

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра химии

Е.А. Осипова, П.А. Пономарева

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Сборник лабораторных работ по химии d- и f-элементов

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия и по направлению подготовки 04.03.01 Химия

Оренбург
2020

УДК 546(076.5)
ББК 24.12я7
О 74

Рецензент – кандидат технических наук, доцент Т.Ф. Тарасова

- Осипова, Е. А.**
О 74 Неорганическая химия. Сборник лабораторных работ по химии d- и f-элементов: методические указания / Е. А. Осипова, П. А. Пономарева; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2020. - 56 с.

Методические указания содержат лабораторные работы по химии d- и f-элементов.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ при изучении дисциплин «Неорганическая химия», «Избранные главы неорганической химии» и «Лабораторный практикум по химии» для обучающихся по специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, специализация «Аналитическая химия» и направлению подготовки 04.03.01 Химия, профиль «Нефтехимия».

Данные методические указания могут быть полезны и для других нехимических специальностей при выполнении химического эксперимента и лабораторных работ.

УДК 546(076.5)
ББК 24.12я7

© Осипова Е. А.,
Пономарева П. А., 2020
© ОГУ, 2020

Содержание

Введение	4
1 Лабораторная работа. Медь, серебро	5
2 Лабораторная работа. Цинк, кадмий, ртуть.....	13
3 Лабораторная работа. Лантаноиды.....	16
4 Лабораторная работа. Титан.....	18
5 Лабораторная работа. Ванадий	20
6 Лабораторная работа. Хром, молибден, вольфрам	22
7 Лабораторная работа. Марганец	27
8 Лабораторная работа. Железо, кобальт, никель.....	30
9 Лабораторная работа. Комплексные соединения	35
Список использованных источников	44
Приложение А (<i>справочное</i>) Наименования неорганических веществ	47
Приложение Б (<i>справочное</i>) Свойства некоторых кислот и оснований.....	54
Приложение В (<i>обязательное</i>) Свойства некоторых кислот и оснований	55
Приложение Г (<i>обязательное</i>) Свойства комплексных соединений.....	56

Введение

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ при изучении дисциплин «Неорганическая химия» и «Избранные главы неорганической химии». В методических указаниях приводятся лабораторные работы по изучению свойств d- и f - элементов.

При выполнении химического эксперимента обучающиеся приобретут навыки систематизации, анализа результатов наблюдений и измерений, а также получат навыки выполнения расчетов при изучении свойств веществ и материалов. Выполнение лабораторных работ по дисциплине «Неорганическая химия» способствует выработке навыков самостоятельной работы с химическими веществами, соблюдения норм техники безопасности и интерпретации собственных результатов с выполнением расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.

1 Лабораторная работа. Медь, серебро

Медь

Опыт № 1. Получение меди

а) получение меди из сульфата меди вытеснением цинком

Приготовить 5 мл насыщенного на холоду раствора сульфата меди, перелить его в фарфоровую чашку и небольшими порциями вносить рассчитанное количество цинковой пыли. Чашку с реакционной смесью поставить на водяную баню и нагреть до температуры 80 °С. Когда растворение закончится, раствор слить, выделившийся осадок меди обработать 5 %-м раствором хлороводородной кислоты, промыть водой путем декантации, перенести на фильтр, ещё раз промыть водой и просушить между листами фильтровальной бумаги. Металл хранить в плотно закрытой банке. Почему? Небольшое количество меди поместить в открытый стакан или на часовое стекло и оставить до следующего занятия. Что происходит с медью при хранении на воздухе? Написать уравнения проделанных реакций. Как получают медь в промышленности?

Опыт № 2. Соединения меди (I)

а) получение оксида меди (I)

Растворить 2,5 г медного купороса (пентагидрат сульфата меди) в 15 мл теплой воды и добавить 1,5 г глюкозы. Нагреть раствор и быстро прилить к нему 2,5 мл 20 %-го раствора гидроксида натрия. Смесью перемешать и оставить стоять на 1 час. Выделившийся осадок промыть дистиллированной водой. Написать уравнения реакций.

б) свойства оксида меди (I)

Испытать отношение полученного оксида меди (I) к растворам кислот и

аммиака. Для этого оксид меди (I) поместить в 4 пробирки. Вещество в первой пробирке обработать при нагревании концентрированной серной кислотой. Наблюдать происходящее явление. Что получается в растворе и в осадке?

Во вторую пробирку прилить по каплям концентрированную хлороводородную кислоту до растворения появляющегося белого осадка. Каков его состав? Объяснить растворение осадка в избытке этой кислоты. Раствор сохранить до следующего опыта.

Оксид меди (I) в третьей и четвертой пробирках растворить в 25 %-м растворе аммиака, одну из пробирок быстро плотно закрыть пробкой, другую оставить открытой, обе сильно встряхнуть. Изменяется ли цвет раствора? Объяснить наблюдаемые явления. Написать уравнения реакций.

Рассмотреть с точки зрения метода валентных связей строение комплексного аммиаката меди (I).

в) получение и свойства гидроксида меди (I)

К хлороводородному раствору оксида меди (I) (опыт 2 б) медленно, по каплям, приливать 20 %-й раствор гидроксида натрия. Что наблюдается? Каковы состав и цвет выделившегося осадка? Слить раствор с осадка и добавить к осадку (по каплям) 1-2 мл 10 %-го раствора аммиака. Что происходит? Чем объясняется растворение осадка?

г) хлорид меди (I)

1. Растворить 1 г хлорида меди (II) в 12 мл воды. К раствору прилить 2 мл концентрированной хлороводородной кислоты и внести 1,5 г меди в виде мелких кусков, тонкой проволоки или стружек. Реакционную смесь нагревать (добавляя воду, чтобы объем раствора был постоянным) до тех пор, пока проба раствора, внесенная в пробирку с чистой водой, перестанет окрашивать воду в голубой цвет. Когда реакция закончится, перелить раствор в стакан с 50 мл холодной воды. Что наблюдается?

Выпавший хлорид меди (I) отфильтровать, промыть сначала водой, затем 2-3 раза спиртом и испытать отношение соли к концентрированной горячей хлороводородной кислоте и 25 %-му аммиака. Хлороводородный и аммиачный

растворы оставить стоять на воздухе. Что наблюдается?

2. Небольшое количество кристаллов хлорида меди (I) поместить на часовое стекло и оставить на воздухе. Что наблюдается? Часть кристаллов внести в пробирку, содержащую 2-3 мл насыщенного раствора хлорида натрия или калия. Когда кристаллы растворятся, прилить в пробирку 1-2 мл воды. Объяснить наблюдаемые явления. Написать уравнения проделанных реакций. Оставшуюся соль сохранить.

д) бромид меди (I)

Приготовить 10 мл 20 %-го водного раствора бромида меди (II), нагреть его и пропустить в него ток диоксида серы. Какое вещество выпадает в осадок? Кристаллы отфильтровать, промыть водой и высушить в вакуум-эксикаторе над гидроксидом калия.

В 3 пробирки насыпать небольшое количество бромида меди (I) и испытать действие на него воды, концентрированной хлороводородной кислоты и аммиака. Написать уравнение реакций.

е) иодид меди (I)

Слить одинаковые объемы 1 н. растворов сульфата меди и иодида калия. Что наблюдается? Пропустить ток сернистого газа. Как изменяется цвет раствора? Написать уравнения реакций.

Полученное вещество отфильтровать и промыть водой. Поместить небольшое количество иодида меди в 3 пробирки и прилить в одну из них раствор аммиака, во вторую - концентрированную хлороводородную кислоту, третью осторожно нагреть на газовой горелке. Как объяснить изменение окраски иодида меди (I) при нагревании? Как объяснить неустойчивость иодида меди (II)?

Опыт № 3. Соединения меди (II)

а) получение оксида меди (II)

К небольшому количеству горячего 5 %-го раствора гидроксида натрия

приливать горячий раствор сульфата меди до полноты осаждения оксида меди (II). Реакционную смесь при помешивании нагревать в течение 10-15 мин. Что наблюдается?

Каково отношение оксида меди (II) к разбавленным и концентрированным азотной, хлороводородной, серной кислотам, а также гидроксиду натрия на холоду и при нагревании? Написать уравнения реакций.

б) получение и свойства гидроксида меди (II)

1. К раствору сульфата меди добавить 0,5 мл глицерина, чтобы не произошло обезвоживания гидроксида меди (II). Перемешивая раствор, медленно приливать 2 %-й раствор гидроксида натрия до полного осаждения гидроксида меди (II). Осадок промыть путем декантации холодной дистиллированной водой, содержащей 1 мл глицерина на 1 л воды, до удаления сульфат-ионов, отфильтровать на воронке Бюхнера и ещё раз промыть водой.

2. Полученный гидроксид меди (II) разложить в несколько пробирок и испытать отношение его к раствору 1 н. хлороводородной кислоты, 30%-му раствору гидроксида натрия и избытку 25 %-го раствора аммиака.

Одну пробу гидроксида меди (II) подвергнуть нагреванию. Объяснить наблюдаемые явления. Написать уравнения реакций. Какими свойствами обладает гидроксид меди (II)? В виде какого иона находится медь в аммиачном растворе?

в) получение комплексной аммиачной соли меди (II)

Растворить 0,5 г мелко растертого пентагидрата сульфата меди (II) в 12,5 мл 15 %-го раствора аммиака. При наличии мути раствор отфильтровать. К фильтрату медленно прилить 7,5 мл этилового спирта и оставить на несколько часов в холодном месте. Выпавшие кристаллы отфильтровать, промыть сначала смесью спирта с концентрированным раствором аммиака (1:1), а затем спиртом и диэтиловым эфиром; высушить при комнатной температуре. На какие ионы диссоциирует в растворе полученное вещество? Рассмотреть строение комплексного иона с точки зрения метода валентных связей.

Несколько кристаллов полученной соли растворить в небольшом количестве воды. Раствор разлить в 2 пробирки, одну из них добавить 1-2 мл раствора

гидроксида натрия, в другую – сероводородной воды. Что наблюдается? Как можно объяснить различное действие раствора гидроксида натрия и сероводорода на раствор полученной соли?

г) получение сульфата аммония и меди (II)

Растворить при нагревании 1 г пентагидрата сульфата меди (II) в 2 мл воды, приготовить насыщенный при 60 °С раствор, содержащий эквимолекулярное количество сульфата аммония. Оба горячих раствора слить, перемешать и оставить кристаллизоваться. Рассмотреть кристаллы под микроскопом и сравнить их форму с формой кристаллов пентагидрата сульфата меди (II), сульфата аммония. Каков состав полученного вещества? На какие ионы диссоциирует эта соль в водном растворе? Проверить, будет ли осаждаться гидроксид меди (II) из водного раствора полученной соли при добавлении к нему раствора гидроксида натрия?

Серебро.

