

3.2. Экспериментальная часть

3.2.1. Цель работы:

Получение и свойства соединений хрома в различных степенях окисления. Изучение кислотно-основных свойств гидроксидов хрома. Изучение окислительно-восстановительных свойств соединений хрома в различных степенях окисления. Получение молибденовой и вольфрамовой кислот. Образование гетерополисоединений молибдена. Окислительно-восстановительные свойства молибдена и вольфрама в высших степенях окисления.

3.2.2. Реактивы:

Растворы: 2 М NaOH, 2 М H₂SO₄, 10% KMnO₄, 0,1 М (NH₄)₂S₂O₈, Cl_{2(aq)}, 6 М KOH, 0,1 М Na₂SO₃, 1 М HCl, HCl_(конц.), 0,1 М CrCl₃, Br_{2(aq)} (свежеприготовленный), 0,1 М K₂CrO₄, 0,1 М K₂Cr₂O₇, 0,1 М NaNO₂, (NH₄)₂S_(нас.) (свежеприготовленный), (NH₄)₂MoO_{4(нас.)}, Na₂MoO_{4(нас.)}, Na₂WO_{4(нас.)}, HNO₃ (1:1), 0,1 М Na₂HPO₄, AgNO₃
Твердые вещества: Cr, Zn, CrCl₃·6H₂O, (NH₄)₂WO₄
Жидкости: C₂H₅OH, C₆H₆

3.2.3. Оборудование:

штатив с пробирками, держатели для пробирок, газовые горелки, водяные бани, песчаные бани, центрифуги, клапаны Бунзена, pH-метры

3.2.4. Порядок выполнения эксперимента

Соединения хрома (II).

Опыт 1. Получение соединений хрома (II)

1.1. Взаимодействие хрома с соляной кислотой

Небольшое количество металлического хрома (на кончике шпателя) поместите в сухую пробирку и влейте туда ~ 2мл 2 М раствора соляной кислоты (1-2 мл). Быстро закройте пробирку клапаном Бунзена или прилейте некоторое количество бензола (чтобы образовался слой, препятствующий окислению продукта реакции атмосферным кислородом). Наблюдайте за растворением хрома. Получившийся раствор используйте для следующих опытов.

1.2. Взаимодействие хрома (III) с цинком.

В пробирку налейте 1-2 мл раствора сульфата (хлорида) хрома (III), подкислите раствор 0,5 мл 2 М H₂SO₄, добавьте несколько гранул цинка. Опыт проводите под слоем бензола или с клапаном Бунзена. Получившийся раствор используйте для следующих опытов.

Вопросы и задания:

- 1) Опишите наблюдаемое. Отметьте цвета растворов.
- 2) Напишите уравнения реакций
- 3) Объясните, зачем при проведении реакции нужен бензол или клапан Бунзена.

Опыт 2. Получение и свойства гидроксида хрома (II)

К раствору хлорида хрома (II), полученному в опыте 1, прилейте по каплям 2 М раствор гидроксида натрия до выпадения осадка гидроксида хрома (II). Отметьте цвет осадка. Разделите получившийся осадок на три пробирки. В одну пробирку прилейте ~ 1 мл 2 М раствора серной кислоты, в другую – столько же 2 М раствора гидроксида натрия, третью пробирку оставьте на воздухе и наблюдайте за изменением цвета осадка.

Вопросы и задания:

- 1) Опишите наблюдаемое
- 2) Отметьте цвета растворов и осадков
- 3) Напишите уравнения реакций
- 4) Отметьте кислотно-основные свойства гидроксида хрома (II)

5) *Охарактеризуйте устойчивость гидроксида хрома (II)*

Свойства соединений хрома (III)

Опыт 3. Получение и кислотно-основные свойства гидроксида хрома (III)

К 1 мл 0,1 М раствора хлорида хрома (III) добавьте по каплям 0,1 М раствор щелочи до выпадения осадка гидроксида хрома (III). Отметьте цвет осадка.

Полученный осадок разделите на две пробирки, отцентрифугируйте и декантируйте. В первую пробирку добавьте по каплям 2 М раствор серной кислоты, во вторую – 6 М раствор щелочи до полного растворения осадка.

Вопросы и задания:

- 1) *Опишите наблюдаемое*
- 2) *Отметьте цвета растворов и осадков*
- 3) *Напишите уравнения реакций*
- 4) *Отметьте кислотно-основные свойства гидроксида хрома (III)*

Опыт 4. Окислительно-восстановительные свойства соединений хрома (III)

К раствору гидроксохромата (III), полученного в предыдущем опыте при растворении $\text{Cr}(\text{OH})_3$ в щелочи, добавьте несколько капель свежеприготовленной бромной воды. Нагрейте пробирку на водяной бане и наблюдайте за изменением цвета раствора.

Вопросы и задания:

- 1) *Опишите изменение цвета раствора до и после реакции.*
- 2) *Напишите уравнение реакции.*
- 3) *В реакциях укажите окислитель и восстановитель*

Опыт 5. Гидролиз солей хрома (III)

5.1. Гидролиз растворимых солей хрома (III)

Небольшое количество сухой соли CrCl_3 (на кончике шпателя) растворите в 50 мл дистиллированной воды и с помощью рН-метра измерьте рН раствора.

5.2. Необратимый гидролиз

Налейте в две пробирки по 1 мл 0,1 раствора соли хрома (III). В первую пробирку прилейте несколько капель 0,1 М раствора Na_2CO_3 , во вторую — несколько капель насыщенного раствора сульфида аммония. Наблюдайте выпадение осадков.

