдена и вольфрама? Приведите примеры соответствующих соединений, приведите их.

2. Вычислите  $\Delta G^{\circ}_{298}$  процесса:  $\text{WO}_3 + 3\text{Ca} = \text{W} + 3\text{CaO}$ . Возможна ли эта реакция? Как относится вольфрам к кислотам, щелочам? Напишите уравнения реакций.

3. Используя качественные характеристики (по справочным данным), сравните окислительно–восстановительные свойства хрома (VI), (III), (II) в кислотной и щелочной среде при  $25^{\circ}\text{C}$ . Составьте уравнения соответствующих реакций.

4. Что происходит при добавлении раствора сульфида натрия к растворам: а) хлорида хрома(II); б) хлорида хрома (III)? Дайте объяснения. Напишите уравнения соответствующих реакций.

5. На основе теории кристаллического поля установите, будут диамагнитными или парамагнитными следующие октаэдрические комплексы:  $[\text{Cr}(\text{CN})_6]^{3-}$  - лиганды создают сильное поле;  $[\text{Cr}(\text{OH}_2)_6]^{3+}$  - лиганды создают слабое поле.

6. Допишите уравнения реакций окисления хрома (III) в щелочной среде подберите коэффициенты, используя ионно–электронный способ:

а)  $\text{KCrO}_2 + \text{Cl}_2 + \text{KOH} = \dots$

б)  $\text{NaCrO}_2 + \text{PbO}_2 + \text{NaOH} = \dots$

7. Рассчитайте массу дихромата калия, необходимого для окисления 50,00 г цинка в кислой среде.

### Вариант 9

1. Какова степень окисления вольфрама в катионе и анионе в соединении  $(\text{WO})_2\text{WO}_4$ ? Напишите электронные формулы атомов вольфрама в соответствующих степенях окисления. Какая степень окисления вольфрама в соединениях более устойчива?

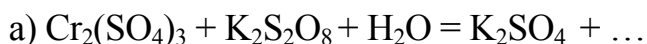
2. Какую массу молибдена можно получить из 3,00 т оксида молибдена (VI) с массовой долей примесей 10,00 %? Опишите физические и химические свойства молибдена.

3. Как изменяется устойчивость гидроксидов в ряду Cr(VI), Cr(III), Cr(II)? Дайте объяснения. Приведите уравнения реакций, характеризующих кислотно-основные свойства гидроксидов.

4. К раствору сульфата хрома (III) добавляют раствор сульфида аммония до прекращения образования осадка и выделения газа. Укажите окраску конечного раствора, цвет и состав осадка, свойства выделившегося газа. Предложите способы химической идентификации вещества в осадке и выделившегося газа.

5. Для осаждения хлорид ионов, составляющих внешнюю сферу комплексного соединения, на 100,00 см<sup>3</sup> раствора соединения  $\text{CrCl}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  с молярной концентрацией 0,02 моль/дм<sup>3</sup> потребовалось 20,00 см<sup>3</sup> раствора нитрата серебра (I) с молярной концентрацией 0,20 моль/дм<sup>3</sup>. По результатам опыта составьте формулу соединения и назовите его, напишите выражение константы устойчивости комплексного иона.

6. Допишите уравнения реакций, подберите коэффициенты, используя ионно-электронный способ:



7. Какой объем брома (н.у.) необходим для окисления в щелочной среде 200,00 см<sup>3</sup> раствора хлорида хрома (III) с молярной концентрацией соли 0,10 моль/дм<sup>3</sup>? Учтите, что при стандартных условиях бром – жидкость.

### Вариант 10

1. Объясните изменение химической активности в ряду: Cr – Mo – W, используя значения потенциалов ионизации, атомных радиусов и стандартных потенциалов. Ответ подтвердите уравнениями реакций.

2. Хром можно перевести в раствор методом окислительного щелочного сплавления с образованием хромата калия. Составьте уравнения реакций сплавления хрома с

нитратом калия и рассчитайте массу хромата калия, если в реакции учувствовало 50,00 г хрома.

3. Пользуясь литературой, укажите все способы получения оксидов хрома. Рассмотрите возможность их взаимодействия со следующими веществами: а) хлороводородной кислотой; б) концентрированной азотной кислотой; в) гидроксидом натрия (в растворе, при сплавлении). Какие из этих реакций являются окислительно-восстановительными?

4. Какие продукты практически получаются при гидролизе сульфата и сульфида хрома (III) в разбавленных водных растворах при 25 °С? Напишите уравнения соответствующих реакций. Какова реакция среды этих растворов? Ответ обоснуйте.

5. Орбитали каких энергетических уровней в ионе  $\text{Cr}^{3+}$  принимают участие в образовании химической связи в комплексном ионе  $[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3-}$ ? Какое пространственное строение имеет этот ион?

6. Допишите уравнения реакций, подберите коэффициенты, используя ионно-электронный способ:



7. На восстановление 0,50 дм<sup>3</sup> раствора хромата калия с молярной концентрацией 0,03 моль/дм<sup>3</sup> в присутствии серной кислоты затрачено 0,10 дм<sup>3</sup> раствора иодида калия. Сколько граммов кристаллического йода образовалось в реакции? Какова молярная концентрация эквивалента раствора иодида калия?

## Свойства d-элементов VII группы и их соединений

### Вариант 1

1. Постройте графики зависимости радиуса и энергии ионизации от порядкового номера элемента подгруппы марганца (объясните ход кривых). Какие степени окисления характерны для Mn, Tc, Re?