Опыты демонстрируют и поясняют два студента. После работы остатки препаратов серебра и их растворы сдают лаборанту.

Опыт № 1. Свойства серебра

1. Рассмотреть, в какой из кислот и в каких условиях можно растворить серебро.

2. Налить в пробирку 2-3 мл сероводородной воды, опустить в неё серебряную проволоку. Что происходит? Почему серебряные изделия на воздухе чернеют? Познакомиться с величиной произведения растворимости сульфида серебра.

3. Медную пластинку или проволоку, очищенную наждачной бумагой, погрузить в 0,01 н. раствор нитрата серебра. Что наблюдается? Какое место занимает серебро в ряду напряжений металлов?

Опыт № 2. Оксиды серебра

а) оксид серебра (I)

Внести в пробирку 1 мл 0,1 н. раствора нитрата серебра, прилить 1 мл 0,1 н. раствора гидроксида натрия. Промыть выпавший осадок водой путем декантации и просушить на воздухе. Каков состав полученного соединения?

Небольшую часть полученного вещества поместить в пробирку и испытать его отношение к нагреванию. Оставшийся препарат серебра обработать 25 %-м раствором аммиака. Что происходит? Написать уравнения реакций.

б) оксид серебра (I, III)

К 10 мл 10 %-го раствора гидроксида калия при нагревании (85-90 °С) прибавить 1,5 г персульфата калия и раствор 0,5 г нитрата серебра в минимальном количестве воды. Реакционную смесь нагревать при 90 °С в течение 15-20 мин при постоянном перемешивании (магнитная мешалка). Осадок отфильтровать на стеклянном фильтре № 3, промыть водой и высушить в эксикаторе над фосфорным ангидридом. Какой состав имеет этот осадок? Написать уравнение реакции.

Опыт № 3. Соли серебра (I)

Какие соли серебра хорошо растворяются в воде?

а) нитрат серебра

Несколько кристаллов нитрата серебра растворить в воде и определить рН раствора. Подвергается ли нитрат серебра гидролизу? К сильным или слабым основаниям можно отнести гидроксид серебра? Чем объясняется неустойчивость гидроксида серебра (I) Какие продукты получают при термическом разложении нитрата серебра? Написать уравнение реакции.

б) галогениды серебра

Взяв в качестве исходного продукта раствор нитрата серебра, получить хлорид, бромид и иодид серебра. Промыть выделившийся осадок водой путем

декантации и испытать действие на них света, раствора аммиака и тиосульфата натрия. Объяснить наблюдаемые явления. Написать уравнения реакций. Объяснить, почему иодид серебра растворяется в тиосульфате натрия и не растворяется в водном растворе аммиака?

Как объяснить изменение окраски галогенидов серебра с увеличением атомного номера галогена? Сравнить величины произведений растворимости галогенидов и сульфида серебра. Какой анион является наиболее чувствительным реагентом на ион серебра? Какое значение имеют галоидные соединения серебра в фотографии?

Опыт № 4. Карбид (ацетиленид) серебра

В пробирку наливают 2 мл 1 %-го раствора нитрата серебра и прибавляют по каплям 5 %-й раствор аммиака до полного растворения образующегося вначале осадка оксида серебра. Через полученный бесцветный раствор пропускают ацетилен. Выпадает желтовато-серый осадок ацетиленида серебра (окраска обусловлена примесями). Осадок отфильтровывают, промывают небольшим количеством воды, отжимают в фильтровальной бумаге, переносят на кусочек сухой фильтровальной бумаги и осторожно нагревают на асбестовой сетке. **(Тяга! Защитные очки!)**

Карбид серебра разлагается со взрывом. Остатки его уничтожают: помещают вместе с фильтровальной бумагой в стакан с водой и добавляют концентрированную соляную или азотную кислоту (1/4 - 1/5 часть от объема воды).

Напишите уравнение реакций: получения аммиачного раствора гидроксида серебра и ацетиленида серебра. Напишите уравнение реакции разложения карбида серебра при нагревании (взрыв) и при действии соляной кислоты.

Опыт № 5. Серебрение

а) приготовление аммиачного раствора серебра

Растворить 0,25 г нитрата серебра в 4 мл воды, осторожно, по каплям,

прибавить концентрированный раствор аммиака до растворения выделяющегося осадка (каков его состав?). Добавить 9 мл 3 %-го раствора гидроксида натрия, а затем снова раствор аммиака до удаления мути. Перелить раствор в мерный цилиндр и добавить воды до объема 20 мл. Полученный реактив хранить в темном месте.

Почему?

б) приготовление раствора глюкозы

Растворить 0,4 г глюкозы в 8 мл воды, добавить одну каплю концентрированного раствора азотной кислоты и кипятить смесь в течение 2 мин. Раствор охладить и прибавить равный объем спирта. (Зачем?).

в) очистка сосуда перед серебрением

Тщательно вымыть пробирку горячим раствором хромовой смеси – «хромпиком», водопроводной водой, дистиллированной водой и, наконец, спиртом.

г) покрытие стенок пробирки серебром

Смешать аммиачный раствор серебра с раствором глюкозы в отношении 10:1. Налить в приготовленную пробирку 4-5 мл реакционной смеси, опустить пробирку в стакан с теплой водой (50-60 °С). Что наблюдается? Написать уравнения реакций. Как можно очистить стенки пробирки от выделившегося серебра?

2 Лабораторная работа. Цинк, кадмий, ртуть

Опыт № 1. Соединения цинка, кадмия

а) оксиды цинка и кадмия

На крышку тигля положить несколько кристаллов нитрата цинка и кадмия, нагреть их вначале осторожно, а затем сильно прокалить. Что наблюдается? Какой цвет имеют получившиеся оксиды? Написать уравнения реакций.

б) гидроксиды цинка и кадмия

К растворам сульфата цинка и ацетата кадмия прилить вначале небольшое количество 1 н. раствора гидроксида натрия, а затем избыток. Что наблюдается? Написать уравнения реакций. Какие свойства гидроксидов цинка и кадмия характеризуют данные реакции?

Проделать аналогичный опыт с солями цинка и кадмия, заменив гидроксид натрия водным раствором аммиака. Почему гидроксиды цинка и кадмия растворяются в избытке аммиака? Написать уравнения реакций. В каких условиях происходят наиболее полное осаждение гидроксидов цинка и кадмия?

в) сульфиды цинка и кадмия

Познакомиться с величинами произведения растворимости сульфидов цинка и кадмия. Получит сульфиды этих металлов из растворов нитрата цинка и кадмия. Что следует брать в качестве осадителя – сероводород или сульфид аммония? Отметить цвет выделившихся осадков, испытать отношения их к 1н. растворам серной и хлористоводородной кислот.

Ртуть.

При работе со ртутью и ее соединениями необходимо придерживаться следующих правил:

1. Все приборы и посуду, которые содержат ртуть, всегда следует ставить на

особую эмалированную подставку,(или поднос), сделанную из железа, с высокими бортами.

2. Опыты с ртутью необходимо вести под тягой на такой же подставке.

3. Все остатки ртути и растворов, содержащих соединения ртути, выливать в склянки, сдавать лаборанту.

4. После работы с ртутью необходимо тщательно вымыть руки с мылом!

Капли случайно разлитой ртути необходимо тотчас же собрать пылесосом или чистой поверхностью цинковой жести или щеткой, ворсинки которой сделаны из тонкой медной проволоки. Собранную ртуть перенести в специальную посуду для загрязненной ртути, установленную на подносе, или залить водой. **Ни в коем случае ртуть или ее соли не выливать и не выбрасывать в раковину!**

Опыт № 2. Соединения ртути

а) оксиды ртути (I) и (II)

1. Налить в пробирку 1-2 мл нитрата ртути (I) и добавить 1 мл 1 н раствора гидроксида натрия. Что происходит? Растворяется ли полученное вещество в азотной кислоте? Написать уравнение реакции.

2. Налить в пробирку 1 мл раствора нитрата ртути (II) и прибавить к нему при перемешивании 1 н раствор гидроксида натрия до полноты осаждения оксида ртути (II). Какой цвет имеет выделившееся вещество? Написать уравнение реакции. Что происходит при нагревании оксида ртути?

б) соли ртути (I) и (II)

В каких условиях при растворении ртути в азотной кислоте можно получить нитрат ртути (I) и (II)?

1. Поместить несколько кристаллов нитрата ртути (I) в пробирку и прилить 2 мл. дистиллированной воды. Почему образуется мутный раствор? Написать уравнение реакции. Сделать аналогичный опыт с нитратом ртути (II). В каких условиях можно получить прозрачный раствор этих солей?

2. К раствору нитрата ртути (I) прилить раствор хлорида натрия. Каков

состав выпавшего осадка? Написать уравнение реакции, аналогичный опыт с нитратом ртути (II). Почему в этом случае не образуется осадка? Где применяются хлориды ртути (I) и (II), как иначе они называются?

3. К раствору нитрата ртути (I) прибавить сначала немного, а затем избыток раствора хлорида олова (II). Что наблюдается? Сделать аналогичный опыт с нитратом ртути (II). Написать уравнения реакций. На какие свойства соединений ртути (I) и (II) указывают эти реакции?

4. К раствору нитрата ртути (I) прилить сероводородной воды. Что образуется? Аналогичный опыт провести с нитратом ртути (II). Какой цвет имеют выпавшие осадки? Написать уравнения реакций. В чем можно растворить сульфид ртути?

в) взаимодействие солей ртути (I) и (II) с водным раствором аммиака

К растворам нитратов ртути (I) и (II) в отдельных пробирках прибавить по 1 мл 1 н раствора аммиака. Что наблюдается? Отметить цвет осадков. Каков состав они имеют? Написать уравнения реакций.

г) реакция на ион аммония (реактив Несслера)

В стакан емкостью 50 мл внести 5 мл нагретого до 80 °С 0,1 н раствора нитрата ртути (II) и прилить 5 мл 0,1 н раствора иодида калия. Смесь охладить, дать выделившемуся осадку отстояться, раствор слить, осадок промыть 3 раза холодной водой методом декантации. К осадку прибавить 0,2 г иодида калия, растворенного в 5 мл воды. Когда осадок растворится, прилить 3 мл 10 %-го раствора гидроксида натрия и перенести в темную банку.

Налить в пробирку 2 мл полученного раствора и внести при помощи пипетки несколько капель водного раствора аммиака. Что получается? Написать уравнения реакций.

3 Лабораторная работа. Лантаноиды

Опыт № 1. Соединения церия (III)

а) получение и свойства гидроксида церия (III)

1. Налить в пробирку 1 мл раствора нитрата церия и прибавить несколько капель гидроксида натрия. Что происходит? Написать уравнение реакции. Подействовать на осадок избыточным количеством гидроксида натрия. Взаимодействует ли гидроксид церия с гидроксидом натрия?