Вопросы и задания:

- 1) *Отметьте цвета растворов и осадков*
- 2) *Напишите уравнение реакций гидролиза и укажите состав осадка*

Опыт 6. Гидратная изомерия солей хрома (III)

Поместите в две сухие пробирки кристаллы соли $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Обратите внимание на цвет кристаллов. В первую прилейте дистиллированной воды и отметьте цвет раствора. Нагрейте раствор на водяной бане. Наблюдайте изменение цвета раствора.

Другую пробирку с кристаллогидратом хлорида хрома нагрейте на пламени горелки.

Наблюдайте изменение окраски.

Вопросы и задания:

- 1) *Опишите наблюдаемое*
- 2) *Отметьте цвета растворов и сухой соли*
- 3) *Напишите формулы комплексных катионов хрома в зависимости от окраски растворов.*

Соединения хрома (VI)

Опыт 7. Равновесие дихромат \leftrightarrow хромат

К 1 М раствору хромата калия добавьте несколько капель 1 М серной кислоты, а к 0,5 М раствору дихромата калия – несколько капель 1 М гидроксида калия. Наблюдайте за изменением цвета растворов в пробирках.

Вопросы и задания:

- 1) *Опишите наблюдаемое*
- 2) *Отметьте изменение цвета растворов*
- 3) *Объясните изменение цвета растворов хромата при прибавлении кислоты и дихромата при прибавлении щелочи.*

Опыт 8. Образование малорастворимого монохромата серебра.

Возьмите две пробирки. В одну налейте 0,5 мл 1 М раствора хромата калия, а в другую 0,5 мл 0,5 М раствора дихромата калия. Затем в обе пробирки прилейте 1-2 капли раствора нитрата серебра. Обратите внимание на цвет осадков.

Вопросы и задания:

- 1) *Опишите наблюдаемое*
- 2) *Напишите уравнения реакций*
- 3) *Отметьте цвет осадков в пробирках*
- 4) *Почему цвет осадков в пробирках одинаковый?*

Опыт 9. Окислительно-восстановительные свойства соединений хрома (VI)

9.1. Взаимодействия дихромата калия с нитритом натрия

К 1 мл 0,5 М раствора дихромата калия добавьте 1 мл 2 М серной кислоты и несколько кристалликов нитрита натрия. Слегка нагрейте пробирку. Наблюдайте за изменением цвета растворов.

9.2. Взаимодействия дихромата калия с сульфидом аммония

К подкисленному раствору дихромата калия добавьте несколько капель насыщенного раствора сульфида аммония.

Вопросы и задания:

- 1) *Опишите наблюдаемое*
- 2) *Напишите уравнения реакций*
- 3) *Подберите коэффициенты в реакциях методом электронно-ионного баланса*

Соединения молибдена (VI) и вольфрама (VI)

Опыт 10. Получение молибденовой кислоты

К насыщенному раствору молибдата натрия прилейте раствор азотной кислоты (1:1) до pH = 3 ÷ 4 и наблюдайте выпадение осадка молибденовой кислоты $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Вопросы и задания:

- 1) *Опишите наблюдаемое*
- 2) *Напишите уравнение реакции*
- 3) *Отметьте цвет полученного осадка молибденовой кислоты*

Опыт 11. Получение вольфрамовой кислоты

К раствору вольфрамата натрия прилейте избыток разбавленной серной кислоты. При этом выделяется объемистый осадок вольфрамовой кислоты.

Вопросы и задания:

- 1) *Опишите наблюдаемое*
- 2) *Напишите уравнение реакции*
- 3) *Отметьте цвет полученного осадка вольфрамовой кислоты*

Опыт 12. Качественная реакция на молибден (VI).

В пробирку налейте 0,5 мл насыщенного раствора молибдата аммония, добавьте 3-4 капли азотной кислоты (1:1) до полного растворения белого осадка молибденовой кислоты и добавьте 0,5 мл 0,1 М раствора гидрофосфата (или фосфата) натрия.

Вопросы и задания:

- 1) *Опишите наблюдаемое*
- 2) *Укажите цвет осадка*
- 3) *Напишите уравнение реакции*

Опыт 13. Сравнительная характеристика окислительных свойств соединений Cr(VI), Mo(VI) и W(VI)

В три пронумерованных пробирки налейте по 2 мл 2 М раствора соляной кислоты и внесите по 2-3 гранулы цинка; подождите 1-2 минуты пока во всех пробирках не начнется активное выделение водорода. Затем в первую налейте ~0,5 мл 0,5 М раствора дихромата калия, во вторую – ~0,5 мл насыщенного раствора молибдата натрия, в третью – ~0,5 мл насыщенного раствора вольфрамата натрия. Наблюдайте за изменением цвета растворов и выпадением осадков.

Вопросы и задания:

- 1) *Опишите наблюдаемое. Укажите цвета растворов и осадков.*
- 2) *Напишите уравнения реакций.*
- 3) *Укажите степени окисления хрома, молибдена и вольфрама в продуктах реакций*
- 4) *Сравните окислительные свойства соединений хрома, молибдена и вольфрама в высших степенях окисления.*

3.2.5. Что должен представить студент преподавателю для сдачи работы:

1. Описания наблюдений в выполненных опытах и пояснения к ним.
2. Ответы на вопросы к опытам.
3. Уравнения реакций с указанием цвета растворов и осадков исходных веществ и продуктов реакций. (При подборе коэффициентов в окислительно–восстановительных реакциях должен быть использован метод электронно–ионного баланса).

3.3. Задачи

- 1) Рассчитайте значение рН для а) 0,1 М раствора хлорида хрома (III); б) 0,1 М раствора сульфата хрома (III).
- 2) Определите, выпадет ли осадок, если смешать 200 мл 0,01 М раствора хромата калия и 300 мл 0,01 М раствора хлорида бария?