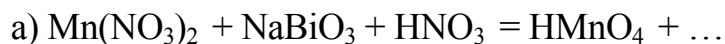
2. Какая масса пиролюзита с массовой долей примесей 4,00 % необходима для получения 1,00 т марганца методом кремнийтермии. Рассчитайте необходимую массу восстановителя.

3. Как изменяется устойчивость оксидов d-элементов VII группы в рядах: а)  $\text{MnO}_3 - \text{TcO}_3 - \text{ReO}_3$ ; б)  $\text{Mn}_2\text{O}_7 - \text{Tc}_2\text{O}_7 - \text{Re}_2\text{O}_7$ . Каковы кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства этих оксидов? Приведите уравнения соответствующих реакций, назовите соединения.

4. Как изменяется рН при растворении солей марганца (II) в воде? Напишите реакции гидролиза хлорида марганца (II) по I ступени. Рассчитайте, как изменится степень гидролиза при разбавлении раствора с молярной концентрацией 1,00 моль/дм<sup>3</sup> в 100 раз. Рассчитайте константу гидролиза.

5. Приведите электронные конфигурации октаэдрических комплексов:  $[\text{MnF}_6]^{2-}$ ,  $[\text{MnF}_5(\text{OH})]^-$ ,  $[\text{MnI}_6]^{2-}$ . Напишите реакции их получения, дайте названия, приведите выражения констант устойчивости для каждого комплексного иона.

6. Составьте уравнения соответствующих реакций, обоснуйте возможность их протекания:



7. Какую массу сульфида аммония можно окислить 1,00 г перманганата калия в кислой среде?

### Вариант 2

1. Почему технеций и йод находятся в одной группе, но в разных подгруппах? Обоснуйте ответ, укажите сходство и различие химических свойств элементов и их соединений.

2. Для анализа сплава, содержащего рений, необходимо перевести металл в раствор. Какие реагенты для этого можно использовать? Напишите уравнения реакций растворения рения в разбавленной и концентрированной азотной кислотах. Какой объем оксида азота (II) выделится при растворении 1,00 г рения?

3. Каковы кислотно-основные свойства бинарных и трехэлементных соединений Э(VIII)? Приведите уравнения реакций взаимодействия  $\text{ЭO}_3$  и  $\text{Э}_2\text{O}_7$  с водой;  $\text{Re}_2\text{S}_7$  с сульфидом калия.

4. Раствор сульфата марганца (II) с молярной концентрацией  $0,10 \text{ моль/дм}^3$  разбавили до раствора с молярной концентрацией  $0,001 \text{ моль/дм}^3$ . Сравните как изменяются степень гидролиза и pH среды, при расчете учитывайте лишь первую степень гидролиза.

5. Составьте уравнения реакций  $\text{TcCl}_4$  с  $\text{KCl}$ ,  $\text{ReBr}_4$  с  $\text{KBr}$ . Напишите уравнения диссоциации соответствующих комплексных соединений, выражение констант устойчивости. Соединения назовите.

6. К раствору сульфата марганца добавили растворы гидроксида калия, сульфида аммония, перманганата калия. Напишите уравнения реакции, обоснуйте возможность протекания каждой из этих реакций.

7. Какую массу сульфата железа (II) можно окислить в кислой среде с помощью  $50,00 \text{ см}^3$  раствора перманганата калия с молярной концентрацией эквивалента  $0,01 \text{ моль/дм}^3$ ?

### Вариант 3

1. Какие степени окисления характерны для марганца, технеция, рения? Приведите примеры соединений в устойчивых степенях окисления, дайте им названия.

2. Как изменяется активность простых веществ в ряду  $\text{Mn} - \text{Tc} - \text{Re}$ ? Как ведут себя рассматриваемые металлы по отношению к соляной, разбавленной серной и концентрированной азотной кислотам? Приведите уравнения реакций. Сколько граммов  $\text{HTcO}_4$  получится при растворении  $2,00 \text{ г}$  Tc в азотной кислоте?

3. Охарактеризуйте окислительно–восстановительные свойства оксида марганца (IV). Какие условия необходимы для перевода соединений: а)  $\text{Mn(IV)}$  в  $\text{Mn(VI)}$ ; б)  $\text{Mn(IV)}$  в  $\text{Mn(II)}$ ; в)  $\text{Mn(VI)}$  в  $\text{Mn(VII)}$ . Приведите примеры реакций.

4. К  $50,00 \text{ см}^3$  раствора хлорида марганца (II) с молярной концентрацией эквивалента  $0,002 \text{ моль/дм}^3$  добавили  $450,00 \text{ см}^3$  раствора сульфида натрия с молярной концентрацией  $0,002 \text{ моль/дм}^3$ . Выпадает ли осадок сульфида марганца (II), если  $\text{PP}_{\text{MnS}} = 2,50 \cdot 10^{-10}$ ?

5. Гексафториды  $\text{TcF}_6$  и  $\text{ReF}_6$  имеют низкие температуры плавления и кипения и легко сублимируются. Чем это объясняется? Почему  $T_{\text{пл}} \text{ ReO}_3$  выше, чем у  $\text{ReF}_6$ ? Приведите примеры анионных комплексов  $\text{Re(VI)}$  и  $\text{Tc(VI)}$ . Напишите уравнения их диссоциации, названия, выражения констант устойчивости.

6. Через порции щелочного раствора манганата калия, помещенные в отдельные сосуды, пропускают газообразный диоксид углерода, хлор, сероводород, аммиак, бромоводород. С какими из перечисленных газов протекают реакции? Напишите уравнения происходящих превращений.