2. Подействовать на осадок гидроксида церия 1 н. растворами хлористоводородной, серной и азотной кислот. Написать уравнения реакций.

3. Получить, как было описано выше, гидроксид церия (III) и оставить стоять его на воздухе. Через несколько часов отметить, какие произошли изменения во внешнем виде осадка. Написать уравнение реакции.

4. К осадку гидроксида церия (III) прилить раствор пероксида водорода. Как изменяется цвет осадка? Написать уравнение реакции.

б) соли церия (III)

1. К раствору нитрата церия (III) прилить раствор карбоната натрия. Что наблюдаете? Написать уравнение реакции. Как действуют минеральные кислоты на полученную соль?

2. Получить оксалат церия и испытать его отношение к кислотам. Какова величина произведения растворимости оксалата церия?

Опыт № 2. Соединения церия (IV)

а) получение и свойства гидроксида церия (IV)

1. Прилить к раствору сульфата церия (IV) раствор гидроксида натрия. Что при этом наблюдается? Написать уравнение реакции.

2. К раствору нитрата церия (III) добавить равный объем раствора карбоната

натрия, затем прилить осторожно (по каплям) раствор перманганата калия. Каков состав образующегося осадка? Написать уравнение реакции.

б) соли церия (IV)

1. К раствору сульфата церия (III) прилить раствор персульфата калия. Какие изменения при этом наблюдаются? Написать уравнения реакции.

2. Прилить к подкисленному серной кислотой раствору сульфата церия (IV) раствор иодида калия. Чем можно объяснить изменение окраски раствора? Написать уравнение реакции. Какими свойствами обладают соли церия (III) и церия (IV)?

Опыт № 3. Лантан

1. Рассмотрите компактный кусок лантана. Оцените его механические и физические свойства. Как хранят лантаноиды цериевой группы?

2. Небольшой кусок лантана поместите в воду. Что наблюдаете? Напишите реакцию лантана с водой. Какова химическая активность лантана? Приведите его стандартный электрохимический потенциал.

3. Оцените способность лантана к реакциям с соляной, серной и азотной кислотами. Проверьте, реагирует ли лантан с водным раствором аммиака. Напишите уравнения протекающих реакций.

4 Лабораторная работа. Титан

Титан.

Опыт № 1. Свойства титана

В две фарфоровые чашки положить немного металлического титана. В одну чашку прилить концентрированную плавиковую кислоту, в другую - концентрированную соляную кислоту.

Опыт № 2. Соединения титана (IV)

а) титановая кислота

К 10 мл солянокислого раствора титанилсульфата приливать при постоянном перемешивании 10 %-й раствор аммиака до полноты осаждения титановой кислоты. Дать осадку отстояться, слить с него раствор и промыть несколько раз водой методом декантации.

Испытать отношение титановой кислоты к 10 %-м растворам кислот и щелочей. Небольшое количество титановой кислоты взболтать в пробирке с водой и прокипятить. Слить воду и снова часть титановой кислоты поместить на крышку тигля, высушить в сушильном шкафу, а затем прокалить. Что получается? Написать уравнение реакции. Как изменяется цвет препарата при прокаливании? Восстанавливается ли прежняя окраска по охлаждении? Оставшееся количество титановой кислоты высушить на воздухе и сдать лаборанту. Как, исходя из оксида титана (IV), получить титанат калия и титанилсульфат? Сопоставить свойства гидроксидов титана (IV), циркония (IV) и гафния (IV).

б) пероксидные соединения титана

К раствору титанилсульфата в хлористоводородной кислоте прибавить несколько капель 3 %-го раствора пероксида водорода. Что наблюдается? Каков состав пероксидных соединений титана?

Опыт № 3. Соединения титана (III)

а) получение раствора сульфата титана (III)

Налить в пробирку 3 мл подкисленного раствора титанилсульфата, прилить 1-2 мл 10 %-го раствора серной кислоты и положить 1-2 кусочка цинка. Как меняется окраска раствора? Написать уравнение реакции.

б) изучение свойств соединений титана (III)

В 2 пробирки налить по 1 мл раствора сульфата титана (III), полученного в предыдущем опыте. Одну пробирку оставить на воздухе. Что наблюдается? В другую пробирку добавить несколько капель раствора перманганата калия. Что происходит? Написать уравнения реакций.

Оставшийся раствор сульфата титана (III) слить с цинка в третью пробирку и быстро прилить к нему 10 %-й раствор гидроксида натрия. Испытать отношение гидроксида титана (III) к кислороду воздуха, а также к 10 %-м растворам кислоты и щелочи. Написать уравнения реакций. Какими свойствами обладают соединения титана (III)?

Почему соли титана (III) гидролизуются в меньшей степени, чем соли титана (IV)? Используя теорию кристаллического поля, объясните, почему соединения титана (III) окрашены, а соединения титана (IV) бесцветны?

5 Лабораторная работа. Ванадий

Ванадий.

Опыт № 1. Получение и свойства оксида ванадия (V)

Положить на крышку тигля 0,1-0,2 г ванадата аммония. Нагреть крышку через асбестовую сетку пламенем горелки. Что наблюдается? Написать уравнение реакции. Положить в ряд пробирок небольшое количество оксида ванадия. Испытать действие на него воды, 10 %-х хлористоводородной, серной и азотной кислот, а также концентрированной хлористоводородной кислоты и щелочи на холоду и при нагревании. Написать уравнения реакций. Какова растворимость оксида ванадия (V) в воде? Какие ионы находятся в водном растворе оксида ванадия (V) и какие выделены кристаллогидраты этого оксида? В чем проявляются окислительные свойства оксида ванадия (V)?

Опыт № 2. Соли ванадиевой кислоты

Налить в 2 пробирки по 3-4 мл раствора ванадата натрия и прилить в одну из них раствор нитрата серебра, в другую - хлорида аммония. Написать уравнения реакций. Следует учесть, что при получении осадка ванадата серебра и ванадата аммония исходный раствор ванадата натрия должен быть достаточно концентрированным, а хлорид аммония – насыщенным. К раствору ванадата натрия приливать по каплям при перемешивании 1 н. раствор серной кислоты. Чем обусловлено изменение окраски раствора? Написать уравнения реакций в ионной форме, протекающих в водном растворе ванадатов при понижении или повышении значения pH.

Опыт № 3. Пероксидные соединения ванадия

К 2-3 мл раствора ванадата натрия, подкисленного разбавленным раствором серной кислоты, прибавить несколько капель 3 %-го пероксида водорода. Что при этом наблюдается? Написать уравнение реакции.

Опыт № 4. Соединения ванадия низших степеней окисления

В колбочку емкостью 50 мл налить 10 мл раствора ванадата натрия, подкислить 10 %-м раствором серной кислоты, положить 3-4 кусочка гранулированного цинка. Как изменяется окраска раствора? По мере появления новой окраски отливать по 1-2 мл раствора в 3 пробирки. В одной из них заливать расплавленным парафином каждый слой жидкости новой окраски. Две другие пробирки с раствором закрыть пробкой. Какие соединения ванадия получились при действии цинка в кислой среде на раствор ванадата натрия? Написать уравнения реакций.

К одной серии растворов, содержащих соединения ванадия различных степеней окисления, быстро прилить 10%-й раствор гидроксида натрия. Что при этом наблюдается? Исследовать отношение полученных гидроксидов к кислотам и щелочам. К другой серии растворов, имеющих соответствующую окраску, прилить по каплям раствор перманганата калия. Что наблюдается? Оставшийся в колбочке раствор оставить открытым на воздухе и наблюдать изменение окраски раствора. Написать уравнения реакций.

6 Лабораторная работа. Хром, молибден, вольфрам

Хром.

Опыт № 1. Соединения хрома (II)

а) получение хлорида хрома (II)

В небольшую колбочку положить несколько кусочков цинка, прилить 2-3 мл раствора хлорида хрома (III), 5-10 мл 10 %-го раствора хлористоводородной кислоты и 0,5 мл бензина; колбочку закрыть пробкой с отводной трубкой, конец которой опустить в воду. Каково назначение бензина? Как изменяется цвет раствора во время опыта? Написать уравнение реакции. Раствор сохранить.

б) свойства хлорида хрома (II)

Все опыты с хлоридом хрома (II) следует проводить быстро! Почему?

1. Налить в пробирку несколько мл полученного раствора хлорида хрома (II) и оставить на воздухе. Как изменяется цвет раствора? Какие свойства проявляет при этом хлорид хрома (II)? Написать уравнение реакции.

2. Положить в пробирку несколько кристаллов ацетата натрия и прилить к ним раствор хлорида хрома (II). Что наблюдается? Написать уравнение реакции.

3. В пробирку с раствором хлорида хрома (II) прилить избыток 10 %-го раствора гидроксида натрия. Что получается? Какими свойствами обладает гидроксид хрома (II)?

Опыт № 2. Соединения хрома (III)

а) получение и свойства оксида хрома (III)

1. Взять 2,5 г измельченного бихромата калия, смешать с 0,5 г серы, поместить в фарфоровый тигель и нагреть пламенем горелки. Опыт проводить в вытяжном шкафу. Когда будет заметно самораскалывание смеси, горелку отнять. Спекшуюся массу растереть в ступке с водой, окись хрома отфильтровать,

промыть и высушить в сушильном шкафу. Написать уравнение реакции.

2. В маленький фарфоровый тигель насыпать небольшое количество измельченного бихромата аммония и поставить тигель в фарфоровый треугольник на кольце штатива. Внизу расстелить лист бумаги. Нагреть тигель пламенем горелки. Как только начнется разложение бихромата аммония, горелку отнять. Собрать образовавшуюся окись хрома. Написать уравнение реакции.

Как относится оксид хрома к воде, растворам кислот и щелочей? С какими реагентами следует сплавить оксид хрома, чтобы получить хромат натрия и сульфат хрома (III)?

б) получение и свойства гидроксида хрома (III)

Получить гидроксид хрома (III) и испытать его отношение к разбавленным растворам кислот и щелочей. Написать уравнения проведенных реакций. К какому типу гидроксидов относится гидроксид хрома (III)? Какой состав имеет гидроксохромат (III)-ион?

в) свойства солей хрома (III)

1. Несколько кристаллов соли хрома (III) растворить в холодной воде и отметить цвет раствора. Нагреть раствор до кипения. Как меняется окраска раствора?

Какой состав могут иметь ионы хрома (III) в водном растворе в зависимости от условий? Рассмотреть строение аквакомплексных ионов хрома (III) с точки зрения метода валентных связей.

Какое значение pH имеет раствор сульфата хрома (III)? Почему?

2. Приготовить раствор хромита, используя для этой цели возможно малое количество раствора гидроксида натрия, и прокипятить его. Что происходит? Какая из солей сильнее гидролизует: соль оксида хрома(III) или хромита натрия? Почему? Как можно довести до конца гидролиз хлорида хрома (III)?