7. Какое количество сульфата титана (III) содержится в  $1,00 \text{ дм}^3$  раствора, если при титровании  $0,03 \text{ дм}^3$  потребовалось  $0,045 \text{ дм}^3$  раствора перманганата калия с



молярной концентрацией эквивалента  $0,15 \text{ моль/дм}^3$ ? Среду для титрования нужно выбрать таким образом, чтобы не было образования осадка.

#### Вариант 4

1. Напишите электронную конфигурацию атома Mn. Какое число электронов имеет марганец на уровне с  $n=3$ ? Почему хлор и марганец находятся в одной группе, но разных подгруппах? Дайте объяснения, укажите их сходство и различие, приведите примеры реакций.

2. Сколько литров кислорода потребуется для сжигания  $1,00 \text{ г}$  технеция? Как изменяется устойчивость соединений технеция при повышении степени окисления в ряду: Tc(II) – Tc(IV) – Tc(VI) – Tc(VII)?

3. Опишите способ получения гидроксида марганца (II) с учетом его окисляемости. Каковы кислотно–основные и окислительно–восстановительные свойства этого соединения? Приведите примеры реакций.

4. Вычислите константу гидролиза нитрата марганца (II), учитывая первую степень гидролиза. Определите pH раствора и степень гидролиза этой соли в растворе с молярной концентрацией  $0,01 \text{ моль/дм}^3$ .

5. Составьте уравнения реакций образования анионных (фторо-, хлоро- и циано-) комплексов марганца (II). Какое строение имеют комплексные ионы? Каково поведение комплексных ионов при разбавлении раствора? Ответ обоснуйте, используя справочные данные  $K_{\text{уст}}$ .

6. Напишите уравнения реакций, в которых соединения марганца (IV) являются: а) окислителями; б) восстановителями. Обоснуйте возможность протекания этих реакций.

7. Сколько граммов сульфита натрия содержалось в  $500,00 \text{ см}^3$  раствора (плотностью  $1003,00 \text{ кг/м}^3$ ), если для его окисления потребовалось  $2,00 \text{ дм}^3$  раствора перманганата калия с молярной концентрацией  $0,02 \text{ моль/дм}^3$ ? Определите массовую долю сульфита натрия в растворе.

#### Вариант 5

1. Найдите сходство и различие в характеристиках хлора и марганца и соответствующих им соединений. Проанализируйте закономерности изменения кислотно–основных и окислительно–восстановительных свойств одготипных соединений хлора и марганца.

2. На основе справочных данных оцените сравнительную термическую устойчивость оксидов марганца в различных степенях окисления. Какие продукты получают:

а) при прокаливании марганца на воздухе; б) при нагревании оксида марганца (III) в атмосфере водорода?

3. В водном растворе одновременно находятся катионы: а) Mn (II) и Zn (II); б) Mn (II) и Be (II); в) Mn (II) и Cu (II). Предложите способы качественного определения и количественного разделения катионов каждой пары (выбор используемых реагентов неограничен).

4. Образуется ли осадок сульфида марганца, если к 500,00 см<sup>3</sup> раствора хлорида марганца (II) с молярной концентрацией 0,01 моль/дм<sup>3</sup>, добавить 500,00 см<sup>3</sup> раствора сульфида аммония с молярной концентрацией эквивалента 0,02 моль/дм<sup>3</sup>?

5. Приведите примеры комплексных соединений Re (VI), Tc (VI). Напишите уравнения реакций ReF<sub>6</sub> и TcF<sub>6</sub> с фторидом калия, уравнения диссоциации полученных комплексных соединений, их названия, выражения констант устойчивости соответствующих комплексных ионов.

6. Укажите окислитель, которым ион Mn<sup>2+</sup> можно окислить до MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>: а) K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>; б) H<sub>2</sub>SO<sub>4(к)</sub>; в) NaBiO<sub>3</sub>; г) Cl<sub>2</sub>; д) KIO<sub>3</sub>. Напишите соответствующие реакции. Дайте объяснения.

7. Какая масса йода выделится при взаимодействии иодида калия в кислой среде с 0,25 дм<sup>3</sup> раствора манганата калия с молярной концентрацией эквивалента 0,01 моль/дм<sup>3</sup>? Раствор иодида калия взят в избытке.

### Вариант 6

1. Напишите электронные формулы Mn(II) и Mn(VII). Какая из частиц наиболее сильный окислитель? Приведите примеры соединений Mn(II), Mn(VII), назовите их.

2. Каковы кислотно-основные свойства бинарных соединений Э(VII)? Приведите примеры реакций взаимодействия Э<sub>2</sub>O<sub>7</sub> с гидроксидом калия и с сульфидом калия.

3. Определите pH раствора сульфата марганца с молярной концентрацией 0,001 моль/дм<sup>3</sup>. Напишите выражение и рассчитайте численное значение константы гидролиза первой степени.

4. Почему для комплексообразователя с электронной конфигурацией 3d<sup>3</sup> наиболее характерно координационное число шесть? Приведите примеры для комплексных соединений Re(IV), Tc(IV). Напишите их реакции диссоциации и выражение констант устойчивости комплексных ионов.

5. В каких кислотах растворяется марганец, технеций? Напишите уравнения соответствующих реакций.

6. Напишите уравнения реакции, происходящей при сплавлении рения со смесью KOH и KClO<sub>3</sub>. Какая масса рената (VII) образуется, если в реакции участвует 3,24 г Re, в котором массовая доля примесей 7,00 %?

7. Какой объем диоксида азота (IV) выделится при добавлении к 30,00 см<sup>3</sup> раствора нитрита калия с молярной концентрацией эквивалента 0,20 моль/дм<sup>3</sup> к 100,00 см<sup>3</sup> раствора перманганата калия? Какова молярная концентрация раствора KMnO<sub>4</sub>, если известно, что вещества полностью провзаимодействовали, а реакция идет в кислой среде?