3. К раствору сульфата хрома (III) прилить раствор сульфида аммония. Каков состав выпавшего осадка? Как можно получить сульфид хрома (III)?

4. К раствору сульфата хрома (III) прилить избыток раствора щелочи и

бромной воды. Смесь подогреть. Как изменяется окраска раствора? Написать уравнение реакции.

Опыт № 3. Соединения хрома (IV)

а) свойства солей хромовых кислот

1. Небольшое количество хромата калия растворить в воде и добавить разбавленной серной кислоты. Чем обуславливается изменение окраски раствора? Как изменяется состав солей хромовых кислот в зависимости от реакции среды? Написать уравнения реакций.

2. К раствору хромата или дихромата калия прилить раствор сульфида аммония и подогреть смесь. Как изменяется окраска раствора? Каков состав выпавшего осадка? Написать уравнение реакции. Какие свойства хрома (IV) проявляются в этой реакции? Как реагирует подкисленный раствор хромата или дихромата калия с сероводородом, сернистым газом, солью железа (II)? Написать уравнения реакций.

3. К растворам хромата и дихромата калия в отдельных пробирках прилить раствор соли бария. Каков состав выпавших осадков? Испытать отношение полученных солей к разбавленным растворам кислот. Аналогичные опыты провести с солью свинца. Написать уравнения реакций.

б) получение триоксида хрома

В фарфоровую чашку поместить 1г дихромата калия, растворить в 10 мл воды и прилить при помешивании стеклянной палочкой 6 мл концентрированной серной кислоты. Какое вещество выпадает в осадок? Охладить раствор и отфильтровать осадок на воронке со стеклянным фильтрующим дном. Написать уравнение реакции.

в) свойства триоксида хрома

Опыт проводить под тягой!

1. Несколько кристаллов полученного триоксида хрома поместить на крышку тигля и из пипетки налить на них 2-3 капли спирта. Что происходит? Написать

уравнение реакции.

2. Часть кристаллов триоксида хрома растворить в воде. Отлить в пробирку 2-3 мл полученного раствора и добавить раствор йодида калия. Что наблюдается? Написать уравнение реакции.

г) пероксидные соединения хрома

К 2-3 мл разбавленного раствора пероксида водорода прибавить немного разбавленного раствора серной кислоты, 1-2 мл этилового эфира и несколько капель раствора хромата или дихромата калия. Осторожно перемешать смесь. Что находится в эфирном и водном слоях? Написать уравнение реакции.

Молибден. Вольфрам.

Опыт № 4. Соединения молибдена и вольфрама

а) молибденовый и вольфрамовый ангидриды

Несколько кристаллов молибдата аммония поместить на крышку тигля и сначала осторожно нагреть, а затем сильно прокалить. Что происходит? Сделать аналогичный опыт с вольфрамом аммония или вольфрамовой кислотой. Написать уравнения реакций. При какой температуре возгоняются молибденовый и вольфрамовый ангидриды?

Сопоставить свойства триоксидов элементов подгруппы хрома (цвет, термическая устойчивость, окислительная способность, отношение к воде).

б) молибденовые и вольфрамовые кислоты

1. К 2-3 мл 2 %-го раствора молибдата аммония прилить 2-3 мл 10 %-го раствора азотной кислоты. Какое вещество выпадает в осадок? Каков его цвет? Полученный осадок промыть водой методом декантации и разделить на две части. Подействовать на осадок избытком концентрированной соляной кислоты и 20 %-м раствором гидроксида натрия. Объяснить полученные результаты. Написать уравнения реакций. В каких условиях образуется дигидрат триоксида молибдена?

2. Приготовить раствор вольфрамата натрия, содержащий 0,5 г сухой соли, и

прилить к нему равный объем 10 %-го раствора хлористоводородной кислоты. Выделившееся вещество промыть методом декантации водой, слегка подкисленной хлористоводородной кислотой.

Каков цвет и состав гидратов триоксида вольфрама? Испытать отношение вольфрамовых кислот к 10 %-м растворам щелочей и кислот.

Как изменяются устойчивость и кислотно-основные свойства гидратов триоксидов хрома, молибдена, вольфрама урана?

7 Лабораторная работа. Марганец

Опыт № 5. Соединения марганца (II) и марганца (IV)

а) гидроксид марганца (II)

1. Взять в качестве исходного вещества хлорид марганца (II), получить гидроксид, изучить его свойства: отношение к кислороду воздуха, кислотам и щелочам.

2. К небольшому количеству осадка прилить бромную воду. Что при этом образуется? Какими свойствами обладает гидроксид марганца (II)? Написать уравнения реакций.

б) свойства солей марганца (II)

1. К раствору соли марганца (II) прилить раствор сульфида аммония. Какое вещество выпадает в осадок? Как изменяется цвет осадка при стоянии на воздухе? Написать уравнения соответствующих реакций.

2. К раствору сульфата марганца (II), подкисленному серной кислотой, добавить 1 каплю раствора нитрата серебра и несколько кристаллов персульфата аммония, а затем нагреть. Как изменяется окраска раствора? Каково назначение нитрата серебра? Какими свойствами обладают соли марганца (II)?

в) оксид марганца (IV)

Как можно получить оксид марганца (IV)? Какие вещества могут быть получены при прокаливании оксида марганца (IV) в зависимости от температуры? Что получается при взаимодействии оксида марганца (IV) с концентрированными растворами серной и хлористоводородной кислот? Написать уравнения реакций.

Опыт № 6. Соединения марганца (IV) и марганца (VII)

а) получение манганата калия

Сплавить в железном тигле на газовой горелке смесь 1 г гидроксида калия, 2 г карбоната калия и 3 г нитрата калия. Помешивая жидкую массу железной

проволокой, внести небольшими порциями 1 г оксида марганца (IV), растертого в порошок. Продолжать нагревание, не переставая помешивать, пока масса не сделается густой. После охлаждения обработать плав в тигле небольшим количеством воды. Прозрачный раствор слить в колбочку и закрыть пробкой, а остаток в тигле сохранить для следующего опыта. Каков цвет раствора? Какое вещество сообщает ему окраску? Написать уравнение проведенной реакции.

б) свойства манганатов

1. Налить в две пробирки по 1 мл полученного раствора манганата калия, в одной пробирке раствор сильно разбавить водой, в другую прилить 2-3 мл воды и пропустить ток углекислого газа. Как и почему изменяется цвет раствора в обоих случаях? Написать уравнения соответствующих реакций.

2. К раствору манганата калия прибавить несколько капель спирта и осторожно нагреть. Что происходит? Написать уравнение реакции.

3. 1-2 мл раствора щавелевой кислоты нагреть до кипения и прибавить к нему раствор манганата калия. Как изменяется цвет раствора? Написать уравнение реакции.

4. Часть раствора манганата калия отлить в стаканчик и добавить к нему насыщенный раствор хлорида бария до полноты осаждения. Что выпадает в осадок?

в) свойства перманганатов

1. Положить в пробирку несколько кристаллов перманганата калия и нагреть. Какой газ выделяется при этом? Написать уравнение реакции.

2. К нескольким каплям концентрированного раствора перманганата калия добавить немного щелочи и раствор глюкозы, нагреть пробирку. Как изменяется цвет раствора? Написать уравнение реакции.

3. К небольшим количествам раствора перманганата калия в отдельных пробирках прилить растворы сульфида и иодида калия. Растворы подогреть. Как изменяется окраска растворов? Что выпадает в осадок? Написать уравнения реакций.

4. Налить в 3 пробирки по 0,5-1 мл раствора перманганата калия, подкислить

серной кислотой и добавить соответственно растворы сульфата железа (II), сероводорода и сернистой кислоты. Как изменяется окраска раствора? Написать уравнения реакций. Как влияет среда на характер восстановления перманганатов в водном растворе? Сравнить значения стандартных электродных потенциалов перманганат-иона в кислой и нейтральной средах.

5. К раствору сульфата марганца (II) в пробирке приливать по каплям раствор перманганата калия. Что происходит? Написать уравнение реакции.

г) получение и свойства оксида марганца (VII)

Опыт проводить под тягой, в присутствии преподавателя!

1. Несколько кристаллов перманганата калия растереть в порошок и высыпать в небольшую фарфоровую чашку. При помощи пипетки или стеклянной трубки смочить соль несколькими каплями 96%-го раствора серной кислоты. Что при этом образуется?

2. Конец стеклянной палочки смочить приготовленной смесью и поднести его к этиловому эфиру, налитому в фарфоровую чашечку. Что происходит?

Таким же образом можно зажечь спиртовку со спиртом. (**Ни в коем случае нельзя повторять опыт одной и той же палочкой!**)

Напишите формулы всех оксидов марганца и сопоставьте их свойства. Как и почему изменяются свойства в ряду гидроксидов марганца, соответствующих различным степеням его окисления? Какие из гидроксидов марганца неустойчивы на воздухе? Какие элементы являются аналогами марганца? Дайте общую характеристику элементов подгруппы марганца.

8 Лабораторная работа. Железо, кобальт, никель

Какое положение занимают элементы семейства железа в ряду напряжений металлов?

Как они взаимодействуют с водой, кислотами и щелочами? Написать уравнения реакций железа с разбавленными и концентрированными растворами кислот: хлористоводородной, серной, азотной на холоду и при нагревании.

Как относятся железо, кобальт, никель к кислороду воздуха? Что такое ржавление железа? От каких факторов зависит этот процесс? Что произойдет, если взять две пластинки - одну из оцинкованного железа, другую из луженого, - на каждой из них напильником провести черту таким образом, чтобы снять защитный слой металла, смочить обе пластинки 10%-ным раствором хлорида натрия и оставить их на воздухе?

Соединения железа, кобальта, никеля.

Опыт № 1. Получения и свойства гидроксидов железа, кобальта, никеля

а) гидроксид железа(II)

Приготовить 200 мл воды, не содержащей растворенного кислорода. Для этого кипятить дистиллированную воду в течение 5-10 мин, пропуская в нее диоксид углерода, а затем охладить воду в токе диоксида углерода до комнатной температуры. Закрывать отверстие колбы пробкой.

Пользуясь этой водой, в одной пробирке растворить несколько кристаллов соли мора (каков ее состав?), подкислить раствор серной кислотой и положить несколько кусочков железа (зачем?). В другой пробирке приготовить раствор гидроксида натрия. Приливая раствор щелочи к раствору соли Мора, получить осадок гидроксида железа (II). Каков цвет осадка? Что происходит с ним на воздухе? Написать уравнения реакций.

Проделать аналогичный опыт, пользуясь имеющимися в лаборатории растворами сульфата железа (II) и щелочи. Сравнить и объяснить полученные результаты.

б) гидроксид железа (III)

Получить гидроксид железа (III) и исследовать его отношение к кислоте и избытку щелочи. Написать уравнения реакций. Какой из гидроксидов – железа (II) или железа (III) – обладает более основными свойствами и чем это можно объяснить?

в) гидроксид кобальта (II)

К раствору соли кобальта (II) прилить немного раствора гидроксида натрия. Отметить цвет образующегося осадка. Добавить еще щелочи и нагреть, встряхивая содержимое пробирки. Как изменяется цвет осадка? Что происходит с гидроксидом кобальта (II) при стоянии на воздухе? Написать уравнения реакций.

г) гидроксид кобальта(III)

В 2 пробирки налить раствор соли кобальта (II), в одну из них добавить бромной воды, в другую – пероксид водорода, затем в обе прилить раствор гидроксида натрия. Что происходит? Написать уравнения реакций.

д) гидроксид никеля (II)

Получить гидроксид никеля (II). Изменяется ли гидроксид никеля (II) при стоянии на воздухе? Написать уравнение реакций.

е) гидроксид никеля (III)

К осадку гидроксида никеля (II) прилить бромной воды. Что происходит? Написать уравнение реакции. Чем объясняется различное отношение гидроксидов железа (II), кобальта (II), никеля (II) к кислороду воздуха? Почему способ получения гидроксидов железа (III), кобальта (III), никеля (III) отличается от способа получения гидроксида железа (III)? Как и почему изменяются кислотно-основные свойства гидроксидов железа, кобальта, никеля в зависимости от степени их окисления?

Опыт № 2. Соли железа, кобальта, никеля

а) свойства солей железа(II)

1. Определить рН раствора соли Мора. Написать уравнение реакции гидролиза сульфатов железа(II). Прилить раствор карбоната натрия. Что наблюдается? Написать уравнение реакции и объяснить полученные результаты.

2. К раствору соли Мора прилить раствор гексацианоферрата (III) калия (красной кровяной соли). Что получается? Написать уравнение реакции. Для чего используется эта реакция?

3. К подкисленному серной кислотой раствору соли железа (II) добавить раствор перманганата калия. Что происходит? Написать уравнения реакций взаимодействия соли железа (II) с перманганатом и дихроматом калия. Будет ли окисляться соль железа (II) хлорной, бромной и йодной водой? Как относятся соли железа (II) к сероводороду и сульфиду аммония?

Какие выводы о свойствах солей железа (II) можно сделать из проведенных опытов? Почему при изучении свойств соединений железа(II) исходным веществом следует брать свежеприготовленную соль Мора?

б) свойства солей железа (III)

1. Определить рН раствора хлорида железа (III). Написать уравнение реакции гидролиза этой соли. Какая из солей – сульфат железа (II) или сульфат железа (III) – сильнее гидролизуется в растворах?

2. К раствору хлорида железа (III) добавить раствор карбоната натрия. Каков состав образовавшегося осадка? Написать уравнение реакции.

3. В 2 пробирки налить по 1-2 мл. раствора хлорида железа (III). В одну пробирку добавить несколько капель раствора роданида аммония, в другую – раствора гексацианоферрата (II) калия (желтой кровяной соли). Что происходит? Написать уравнения реакций. Для чего используются эти реакции?

4. Как взаимодействует хлорид железа (III) с сульфидом натрия и йодидом калия? Написать уравнения реакций. В каких условиях соли железа (III) переходят в соли железа (II) и обратно?

5. Что происходит при взаимодействии хлорида железа (III) с сероводородом и сульфидом аммония? Провести соответствующие реакции и написать их уравнения. Перечислите свойства солей железа(III). Как можно получить феррит натрия? Какие соли сильнее гидролизуются: ферриты или соли железа (III)? От чего это зависит?

в) получение и свойства ферратов

Положить в фарфоровую чашку около 0,5 г измельченного гидроксида калия (по возможности не содержащего углекислой соли), добавить 3-5 капель раствора хлорида железа (III) и затем 2-3 капли брома (**под тягой!**). После непродолжительного нагревания на водяной бане охладить чашку с содержимым, добавить 15-20 мл воды и перенести раствор в небольшой стакан. Какое вещество сообщает окраску раствору?

Разлить раствор феррата в 3 пробирки. В одну пробирку добавить раствор хлорида бария до полноты осаждения. Каков состав осадка? Во вторую пробирку прилить сероводородную воду, в третью – 2 н Раствор серной кислоты. Что наблюдается? Написать уравнения всех проведенных реакций. Какими свойствами обладают соединения железа (VI)?

г) свойства солей кобальта(II)

1. Положить в пробирку несколько кристаллов безводного хлорида кобальта (II) и смочить. Как изменяется окраска? Добавить концентрированную хлористоводородную кислоту. Каков теперь цвет раствора?

2. Налить в пробирку 1-2 мл абсолютного спирта и добавить несколько кристаллов хлорида кобальта. Объяснить изменение окраски.

3. К раствору сульфата кобальта (II) прилить в одной пробирке сероводородную воду, в другой – раствор сульфида натрия. Написать уравнения реакций.

4. Несколько кристаллов нитрата кобальта (II) прокалить на пламени газовой горелки. Как определить окончание реакции?

Небольшое количество полученного оксида кобальта (III) (какой еще оксид кобальта может образоваться в зависимости от температуры?) положить в

пробирку и обработать концентрированной хлористоводородной кислотой. Какой газ выделяется? Написать уравнения проведенных реакций. Как реагирует оксид кобальта с азотной и серной кислотами?

д) свойства солей никеля(II)

Испытать отношение сероводорода и сульфида натрия к раствору соли никеля (II). Познакомиться с величинами произведений растворимости сульфидов никеля и кобальта.

Почему образование простых (не комплексных) солей не характерно для кобальта (III) и в особенности для никеля (III)?

Опыт № 3. Комплексные соединения железа, кобальта, никеля

Соединения с комплексными катионами.

а) аммиакаты кобальта и никеля

К растворам кобальта (II) и никеля (II) прилить сначала немного, а затем избыток концентрированного раствора аммиака. Что наблюдается? Прокипятить аммиачный раствор соли кобальта, встряхивая пробирку (зачем?). Объяснить изменение его окраски. Написать уравнения реакций.

Какое координационное число проявляют кобальт и никель в полученных аммиакатах? К какому типу комплексов (низко- или высоко спиновых) они относятся? Какой тип гибридизации орбиталей осуществляется при образовании этих комплексов? Какой пространственной конфигурации это соответствует?

Как изменяется устойчивость аммиакатов в ряду железо (II), кобальт (II), никель (II)?

Соединения с комплексными анионами.

а) гексанитритокобальт(III) калия

К раствору соли кобальта (II) прилить немного уксусной кислоты и избыток нитрита калия. Смесь подогреть. Какой газ выделяется при этом? Что выпадает в осадок? Написать уравнение реакции. Какое координационное число у кобальта в этом соединении?

9 Лабораторная работа. Комплексные соединения

Опыт № 1. Получение и исследование комплексного соединения сульфата тетраамминмеди (II)

Поместить в две пробирки по 10 капель 1 моль/л раствора сульфата меди и добавить в одну из них 2 капли хлорида бария. На присутствие какого иона указывает выпавший осадок? Во вторую пробирку внести кусочек гранулированного олова и наблюдать выделение на его поверхности красноватого налета меди.

Получить комплексное соединение меди, для чего поместить в пробирку 15 капель раствора сульфата меди и по каплям добавлять раствор аммиака. Наблюдать растворение выпавшего вначале осадка основного сульфата меди и изменение цвета раствора при образовании комплексного сульфата тетраамминмеди (II). Полученный раствор разделить в две пробирки и провести те же два опыта, которые были проделаны с раствором медного купороса. Выпадает ли осадок при добавлении Хлорида бария? Выделяется ли медь на грануле олова?

Написать уравнения всех проведенных реакций. Есть ли различие в поведении сульфата меди и комплексной соли по отношению к каждому добавленному реактиву? Учитывая, что данные по мольной электропроводности раствора комплексного соединения, указывают на диссоциацию его на два иона, написать его координационную формулу и уравнение электролитической диссоциации.

Опыт №2. Получение анионных комплексов

а) тетраиодовисмутат (III) калия

В пробирку к 3 – 4 каплям раствора нитрата висмута прибавлять по каплям раствор иодида калия до выпадения темно-бурого осадка иодида висмута.

Растворить этот осадок в избытке раствора иодида калия.

Каков цвет полученного раствора? Может ли эта окраска обуславливаться присутствием ионов K^+ , I^- , Bi^{3+} ? Какой из этих ионов может быть комплексообразователем? С какими лигандами он мог образовать в данном растворе сложный? Ответ мотивировать.

Зная, что состав полученного соединения выражается эмпирической формулой $KI \cdot BiI_3$, написать его координационную формулу. Написать уравнения реакций: образования иодида висмута, взаимодействия иодида висмута с избытком иодида калия. Написать уравнение электролитической диссоциации полученного комплексного соединения.

б) тетраиодомеркурат калия

В две пробирки внести по 2 – 3 капли раствора нитрата ртути (II). Одну пробирку оставить в качестве контрольной, в другую добавить раствор иодида калия до полного растворения, образуя вначале оранжевый осадок иодида ртути (II). Испытать растворы в обеих пробирках на присутствие ионов, добавив в каждую пробирку по 2 капли раствора гидроксида натрия.

Из какого раствора выпадает желтый осадок оксида ртути (II). Почему во второй пробирке при действии щелочи осадок не выпадает?

Написать уравнения проведенных реакций: образования иодида ртути (II), взаимодействия иодида ртути с избытком иодида калия (координационное число иона Hg^{2+} равно четырем).

Написать уравнения электролитической диссоциации нитрата ртути (II) и полученной комплексной соли - тетраиодомеркурата калия $K_2[HgI_4]$.

в) гидроксокомплексы

В три пробирки поместить отдельно растворы солей цинка, хрома (III) и алюминия и в каждую из них добавлять по каплям раствор щелочи. Наблюдать вначале вы падение осадков, а затем их растворение в избытке щелочи.

Написать уравнения проделанных реакций, учитывая, что образуются растворимые гидроксокомплексы, содержащие ионы $[Zn(OH)_4]^{2-}$, $[Cr(OH)_6]^{3-}$, $[Al(OH)_6]^{3-}$. Зная, что гидроксиды цинка, хрома и алюминия растворяются также, в

кислотах, указать, к какому типу они относятся.

Опыт № 3. Катионные комплексы

а) комплексное основание никеля

Получить осадок гидроксида никеля (II), внося в пробирку 3 – 4 капли раствора сульфата никеля и такой же объем раствора едкого натра. Смесь центрифугируют, центрифугат декантируют.

К осадку добавить 5 – 6 капель 25 %-го раствора аммиака. Что происходит? Сравнить окраску ионов Ni^{2+} в растворе сульфата никеля с окраской полученного раствора.

Присутствием, каких ионов обусловлена окраска раствора?