### Вариант 7

1. Напишите электронные формулы для Re(III), Re(IV), Re(VI), Re(VII). Как изменяется природа одновалентных соединений с повышением степени окисления рения в ряду: Re<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – ReO<sub>2</sub> – ReO<sub>3</sub> – Re<sub>2</sub>O<sub>7</sub>.

2. Сколько углерода потребуется для получения 1,00 т марганца из его диоксида методом углетермии, если кокс содержит 2,00 % примесей?

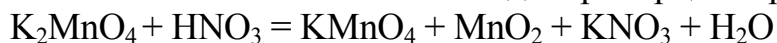
3. Какой объем раствора гидроксида натрия с молярной концентрацией эквивалента 0,20 моль/дм<sup>3</sup> потребуется для осаждения в виде Mn(OH)<sub>2</sub> всего марганца, содержащегося в 200,00 см<sup>3</sup> раствора нитрата марганца (II) с молярной концентрацией 0,02 моль/дм<sup>3</sup>?

4. Как изменяется pH среды при растворении солей марганца (II) в воде? Рассчитайте константу и степень гидролиза раствора сульфата марганца (II) с молярной концентрацией эквивалента 0,02 моль/дм<sup>3</sup>, учитывая лишь первую ступень гидролиза.

5. Составьте уравнения реакций, приводящих к образованию аквакомплексов марганца (II) при взаимодействии: а) металлического марганца; б) марганца (II); в) карбоната марганца с разбавленными кислотами.

6. Предложите два способа получения KMnO<sub>4</sub> из MnO<sub>2</sub>, включающие следующие стадии превращений: Mn(IV) → Mn(VI) → Mn(VII).

7. Под действием азотной кислоты манганаты диспропорционируют:



Какой объем раствора азотной кислоты с массовой долей 30,00 % (плотностью 1185,00 кг/м<sup>3</sup>) необходим для получения 9,48 г перманганата калия?

### Вариант 8

1. Иногда указывают на некоторое сходство марганца и хрома. О каких свойствах марганца и хрома идет здесь речь? Рассмотрите химические свойства соединений в высшей, промежуточной и низшей степенях окисления обоих элементов.

2. Какими методами получают марганец и ферромарганец в промышленности? Приведите уравнения реакций. Рассчитайте массу восстановителя для получения 1,00 т марганца, при условии, что он содержит 5,00 % примесей.

3. Приведите формулы оксидов марганца и способы их получения. Как изменяются кислотно–основные свойства этих оксидов? Какие продукты могут образоваться при взаимодействии оксидов марганца с а) хлороводородной кислотой, б) раствором гидроксида калия?

4. Как изменится рН среды при разбавлении раствора нитрата марганца (II) с молярной концентрацией 0,10 моль/дм<sup>3</sup> в 100 раз? Напишите уравнение реакции гидролиза по первой ступени, рассчитайте, как изменится степень гидролиза до и после разбавления.

5. Приведите формулы гексафторо-, пентафторогидрокси-, гексаиодокомплексов марганца (IV). Напишите реакции их получения, выражение констант устойчивости комплексных ионов.

6. Как изменяется прочность связи Э – О в ряду  $\text{MnO}_4^- - \text{TcO}_4^- - \text{ReO}_4^-$  и чем это объясняется? Как изменяется в этом ряду окислительная способность ионов? Ответ обоснуйте, приведите примеры реакций.

7. Какой объем кислорода выделится при термическом разложении 7,90 г перманганата калия (н.у.)?

### Вариант 9

1. Объясните характер изменения температуры плавления, теплот плавления и возгонки металлов в ряду  $\text{Mn} - \text{Tc} - \text{Re}$ .

2. Через смесь фторидов молибдена (VI) и рения (VI), нагретую до 1000 °С, пропустили ток водорода. Образование какого металла термодинамически более вероятно?

3. Иногда указывают на сходство соединений марганца (II) с одной стороны, соединений хрома с другой стороны. Приведите примеры веществ и реакций, которые конкретно показывают сходство (кисотно–основного взаимодействия, окисления, восстановления, гидролиза).

4. Как изменится степень гидролиза при разбавлении раствора сульфата марганца (II) с молярной концентрацией 0,01 моль/дм<sup>3</sup> в 10 раз? Напишите уравнение реакции гидролиза по I ступени, рассчитайте рН раствора до и после разбавления.

5. Приведите примеры бинарных соединений  $\text{Tc(VI)}$  и  $\text{Re(VI)}$  и анионных комплексов  $\text{Mn(VI)}$ ,  $\text{Tc(VI)}$ ,  $\text{Re(VI)}$ . Напишите выражения констант устойчивости комплексных соединений, дайте названия соединениям.

6. Обсудите характер изменений в ряду  $\text{Mn}_2\text{O}_7 - \text{CrO}_3 - \text{V}_2\text{O}_5 - \text{TiO}_2$ : а) температуры плавления; б) растворимости в воде; в) кислотно–основных свойств; г) окислительной активности. Дайте объяснения найденным закономерностям.

7. Какой объем раствора перманганата калия с молярной концентрацией эквивалента 0,10 моль/дм<sup>3</sup>, потребуется для взаимодействия с 50,00 см<sup>3</sup> раствора

сульфита натрия с молярной концентрацией 0,02 моль/дм<sup>3</sup>? Какова массовая доля перманганата калия в растворе?