Написать уравнения реакций: образования гидроксида никеля (II), взаимодействия гидроксида никеля с аммиаком и уравнение электролитической диссоциации, образовавшегося комплексного основания (координационное число никеля принять равным шести). Какое основание является более сильным: простое или комплексное? Ответ обосновать.

б) комплексное основание кадмия

Получить в пробирке осадок гидроксида кадмия, добавляя к раствору его соли равный объем раствора едкого натра. На полученный гидроксид подействовать 25 %-ным раствором аммиака до полного растворения осадка.

Написать уравнения реакций, получения гидроксида тетраамминкадмия и его электролитической диссоциации. Какое основание является более сильным электролитом: гидроксид кадмия или его комплексное основание? Ответ обосновать.

Опыт № 4. Внутрикислотные соединения

В 3 пробирки внести по 3 капли раствора хлорида железа (III). Одну оставить в качестве контрольной. В две другие добавить по 3 капли раствора щелочи. К

образовавшемуся осадку в одну из них добавить 12 – 15 капель 2 моль/л щавелевой кислоты COOH-COOH , в другую - столько же 2 моль/л лимонной кислоты $\text{CH}_2(\text{COOH})-\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$. В обе пробирки и в контрольную внести 1 – 2 капли 0,01 моль/л раствора роданида калия или аммония, который образует с ионами Fe^{3+} окрашенный роданид железа $\text{Fe}(\text{SCN})_3$. Во всех ли пробирках наблюдается окрашивание?

При растворении гидроксида железа (III), в щавелевой и лимонной кислотах образуются внутрикомплексные соединения, в которых карбоксильные группы кислот присоединяются к комплексообразователю.

Моно- или полидентантными лигандами является остаток щавелевой кислоты? Написать аналогично формулу лимоннокислого (цитратного) комплекса. Обратить внимание на особую прочность внутри комплексных соединений.

Опыт № 5. Комплексные соединения в реакциях обмена

а) взаимодействие тетрароданомеркурата аммония с солью кобальта

Приготовить раствор тетрароданомеркурата аммония. Для этого в пробирку внести 3 – 4 капли раствора нитрата ртути (II) и добавить насыщенный раствор роданида аммония до полного растворения выпадающего вначале осадка роданида ртути.

В другую пробирку внести 4 – 5 капель раствора нитрата кобальта и добавить такой же объем полученного раствора тетрароданомеркурата аммония. Для ускорения образования осадка слегка встряхивать пробирку. Отметить цвет образующегося осадка тетрароданомеркурата кобальта,

Написать уравнения реакций:

а) образования роданида ртути;

б) взаимодействия роданида ртути с избытком роданида аммония, учитывая, что при этом получается комплексная соль, в которой координационное число ртути равно 4;

в) молекулярное и ионное уравнения реакции образования

тетрароданомеркураата кобальта.

б) взаимодействие гексацианоферрата (II) калия с сульфатом меди

В пробирку к 4 – 5 каплям сульфата меди добавить такой же объем раствора комплексной соли $K_4[Fe(CN)_6]$.

Отметить цвет образовавшегося осадка гексацианоферрата меди. Написать молекулярное в ионное уравнения реакции.

Опыт № 6. Комплексные соединения в окислительно-восстановительных реакциях

а) восстановление серебра из его комплексного соединения

Добавить в пробирку к 5 – 6 каплям раствора нитрата серебра раствор хлорида натрия. Полученный осадок растворить в 25 %-ном растворе аммиака. Опустить в раствор кусочек гранулированного цинка. Что наблюдается?

Написать уравнения: получения осадка хлорида серебра, его растворения в аммиаке с образованием комплекса серебра и взаимодействия полученного комплексного соединения с цинком. Какой ион является окислителем в последней реакции? Написать уравнение электролитической диссоциации комплексного иона и ионное уравнение окислительно-восстановительной реакции.

б) восстановление гексацианоферрата (III) калия

В пробирку внести 8 – 10 капель 0,1 моль/л раствора иодида калия 6 – 8 капель 2 моль/л раствора хлороводородной кислоты и 5 – 6 капель бензола. Отметить, что бензол остается бесцветным. Добавить один микрошпатель кристаллов комплексной соли железа (III) $K_3[Fe(CN)_6]$ и перемешать раствор стеклянной палочкой. По изменению окраски бензола убедиться в выделении свободного иода.

Написать уравнение реакции взаимодействия гексацианоферрата (III) калия с иодидом калия, учитывая, что $K_3[Fe(CN)_6]$ переходит при этом в $K_4[Fe(CN)_6]$ (кислоту в уравнение реакции не вводить). Указать окислитель и восстановитель.

в) окисление гексацианоферрата (II) калия

Поместить в пробирку 4 - 5 капель раствора перманганата, подкислить 2 моль/л серной кислотой и добавлять по каплям раствор гексацианоферрата (II) калия до обесцвечивания раствора.

Написать уравнение реакции, учитывая, что комплекс железа (II) переходит в комплекс железа (III) с тем же координационным числом, а перманганат калия в кислой среде восстанавливается до сульфата марганца (II).

Опыт № 7. Прочность комплексных ионов. Разрушение комплексов

а) разрушение комплекса при разбавлении раствора

Внести в пробирку 2 капли раствора нитрата серебра и добавлять 0,1 моль/л раствор иодида калия по каплям, встряхивая пробирку после каждого добавления.

Почему растворяется выпавший вначале осадок иодида серебра? К получившемуся раствору добавить 4 – 5 капель воды. Что наблюдается?

Описать наблюдаемые процессы. Написать уравнения реакций: образования иодида серебра, его перехода в комплексное соединение, диссоциации комплексного иона, выражение константы нестойкости. Какое влияние оказывает разбавление раствора на диссоциацию комплексного иона?

б) сравнительная устойчивость роданидного комплекса кобальта в воде и в спирте

Получить в пробирке тетрароданокобальтат (II) аммония $(\text{NH}_4)_2[\text{Co}(\text{SCN})_4]$, добавляя к 2 - 3 каплям насыщенного раствора хлорида кобальта (II) 8 - 10 капель насыщенного раствора роданида аммония. Наблюдать появление лиловой окраски комплексного соединения. Разделить раствор на две пробирки; в одну из них добавить амиловый спирт, в другую - 10 капель воды. Как изменяется окраска в каждой пробирке?

Написать уравнения реакций: образования комплексного соединения, его диссоциации и диссоциации комплексного иона. В воде или в спирте диссоциация комплексного иона протекает полнее? Чем это объясняется?

в) разрушение комплекса при осаждении комплексообразователя

В две пробирки с раствором сульфата меди добавить: в одну раствор оксалата аммония в другую - сульфида аммония. Написать уравнения реакций и отметить цвета выпавших осадков. В двух других пробирках получить комплексное соединение меди, добавив к 4-5 каплям 1 моль/л раствора CuSO_4 раствор аммиака до растворения выпадающего вначале осадка основной соли меди, отметить цвет полученного комплексного соединения. Написать уравнение реакции взаимодействия сульфата меди с аммиаком, учитывая, что координационное число меди равно четырем.

Испытать действие растворов оксалата аммония и сульфида аммония на полученный раствор комплексной соли меди. От действия какого реактива выпадает осадок? На присутствие каких ионов в растворе комплексной соли указывает появление этого осадка? Добавить в пробирку, где выпал осадок, еще 6 - 7 капель того же реактива и для ускорения коагуляции поместить пробирку в водяную баню, нагретую до кипения. Сохранилась ли в растворе окраска комплекса меди?

Описать наблюдаемые явления. Ответить на поставленные по ходу работы вопросы. Написать уравнения проделанных реакций, уравнение электролитической диссоциации комплексной соли меди и ее комплексного иона. Как влияет добавление $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ на диссоциацию комплексного иона? Сравнить произведения растворимости соответствующих солей меди и объяснить, почему одна из них не выпадает в осадок из комплексного соединения.

Опыт №8. Двойные соли

В трех пробирках приготовить раствор двойной соли $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (соли Мора), внося в каждую по 6 - 8 капель воды и по одному микрошпателью соли. В одну пробирку к раствору соли Мора добавить 5 - 6 капель раствора сульфида аммония, в другую - столько же раствора хлорида бария. Выпавший черный осадок представляет собой сульфид железа (II). Отметить цвет осадков и

написать ионные уравнения реакций их образования. На присутствие каких ионов в растворе двойной соли указывают эти реакции?

В третью пробирку добавить 7 - 8 капель 2 моль/л раствора едкого натра и, укрепив в штативе опустить ее в водяную баню, нагретую почти до кипения. Подержать над пробиркой красную лакмусовую бумагу, смоченную водой, По изменению окраски лакмуса и по запаху определить какой газ выделяется из пробирки. Написать ионное уравнение протекающей реакции его образования. На присутствие каких ионов в растворе двойной соли указывает эта реакция?

Учитывая результаты опыта, написать уравнение электролитической диссоциации соли Мора.

Проверить действием раствора сульфида аммония обнаруживаются ли ионы Fe^{2+} в растворе $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Наблюдается ли выпадение черного осадка FeS ? Почему?

Описать наблюдаемые явления. Ответить на вопросы, поставленные по ходу работы, и написать уравнения соответствующих реакций. Написать уравнение электролитической диссоциации $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Чем отличается электролитическая диссоциация двойной соли от диссоциации соли, содержащей устойчивый комплексный ион?

Опыт № 9. Гидратная изомерия аквакомплексов хрома (III)

Хлорид хрома $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ образует изомеры различного цвета:

$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ – сине-фиолетовый;

$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5]\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – темно-зеленый;

$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_3]\text{Cl}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ – светло-зеленый.

В растворах все три изомера находятся в равновесии, состояние которого зависит от различных факторов, в частности, сильно зависит от температуры

В две пробирки поместить по несколько кристалликов хлорида хрома $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и по 10 капель воды. Одну пробирку оставить в качестве контрольной, вторую — нагреть на кипящей микробане и наблюдать изменение окраски.

Какой изомер аквакомплекса хрома (III) преимущественно устойчив при комнатной температуре? При высокой температуре? Дать рациональные названия всех трех приведенных изомеров.

Список использованных источников

1 Практикум по неорганической химии [Текст] : учеб. пособие для вузов / [В. А. Алешин и др.]; под ред. Ю. Д. Третьякова. - М. : Академия, 2004. - 384 с. - (Высшее профессиональное образование). - Авт. указаны на обороте тит. л. - Библиогр.: с. 378. - ISBN 5-7695-1568-6.

2 Неорганическая химия [Текст] : в 3 т.: учебник / под ред. Ю. Д. Третьякова . - 2-е изд., испр. - М. : Академия, 2008. - (Высшее профессиональное образование), Т. 1 : Физико-химические основы неорганической химии. - , 2008. - 235 с. : ил - ISBN 978-5-7695-5240-3.

3 Неорганическая химия [Текст] : в 3 т.: учебник / под ред. Ю. Д. Третьякова . - М. : Академия, 2004. - (Высшее профессиональное образование), Т. 2 : Химия непереходных элементов. - , 2004. - 367 с. : ил - ISBN 5-7695-1436-1.

4 Неорганическая химия [Текст] : учебник: в 3 т. / под ред. Ю. Д. Третьякова . - М. : Академия, 2007. - (Высшее профессиональное образование), Т. 3, кн. 1 : Химия переходных элементов. - , 2007. - 350 с. : ил - ISBN 5-7695-2532-0.

5 Неорганическая химия [Текст] : учебник: в 3 т. / под ред. Ю. Д. Третьякова . - М. : Академия, 2007. - (Высшее профессиональное образование), Т. 3, кн. 2 : Химия переходных элементов. - , 2007. - 400 с. : ил - ISBN 5-7695-2533-9.

6 Неорганическая химия. Химия элементов [Текст] : в 2 кн.: учеб. для вузов / Ю. Д. Третьяков [и др.] . - М. : Химия, 2001, Кн. 1 : . - 472 с. : ил. - Библиогр.: с. 472. - ISBN 5-7245-1213-0.

7 Неорганическая химия. Химия элементов [Текст] : в 2 кн.: учеб. для вузов / Ю. Д. Третьяков [и др.] . - М. : Химия, 2001. Кн. 2 : . - Библиогр.: с. 1055. - ISBN 5-7245-1214-9.

8 Воскресенский, П. И. Техника лабораторных работ [Текст] /

П. И. Воскресенский.- 10-е изд., стер. - М. : Химия, 1973. - 288 с. : ил.

9 Рачинский, Ф. Ю. Техника лабораторных работ [Текст] / Ф. Ю. Рачинский, М. Ф. Рачинская; под ред. Д. П. Добычина. - Л. : Химия, 1982. - 432 с. - Библиогр.: с. 416-418. - Предм. указ.: с. 419-431.

10 Техника лабораторных работ по учебной практике: лабораторный практикум [Электронный ресурс] / Л.Б. Кашеварова, Н.Р.Стрельцова, Т.П. Павлова, В.А. Моско – Казань: КГТУ, 2009.

11 Берлин, А. Я. Техника лабораторной работы в органической химии [Текст] / А. Я. Берлин.- 3-е изд., испр. и доп. - М. : Химия, 1973. - 368 с. : ил. - Предм. указ.: с. 355-368.

12 Коровин, Н. В. Лабораторные работы по химии [Текст] : учеб. пособие для вузов / Н. В. Коровин, Э. И. Мингулина, Н. Г. Рыжова ; под ред. Н. В. Коровина.- 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1998. - 256 с. : ил.. - Библиогр.: с. 236. - Прил.: с. 237-254.

13 Руководство к лабораторным работам по общей химии [Текст] : учеб. пособие для студентов нехим. специальностей вузов / А. Ф. Богоявленский . - М. : Высш. шк., 1972. - 192 с. : ил.. - Прил.: с. 169-187.

14 Герчук, М. П. Руководство к практическим занятиям по неорганической химии [Текст] : учеб. пособие для кооп. ин-тов / М. П. Герчук. - М. : Изд-во Центросоюза, 1962. - 196 с. : ил.

15 Лабораторный практикум по общей химии [Текст] : полумикрометод: учеб. пособие для нехим. и хим.-технол. специальностей вузов / [З. Г. Васильева и др.]- 4-е стер. изд. - М. : Химия, 1971. - 309 с. : ил. - Прил.: с. 297-308.

16 Архипов, Б.Н. Лабораторные работы по неорганической, органической химии и техническому анализу [Текст] / Б.Н. Архипов .- 2-е изд., испр. и доп. - М. : Высш. шк., 1967. - 264 с. : ил.

17 Справочник по химии [Текст] : пособие для учащихся / П. И. Воскресенский [и др.] .- 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Просвещение, 1974. – 288 с. - Прил.: с. 266-279. - Предм. указ.: с. 280-287.

18 Руководство к практическим занятиям по технологии неорганических

веществ [Текст] : учеб. пособие для хим.-технол. специальностей вузов / М. Е. Позин [и др.]; под общ. ред. М. Е. Позина.- 2-е изд., перераб. и доп. - Л. : Госхимиздат, 1963. - 376 с. : ил. - Прил.: с. 370-376.

19 Леснова, Е. В. Практикум по неорганическому синтезу. [Текст] : учеб. пособие для хим. и хим.-технол. техникумов / Е. В. Леснова.- 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1977. - 168 с. : ил.

20 Методические указания к выполнению лабораторных работ по неорганической химии [Электронный ресурс] / Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.

21 Сборник контрольных вопросов и задач для защиты лабораторных работ по курсу химии: методические указания [Электронный ресурс] / Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.

22 Карякин, Ю. В. Чистые химические вещества [Текст] : рук. по приготовлению неорганических реактивов и препаратов в лаб. условиях / Ю. В. Карякин, И. И. Ангелов.- 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Химия, 1974. - 408 с. : ил.

23 Практикум по общей и неорганической химии [Текст] : учеб. пособие для вузов / Л. Ю. Аликберова [и др.]. - М. : Владос, 2004. - 320 с. - (Практикум для вузов). - Прил.: с. 293-310. - Библиогр.: с. 311. - ISBN 5-691-01143-X.

24 Коттон, Ф. Современная неорганическая химия [Текст] / Ф. Коттон, Дж. Уилкинсон. - М. : Мир, 1969 Т. 1 : Общая теория / пер. с англ. С. С. Чуранова ; под ред. К. В. Астахова. - 1969. - 224 с.: ил. - Библиогр.: с. 221-223. Т. 2 : Химия непереходных элементов : пер. с англ. Е. К. Ивановой, Г. В. Прохоровой, С. С. Чуранова; под ред. К. В. Астахова. - 1969. - 494 с.: ил. - Библиогр.: с. 487. Т.3 : Химия переходных элементов : пер. с англ. М.Н. Варгафтика; под ред. М.Е. Дяткиной. - 1969. - 592 с.: ил. - Предм. указ.: с. 577-588.

25 Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-IV групп [Текст] : справочник / под ред. В. А. Филова . - Л. : Химия, 1988. - 512 с. - Прил.: с. 456-499. - Библиогр.: с. 500-501.

Приложение А

(справочное)

Наименования неорганических веществ

Таблица А.1 – Систематические и традиционные названия некоторых неорганических кислот и солей

Формула	Кислоты		Соли
	Систематическое название	Традиционное название	Традиционное название
$B(OH)_3$ (H_3BO_3)	Тригидроксид бора	Борная (ортоборная)	Бораты (ортобораты)
$H_2CO_3^*$	Триоксокарбонат (VI) водорода	Угольная	Карбонаты
$H_2SiO_3^*$	Триоксосиликат (VI) водорода	Метакремниевая	Метасиликаты
$H_4SiO_4^*$	Тетраоксосиликат (VI) водорода	Ортокремниевая	Ортосиликаты
HNO_2	Диоксонитрат (III) водорода	Азотистая	Нитриты
HNO_3	Триоксонитрат (V) водорода	Азотная	Нитраты
HPO_3	Триоксофосфат (V) водорода	Метафосфорная	Метафосфаты
H_3PO_4	Тетраоксофосфат (V) водорода	Ортофосфорная	Ортофосфаты
$H_4P_2O_7$	Гептаоксодифосфат (V) водорода	Пирофосфорная	Дифосфаты
$H_3AsO_4^*$	Тетраоксоарсенат (V) водорода	Мышьяковая	Арсенаты
H_2O_2	Диоксид диводорода	Пероксид водорода	Пероксиды

Продолжение таблицы А.1

Формула	Кислоты		Соли
	Систематическое название	Традиционное название	Традиционное название
H_2S	Сульфид водорода	Сероводородная	Сульфиды
$H_2SO_3^*$	Триоксосульфат (IV) водорода	Сернистая	Сульфиты
H_2SO_4	Тетраоксосульфат (VI) водорода	Серная	Сульфаты
H_2SO_3S	Триоксодисульфат (II) водорода	Тиосерная	Тиосульфаты
HF	Фторид водорода	Фтороводородная	Фториды
HCl	Хлорид водорода	Хлороводородная	Хлориды
$HClO^*$	Оксохлорат (I) водорода	Хлорноватистая	Гипохлориты
$HClO_2^*$	Диоксохлорат (III) водорода	Хлористая	Хлориты
$HClO_3^*$	Триоксохлорат (V) водорода	Хлорноватая	Хлораты
$HClO_4$	Тетраоксохлорат (VII) водорода	Хлорная	Перхлораты
HBr	Бромид водорода	Бромоводородная	Бромиды
$HBrO^*$	Оксобромат (I) водорода	Бромноватистая	Гипобромиты
$HBrO_3^*$	Триоксобромат (V) водорода	Бромноватая	Броматы
$HBrO_4^*$	Тетраоксобромат (VII) водорода	Бромная	Перброматы
HI	Иодид водорода	Иодоводородная	Иодиды
$HI O^*$	Оксиодат (I) водорода	Иодноватистая	Гипоидиды
$HI O_3$	Триоксоидат (V) водорода	Иодноватая	Иодаты

Продолжение таблицы А.1

Формула	Кислоты		Соли
	Систематическое название	Традиционное название	Традиционное название
H_5IO_6	Гексаоксоиодат (VII) водорода	Ортопериодная	Ортопериодаты
$H_2CrO_4^*$	Тетраоксохромат (VI) водорода	Хромовая	Хроматы
$H_2Cr_2O_7^*$	Гептаоксодихромат (VI) водорода	Дихромовая	Дихроматы
$HMnO_4^*$	Тетраоксоманганат (VII) водорода	Марганцовая	Перманганаты
<i>* В свободном виде не выделена</i>			

Таблица А.2 – Тривиальные названия и формулы некоторых неорганических веществ

Тривиальное название	Формула
Аммонийная селитра	NH_4NO_3
Алюмокалиевые квасцы	$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$
Английская соль	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$
Баритовые белила	$Ba SO_4$
Белая сажа	$SiO_2 \cdot nH_2O$
Белый графит	$BN_{(гекс)}$
Берлинская лазурь	$KFe(III)[Fe(CN)_6]$
Бертолетова соль	$KClO_3$
Болотный (рудничный) газ	CH_4
Боразон	$BN_{(куб)}$
Бура ювелирная	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ $Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$
Веселящий газ	N_2O