### Вариант 10

1. Как изменяется химическая активность в ряду Mn – Tc – Re? Приведите примеры соответствующих полуреакций и отвечающих им стандартных окислительно-восстановительных потенциалов  $E_{298}^0$  в кислой среде для пар  $Mn^{2+}/Mn$ ,  $TcO_4^-/Tc$  и  $ReO_4^-/Re$ . К какому из элементов Mn или Re ближе по химическим свойствам Tc? Ответ обоснуйте.

2. Выясните принципиальную возможность получения марганца восстановлением: а) из MnO водородом; б) из MnO<sub>2</sub> кремнием; в) из Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> аммиаком. Какой из этих процессов наиболее вероятен при 1200 °C? Дайте объяснения.

3. Охарактеризуйте кислотно-основные свойства двух- и трехэлементных соединений Э(VI). Составьте уравнения взаимодействия: а) ReO<sub>3</sub> с KOH; б) ReF<sub>6</sub> и ReOF<sub>4</sub> с KF.

4. Как изменится pH среды при разбавлении раствора хлорида марганца (II) с молярной концентрацией эквивалента 0,01 моль/дм<sup>3</sup> в 10 раз? Напишите уравнение реакции гидролиза по I ступени, рассчитайте pH раствора до и после разбавления.

5. Составьте уравнения реакций взаимодействия: а) TcCl<sub>4</sub> с KCl; б) ReBr<sub>4</sub> с KBr; в) MnO<sub>2</sub> с CaO. Для комплексных соединений напишите выражения констант устойчивости, дайте названия этим соединениям.

6. В какой среде (кислой, щелочной или нейтральной) окислительные свойства иона  $MnO_4^-$  проявляются в наибольшей степени? Ответ обоснуйте справочными данными. Могут ли ионы  $MnO_4^-$  в кислой среде при pH= 1,00-6,00 окислить хлорид-ионы до молекулярного хлора?

7. Какую массу хлорида калия можно окислить в кислой среде с помощью 50,00 см<sup>3</sup> раствора перманганата калия с молярной концентрацией эквивалента 0,01 моль/дм<sup>3</sup>?

# Свойства d–элементов VIII группы и их соединений

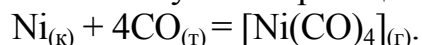
## Вариант 1

1. Постройте графики зависимости радиуса и энергии ионизации от порядкового номера элементов в ряду Fe – Ru – Os. Объясните ход кривых. Какие степени окисления наиболее характерны для каждого из этих элементов?

2. Какие степени окисления могут проявлять Co, Rh, Ir в своих соединениях? Как изменяется устойчивость соединений с различными степенями окисления? Приведите примеры соединений, назовите их.

3. Сколько миллилитров раствора сульфата никеля (II) с молярной концентрацией 0,01 моль/дм<sup>3</sup> потребуется для получения 20,00 г Ni(OH)<sub>2</sub>? Как изменяется способность к окислению в ряду: Ni(OH)<sub>2</sub> - Co(OH)<sub>2</sub> - Fe(OH)<sub>2</sub>? Можно ли получить Ni(OH)<sub>3</sub> окислением на воздухе Ni(OH)<sub>2</sub>? Ответ обоснуйте.

4. Карбонил никеля может быть получен по реакции:



Какой объем тетракарбонил никеля образовался, если в реакцию вступило 24,48 г никеля, а производственные потери составляют 10,00 %? В каких кислотах растворяется никель?

5. Будет ли сохраняться окраска раствора, образовавшегося при сливании растворов, содержащих ионы Fe<sup>3+</sup> и CNS<sup>-</sup>, если добавить а) раствор NaF; б) раствор KCN. Ответ обоснуйте, приведите значения K<sub>уст</sub> образовавшихся комплексных соединений.

6. Можно ли получить феррат (IV) калия при взаимодействии хлорида железа (III) с бромом в щелочной среде? Ответ обоснуйте, пользуйтесь справочными данными.

7. Какая масса перманганата калия потребуется для окисления 7,60 г сульфата железа (II) в кислой среде? Рассчитайте массовую долю перманганата калия, если израсходовано 500,00 г раствора.

## Вариант 2

1. Проанализируйте и объясните характер изменения атомного и ионного радиусов, энергии ионизации в зависимости от порядкового номера элемента подгруппы кобальта. Какие степени окисления могут проявлять элементы и как изменяется характерная степень окисления в ряду Co – Rh – Ir?

2. Какую массу железа можно получить из тонны железной руды, содержащей 60,00 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>? Как при растворении железа можно получить: а) соль железа (II); б) соль железа (III)?

3. Как изменяются окислительно–восстановительные свойства в ряду соединений Fe(II) – Co(II) – Ni(II)? Выясните термодинамическую вероятность окисления Э(OH)<sub>2</sub> в

$\text{Э}(\text{ОН})_3$  для каждого из этих элементов. Опишите изменение окраски гидроксидов при окислении.

4. Рассчитайте рН и степень гидролиза раствора хлорида железа (III) с молярной концентрацией  $0,001 \text{ моль/дм}^3$ , учитывая лишь первую ступень гидролиза.

5. При добавлении  $\text{KCNS}$  к раствору соли  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  происходит изменение окраски раствора, а при добавлении к раствору соли  $3\text{KCN} \cdot \text{Fe}(\text{CN})_3$  изменений не наблюдается. Какая из этих солей двойная, а какая комплексная? Приведите уравнения соответствующих реакций. Ответ обоснуйте, записав выражения констант устойчивости и их значений.

6. Какие процессы происходят у электродов при электролизе сульфата никеля (II), если в качестве электродов взята пластинка никеля?

7. Вычислите, какое количество никеля выделится на катоде при силе тока  $3,85 \text{ А}$  за  $15 \text{ минут}$ ?