Продолжение таблицы А.2

Тривиальное название	Формула
Гашеная (едкая) известь, пушонка	Ca(OH)_2
Гипс (другие формы: алебастр, мариенглас)	$\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Глауберова соль	$\text{Na}_2 \text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Глинозем (другие формы: корунд, алунд)	Al_2O_3
Двойной суперфосфат	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$
Едкий барит	Ba(OH)_2
Едкий натр	NaOH
Едкое кали, калиевый щелок	KOH
Железный купорос	$\text{Fe SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Железокалиевые квасцы	$\text{KFe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Желтая кровяная соль	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Жженая (негашеная) известь, известковая земля	CaO
Жженая магнезия	MgO
Жженный (строительный) гипс	$2\text{Ca SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Известковая (норвежская) селитра	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Индийская (калийная) селитра	KNO_3
Каломель	Hg_2Cl_2
Кальцинированная сода	Na_2CO_3
Каменная (поваренная) соль	NaCl
Карборунд	SiC
Каустик, каустическая сода	NaOH
Киноварь	HgS
Красная кровяная соль	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
Красный сурик	Pb_3O_4
Кремнезем	SiO_2
Кристаллическая сода	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Медный купорос	$\text{Cu SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Продолжение таблицы А.2

Тривиальное название	Формула
Медная лазурь	$\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$
Мел (другие формы: мрамор, известняк)	CaCO_3
Натронная (чилийская) селитра	NaNO_3
Нашатырный спирт	NH_4OH
Нашатырь	NH_4Cl
Питьевая сода	NaHCO_3
Поташ	K_2CO_3
Пруссеновская лазурь	$\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$
Свинцовые белила	$\text{Pb}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{PbCO}_3$
Свинцовый купорос	PbSO_4
Сернистый газ	SO_2
Силикагель	$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} (n \leq 6)$
Сулема	HgCl_2
Сурик	Pb_3O_4
Сусальное золото	SnS_2 (тонкие пластины)
Сухой лед	CO_2
Турнбулева синь	$\text{KFe}(\text{II})[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
Угарный газ	CO
Углекислый газ	CO_2
Фреон – 12	CF_2Cl_2
Фосген	COCl_2
Хлорное железо	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Хромовый купорос	$\text{CrSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Хромокалиевые квасцы	$\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Хромпик	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
Цементит	Fe_3C
Цинковый купорос	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Таблица А.3 – Технические названия некоторых дисперсных систем (смесей, растворов)

Техническое название	Состав
Аммиачная вода	Водный раствор NH_3
Баритовая вода	Насыщенный водный раствор $\text{Ba}(\text{OH})_2$
Белильная (хлорная) известь	Смесь $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$
Бордосская жидкость	Раствор CuSO_4 в известковом молоке
Бромная вода	Водный раствор Br_2 (содержит HBrO и HBr)
Водяной газ	Смесь CO и H_2
Генераторный газ	Смесь CO (25% об.), N_2 (70% об.) и CO_2 (4% об.)
Гидравлический гипс	Смесь CaSO_4 и CaO
Гипсовая вода	Насыщенный раствор CaSO_4
Гремучий газ	Смесь H_2 (2/3 объема) и O_2 (1/3 объема)
Жидкое стекло	Щелочной водный раствор Na_2SiO_3 и K_2SiO_3
Известка	Смесь $\text{Ca}(\text{OH})_2$, песка и воды
Известковая вода	Насыщенный водный раствор $\text{Ca}(\text{OH})_2$
Известковое молоко	Суспензия $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в известковой воде
Известь венская	Смесь CaO и MgO
Иодная настойка	Раствор, содержащий 5 г I_2 , 2 г KI , 50 мл 96%-ного раствора этилового спирта на каждые 50 мл воды
Купоросное масло	Концентрированный раствор H_2SO_4
Ляпис	Смесь AgNO_3 и KNO_3
Олеум	Раствор SO_3 в H_2SO_4 (содержит $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$)
Пергидроль	30%-ный водный раствор H_2O_2
Плавиковая кислота	Концентрированный водный раствор HF
Свинцовый уксус	Водный раствор $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$
Серая известь	Неочищенный $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$
Сероводородная вода	Насыщенный водный раствор H_2S

Продолжение таблицы А.3

Техническое название	Состав
Синильная кислота	Водный раствор HCN
Соляная кислота	35 – 36%-ный водный раствор HCl
Термит	Смесь порошкообразных Al и Fe ₃ O ₄
Уксус	3 – 7%-ный водный раствор уксусной кислоты
Уксусная эссенция	80%-ный водный раствор CH ₃ COOH
Формалин	37%-ный водный раствор формальдегида HCHO
Хлорная вода	Водный раствор Cl ₂ (содержит HClO и HCl)
Хромовая смесь	Смесь концентрированной H ₂ SO ₄ (1/2 объема) и насыщенного водного раствора K ₂ Cr ₂ O ₇ (1/2 объема)
Царская водка	Смесь концентрированной HNO ₃ (1/4 объема) и соляной кислоты (3/4 объема)

Приложение Б

(справочное)

Свойства некоторых кислот и оснований

Таблица Б.1 - Константы диссоциации (K_d) кислот и оснований

Кислота	K_d	Основание	K_d
CH ₃ COOH	$1,75 \cdot 10^{-5}$	NH ₄ OH	$1,77 \cdot 10^{-5}$
H ₂ CO ₃	K ₁	Cu(OH) ₂	$3,4 \cdot 10^{-7}$
	K ₂	Zn(OH) ₂	$1,5 \cdot 10^{-9}$
H ₂ S	K ₁	Al(OH) ₃	$1,4 \cdot 10^{-9}$
	K ₂	Ni(OH) ₂	$2,5 \cdot 10^{-5}$
H ₂ SiO ₃	K ₁	Fe(OH) ₃	$1,4 \cdot 10^{-12}$
	K ₂	Fe(OH) ₂	$1,3 \cdot 10^{-4}$
HCN	$5,0 \cdot 10^{-10}$	Ba(OH) ₂	$2,3 \cdot 10^{-1}$
H ₃ BO ₃	K ₁	Cd(OH) ₂	$5,0 \cdot 10^{-3}$
H ₃ PO ₄	K ₁	Co(OH) ₂	$4,0 \cdot 10^{-5}$
	K ₂	Mg(OH) ₂	$2,5 \cdot 10^{-3}$
	K ₃	Mn(OH) ₂	$5,0 \cdot 10^{-4}$
HNO ₂	$4,0 \cdot 10^{-4}$	Pb(OH) ₂	$3,0 \cdot 10^{-8}$
H ₂ SO ₃	K ₁	AgOH	$5,0 \cdot 10^{-3}$
	K ₂	Be(OH) ₂	$5 \cdot 10^{-11}$
H ₂ C ₂ O ₄	K ₁	Sr(OH) ₂	$1,5 \cdot 10^{-1}$
	K ₂	Ca(OH) ₂	$4,0 \cdot 10^{-2}$
H ₃ AsO ₄	K ₁	LiOH	$6,8 \cdot 10^{-1}$
HClO	$2,9 \cdot 10^{-8}$		
HClO ₂	$1,1 \cdot 10^{-2}$		
HJO ₃	$2,3 \cdot 10^{-11}$		

Приложение В

(обязательное)

Свойства некоторых кислот и оснований

Таблица В.1 - Константы диссоциации (K_d) кислот и оснований

Кислота	K_d	Основание	K_d
CH ₃ COOH	$1,75 \cdot 10^{-5}$	NH ₄ OH	$1,77 \cdot 10^{-5}$
H ₂ CO ₃	K ₁	Cu(OH) ₂	$3,4 \cdot 10^{-7}$
	K ₂	Zn(OH) ₂	$1,5 \cdot 10^{-9}$
H ₂ S	K ₁	Al(OH) ₃	$1,4 \cdot 10^{-9}$
	K ₂	Ni(OH) ₂	$2,5 \cdot 10^{-5}$
H ₂ SiO ₃	K ₁	Fe(OH) ₃	$1,4 \cdot 10^{-12}$
	K ₂	Fe(OH) ₂	$1,3 \cdot 10^{-4}$
HCN	$5,0 \cdot 10^{-10}$	Ba(OH) ₂	$2,3 \cdot 10^{-1}$
H ₃ BO ₃	K ₁	Cd(OH) ₂	$5,0 \cdot 10^{-3}$
H ₃ PO ₄	K ₁	Co(OH) ₂	$4,0 \cdot 10^{-5}$
	K ₂	Mg(OH) ₂	$2,5 \cdot 10^{-3}$
	K ₃	Mn(OH) ₂	$5,0 \cdot 10^{-4}$
HNO ₂	$4,0 \cdot 10^{-4}$	Pb(OH) ₂	$3,0 \cdot 10^{-8}$
H ₂ SO ₃	K ₁	AgOH	$5,0 \cdot 10^{-3}$
	K ₂	Be(OH) ₂	$5 \cdot 10^{-11}$
H ₂ C ₂ O ₄	K ₁	Sr(OH) ₂	$1,5 \cdot 10^{-1}$
	K ₂	Ca(OH) ₂	$4,0 \cdot 10^{-2}$
H ₃ AsO ₄	K ₁	LiOH	$6,8 \cdot 10^{-1}$
HClO	$2,9 \cdot 10^{-8}$		
HClO ₂	$1,1 \cdot 10^{-2}$		
HJO ₃	$2,3 \cdot 10^{-11}$		

Приложение Г

(обязательное)

Свойства комплексных соединений

Таблица Г.1 - Константы нестойкости некоторых комплексных ионов в водных растворах

Комплексный ион	$K_{\text{нест}}$
$[\text{AlF}_6]^{3-}$	$2 \cdot 10^{-21}$
$[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$	$1 \cdot 10^{-33}$
$[\text{AlI}_2]^-$	$2 \cdot 10^{-12}$
$[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$	$9,3 \cdot 10^{-8}$
$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$	$8 \cdot 10^{-22}$
$[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$	$1,4 \cdot 10^{-19}$
$[\text{Cd}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$	$7,3 \cdot 10^{-6}$
$[\text{CdBr}_4]^{2-}$	$2 \cdot 10^{-4}$
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$	$7,5 \cdot 10^{-6}$
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$	$3,1 \cdot 10^{-33}$
$[\text{Co}(\text{CN})_6]^{3-}$	$0,8 \cdot 10^{-19}$
$[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{2-}$	$5 \cdot 10^{-32}$
$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$2,14 \cdot 10^{-13}$
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$	$1 \cdot 10^{-42}$
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	$1 \cdot 10^{-35}$
$[\text{FeF}_6]^{3-}$	$8 \cdot 10^{-17}$
$[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{2-}$	$4 \cdot 10^{-42}$
$[\text{HgCl}_4]^{2-}$	$1,2 \cdot 10^{-15}$
$[\text{HgI}_4]^{2-}$	$1,5 \cdot 10^{-30}$
$[\text{HgBr}_4]^{2-}$	$1 \cdot 10^{-21}$
$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$	$1,86 \cdot 10^{-9}$
$[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$	$1,3 \cdot 10^{-17}$
$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$3,5 \cdot 10^{-10}$
$[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$	$1,3 \cdot 10^{-17}$
$[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$	$2,2 \cdot 10^{-15}$