### Вариант 3

1. Приведите электронные конфигурации, постройте график и объясните изменения атомного и ионного радиусов, энергии ионизации атомов в зависимости от порядкового номера элемента подгруппы никеля. Какие степени окисления наиболее характерны для каждого из элементов?

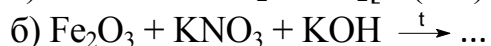
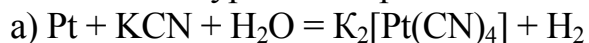
2. Какой объем газа выделится при взаимодействии  $20,00 \text{ г}$  никеля, содержащего  $2,00 \%$  примесей с горячей концентрированной серной кислотой? Опишите химические свойства никеля. Приведите примеры реакций.

3. Напишите реакции взаимодействия  $\text{FeCl}_3$  с щелочью: а) в расплаве; б) в растворе. Дайте названия образующимся соединениям.

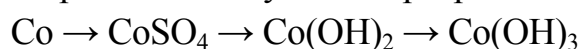
4. Рассчитайте константу гидролиза и рН раствора хлорида кобальта (II) с молярной концентрацией  $0,01 \text{ моль/дм}^3$ , учитывая лишь первую ступень гидролиза.

5. Рассчитайте количество молей нитрата серебра (I), необходимое для взаимодействия с а)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{I}_3$ , б)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{I}]\text{I}_2$ , в)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{I}_2]\text{I}$ . Напишите уравнения реакций в ионном и молекулярном видах, выражения констант устойчивости комплексных ионов. Дайте названия комплексным соединениям.

6. Составьте уравнения реакций:



в) напишите уравнения реакций следующих превращений:



7. Какую массу сульфата железа можно окислить в нейтральной среде с помощью  $20,00 \text{ см}^3$  раствора перманганата калия с молярной концентрацией эквивалента  $0,10 \text{ моль/дм}^3$ ?

## Вариант 4

1. Объясните характер изменения температур плавления и кипения в ряду Fe – Ru – Os. Какая общая закономерность изменения типичных степеней окисления в подгруппах d-элементов?

2. Рутений может быть сплавлен со смесью KOH и KClO<sub>3</sub>. Какая масса рутената калия может быть получена, если в реакции участвует 3,24 г рутения, в котором массовая доля примесей 7,00 %? Ответ обоснуйте.

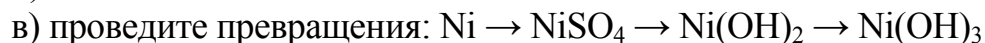
3. Как изменяются окислительные свойства в ряду [Fe(OH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>]<sup>3+</sup>, [Co(OH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>]<sup>3+</sup>, [Ni(OH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>]<sup>3+</sup>? Ответ обоснуйте, используя значения соответствующих E<sup>0</sup><sub>298</sub>. Изменяются ли окислительные свойства этих ионов при изменении лигандного окружения (сравните аква- и цианокомплексы)?

4. К раствору, содержащему соли Fe(II) и Fe(III) прилили: а) сероводородную воду; б) раствор сульфида аммония. Какие реакции протекают в каждом случае? Дайте объяснения с привлечением данных с ППFeS и K<sub>a</sub>H<sub>2</sub>S.

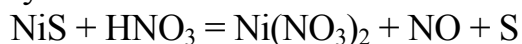
5. Составьте формулы соединений Co(NO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>·4KNO<sub>2</sub>; Co(NO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>·KNO<sub>2</sub>·2NH<sub>3</sub>; CoCl<sub>3</sub>·3NH<sub>3</sub> в виде комплексов, если координационное число центрального атома равно 6.

6. Напишите уравнения диссоциации соединений, выражения констант устойчивости комплексных ионов, назовите комплексные соединения.

6. Составьте уравнения реакций:



7. Рассчитайте массу нитрата никеля, образующегося при растворении в избытке азотной кислоты 20,00 г сульфида никеля (II), содержащего 4,00 % примесей. Какой объем газа выделится при н.у.?



## Вариант 5

1. Какие степени окисления могут проявлять и как изменяется характерная степень окисления в ряду Co – Rh – Ir? Как изменяются электродные потенциалы Э<sup>3+</sup>/Э в этом ряду?

2. Как получают никель в промышленности? Как изменяется химическая активность в ряду Ni – Pt – Pt? Ответ подтвердите с помощью химических реакций и справочных данных. Сколько никеля можно получить из 10,00 т руды, содержащей сульфид никеля (II), если примеси составляют 30,00 %?

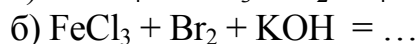
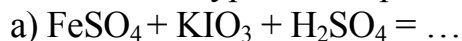
3. Какой объем хлора необходим при н.у. для окисления 2,79 г гидроксида никеля (II) в щелочной среде? Окисляется ли Ni(OH)<sub>2</sub> на воздухе? Ответ обоснуйте.



4. К раствору соли железа (III) добавили раствор соды. Напишите уравнения происходящих превращений в ионном и молекулярном видах.

5. При взаимодействии 1,00 моль  $\text{PtCl}_4 \cdot 4\text{NH}_3$  с избытком раствора нитрата серебра (I), выпало в виде осадка 2,00 моль  $\text{AgCl}$ . Составьте уравнение реакции, напишите формулу  $\text{PtCl}_4 \cdot 4\text{NH}_3$  в виде комплексного соединения (координационное число платины равно шести). Напишите уравнение диссоциации комплексного иона, выражения констант устойчивости для каждой ступени диссоциации. Дайте название исходному комплексному соединению.

6. Составьте уравнения реакций:



7. Рассчитайте массу серы, образовавшейся по реакции:



если для полного растворения  $\text{FeS}$  было использовано 200,00 см<sup>3</sup> раствора азотной кислоты с массовой долей 20,00 % и плотностью 1119,00 кг/м<sup>3</sup>. Какой объем газа выделится (н.у.)?

### Вариант 6

1. Какие степени окисления могут проявлять, и как изменяется характерная степень окисления в ряду Ni – Pd – Pt? Приведите примеры соединений в устойчивых степенях окисления, дайте им названия.

2. Как получают железо в промышленности? Опишите химические свойства железа, приведите примеры реакций.

3. Как изменяются химические свойства оксидов и гидроксидов железа, кобальта, никеля в степени окисления (II)? Ответ подтвердите примерами реакций.

4. Какая из солей гидролизуетась сильнее  $\text{CoCl}_2$  или  $\text{FeCl}_2$ ? Рассчитайте pH и степень гидролиза раствора этих солей (молярная концентрация 0,01 моль/дм<sup>3</sup>), учитывая I степень гидролиза.

5. Приведите константы устойчивости комплексных ионов  $[\text{Fe}(\text{CNS})_6]^{3-}$ ,  $[\text{FeF}_6]^{3-}$ ,  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ . Сравните устойчивость комплексов на основании справочных данных. Будет ли сохраняться окраска раствора  $[\text{Fe}(\text{CNS})_6]^{3-}$ , если к нему прилить раствор  $\text{NaF}$ ?

6. Какое количество кобальта выделится при электролизе 120,00 г  $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  при силе тока 2 А в течении 30 минут? Какие процессы протекают на графитовых электродах при электролизе этого раствора?

7. В каком объеме раствора серной кислоты с молярной концентрацией эквивалента 0,02 моль/дм<sup>3</sup> можно растворить 0,10 г железа, содержащего 7,00 % примесей? Какой объем газа выделится при н.у.?

## Вариант 7

1. Как изменяется химическая активность в ряду Fe – Ru – Os? Приведите значения электродных потенциалов  $\mathcal{E}^{2+}/\mathcal{E}$  для этого ряда. К какому из этих элементов Fe или Os, ближе по химическим свойствам Ru? Ответ обоснуйте.

2. Как получают кобальт в промышленности? Опишите химические свойства кобальта, приведите примеры реакций.

3. Как в ряду оксидов FeO – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - FeO<sub>3</sub> изменяются кислотно–основные и окислительно-восстановительные свойства? Приведите примеры реакций.

4. Какая из солей FeSO<sub>4</sub> или Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> гидролизуется в большей степени? Рассчитайте pH и степень гидролиза растворов этих солей (молярная концентрация 0,001 моль/дм<sup>3</sup>), учитывая лишь I ступень гидролиза.

5. К 500,00 см<sup>3</sup> раствора K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] с молярной концентрацией 0,006 моль/дм<sup>3</sup> добавили 500,00 см<sup>3</sup> раствора цианида калия с молярной концентрацией 0,02 моль/дм<sup>3</sup>. При какой концентрации ионов S<sup>2-</sup> произойдет выпадение осадка сульфида железа (II)?  $PP_{FeS} = 3,70 \cdot 10^{-19}$ ,  $K_{H[Fe(CN)_6]^{4-}} = 1,00 \cdot 10^{-36}$ .

6. Какая масса гексацианоферрата (III) калия образуется при взаимодействии 14,00 дм<sup>3</sup> хлора (н.у.) с 1,00 кг раствора гексацианоферрата (III) калия с массовой долей 32,00 %?

7. Железную проволоку массой 0,10 г растворили в разбавленной серной кислоте (без доступа воздуха). На титрование раствора потребовалось 14,91 см<sup>3</sup> раствора перманганата калия с молярной концентрацией эквивалента 0,10 моль/дм<sup>3</sup>. Какова массовая доля железа в проволоке?

## Вариант 8

1. Как изменяется химическая активность в ряду Co – Rh – Ir? К какому из элементов Co или Ir ближе по химическим свойствам Ru? Ответ обоснуйте.

2. Составьте уравнения всех возможных реакций последовательного восстановления гематита Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> монооксидом углерода (этот процесс протекает в доменной печи). Какой химической обработке подвергают неоксидные минералы железа (например пирит) перед загрузкой в доменную печь?

3. Приведите примеры реакций, показывающих сходство и различие соединений Fe(II) и Ni(II).

4. Какая из солей гидролизуется сильнее FeCl<sub>2</sub> или NiCl<sub>2</sub>? Рассчитайте pH и степень гидролиза растворов этих солей (молярная концентрация 0,001 моль/дм<sup>3</sup>), учитывая лишь I ступень гидролиза.

5. Выразите уравнениями реакций следующие экспериментальные наблюдения. Хлорид палладия (II), нерастворимый в воде, легко растворяется в концентрированной соляной кислоте. При действии на полученный раствор избытка хлорида калия выпадает осадок. Напишите уравнения диссоциации конечного комплексного соединения, выражение констант устойчивости, дайте названия комплексным соединениям.

6. На сплав Pd-Pt, массой 10,00 г подействовали азотной кислотой. Образовавшийся раствор отфильтровали, а не растворившийся осадок массой 1,00 г растворили в царской водке. Какова массовая доля платины в сплаве? Напишите уравнения реакций.

7. Какой объем раствора перманганата калия с молярной концентрацией эквивалента  $0,1 \text{ моль/дм}^3$  потребуется для взаимодействия с 0,40 г соли Мора  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ?

### Вариант 9

1. Для ряда Ni – Pd – Pt объясните характер изменения химической активности металлов. К какому из элементов Ni или Pt ближе по химическим свойствам Pd? Ответ обоснуйте.

2. Какое количество алюминия необходимо для восстановления 1,00 т  $\text{Co}_3\text{O}_4$ , содержащего 10,00 % примесей? Сравните термодинамическую вероятность протекания реакции восстановления  $\text{Co}_3\text{O}_4$ : а) углем; б) водородом; в) алюминием при  $1200^\circ\text{C}$ .

3. Охарактеризуйте кислотно–основные свойства гидроксида железа (III). В какой форме ионы Fe (III) существуют в кислом и сильнощелочном растворах? Приведите уравнения реакций, иллюстрирующие получение и свойства гидроксида железа (III).

4. Какая из солей  $\text{CoCl}_2$  или  $\text{FeCl}_2$  гидролизует сильнее? Рассчитайте pH и степень гидролиза раствора этих солей (молярная концентрация  $0,01 \text{ моль/дм}^3$ ), учитывая I степень гидролиза.

5. Объясните следующие экспериментальные факты. При добавлении к раствору  $\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$  раствора  $\text{NH}_3$  и при действии на раствор  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$  соляной кислотой, выпадают осадки одинакового состава, но различной окраски. Напишите уравнения реакций, выражения констант устойчивости, дайте названия комплексным соединениям.

6. Предложите способы получения нитрата железа (II). Почему получение нитрата железа (II) является трудной химико–технологической задачей? Ответ обоснуйте.

7. Образец некоторого железосодержащего минерала массой 0,7108 г химически переведен в раствор в инертной атмосфере. На титрование этого раствора израсходовано  $48,00 \text{ см}^3$  раствора перманганата калия с молярной концентрацией  $0,1 \text{ моль/дм}^3$ . Определите массовую долю железа в исходном образце.

## Вариант 10

1. Приведите все возможные доводы целесообразности изучения химических свойств элементов (VIII) группы по следующей схеме:



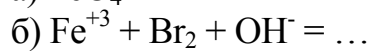
2. Какой объем кислорода потребуется для окисления 2 г порошкообразного осмия? Какая степень окисления наиболее характерна для осмия? Приведите примеры соединений.

3. В трех пробирках находятся водные растворы солей  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{CoCl}_2$  и  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ . В каждую пробирку по каплям добавляют раствор аммиака. Какие произойдут изменения? Приведите примеры последовательного замещения лигандов в случае аквакомплекса никеля.

4. Водный раствор железа (III) при длительном кипячении становится мутным. Как изменяется pH раствора хлорида железа (III) с молярной концентрацией эквивалента  $0,01 \text{ моль/дм}^3$  при разбавлении в 100 раз?

5. Напишите переходный ряд соединений от  $[\text{Э}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$  к  $\text{K}_2[\text{ЭCl}_4]$ , где Э - это Pd(II) или Pt(II). На какие ионы распадаются эти соединения в растворе, и как изменяется их молярная электрическая проводимость?

6. Составьте уравнения реакций:



7. Какой объем хлора (н.у.) выделится при взаимодействии 2,57 г  $\text{BaFeO}_4$  с избытком HCl? Какой объем раствора соляной кислоты с молярной концентрацией эквивалента  $0,10 \text{ моль/дм}^3$  необходим для взаимодействия?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вольхин, В.В. Общая химия. Основной курс : учебное пособие [Текст] / В.В. Вольхин. – 2-е изд., - СПб.: Лань, 2008. – 464 с. – ISBN: 978-5-8114-0829-0.
2. Гельфман, М.И. Неорганическая химия: Учебное пособие [Текст] / М.И. Гельфман, В.П. Юстратов. – 2-е изд. - СПб. : Лань, 2009. – 528 с. – ISBN: 978-5-8114-0730-9.
3. Ахметов, Н.С. Общая и неорганическая химия : учебник для вузов [Текст] / Н.С. Ахметов. - 7-е изд. - М.: Высшая школа, 2008. - 743 с. - ISBN 978-5-06-003363-2.
4. Лидин, Р.А. Химия. Полный сборник задач [Текст] / Р.А. Лидин. – М : Дрофа, 2007. – 606 с. – ISBN 978-5-358-01153-3.
5. Краткий справочник физико-химических величин [Текст] / под ред. А.А. Равделя, А.М. Пономаревой. – 10-е изд. - СПб. : «Иван Федоров», 2002. – 240 с. – ISBN: 5-81940-071-2.
6. Лидин, Р.А. Константы неорганических веществ: Справочник [Текст] / Р.А. Лидин, Л.Л. Андреева, В.А. Молочко. – М. : Дрофа, 2006. – 685 с. – ISBN 978-5-7107-8085-5.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
Свойства d-элементов I группы и их соединений.....	4
Свойства d-элементов II группы и их соединений.....	10
Свойства d-элементов VI группы и их соединений.....	16
Свойства d-элементов VII группы и их соединений.....	23
Свойства d-элементов VIII группы и их соединений.....	30
Литература.....	37

**Учебное издание**

**Черкина М.В.**

кандидат химических наук, доцент

**Вдовина С.В.**

кандидат химических наук

**Логинова Т.И.**

## **СВОЙСТВА d-ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

Корректор Габдурахимова Т.М.  
Худ.редактор Федорова Л.Г.

Сдано в набор 1.06.2012  
Подписано в печать 4.09.2012.  
Бумага писчая. Гарнитура Таймс.  
Усл.печ.л. 2,4. Тираж 100.  
Заказ №41.

НХТИ (филиал) ФГОУ ВПО «КНИТУ»,  
г. Нижнекамск, 423570, ул.30 лет Победы, д.5а.