Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«Новгородский государственный университет

имени Ярослава Мудрого»

Институт сельского хозяйства и природных ресурсов

Кафедра фундаментальной и прикладной химии

**титан**

***Методические указания к лабораторной работе***

Великий Новгород

2013

Титан / Составители: В.П. Кузьмичёва, В.А. Исаков – НовГУ, Великий Новгород, 2013 г. – 8 с.

Методические указания предназначены для изучения дисциплины «Неорганическая химия»

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ВВЕДЕНИЕ | | 4 |
| 1 | ЦЕЛЬ РАБОТЫ | 4 |
| 2 | ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ | 4 |
|  | 2.1 Простые вещества | 4 |
|  | 2.2 Кислородсодержащие соединения | 4 |
| 3 | ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ | 5 |
| 4 | ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ | 6 |
|  | 4.1 Свойства титана | 6 |
|  | 4.2 Соединения титана (IV) | 6 |
|  | 4.3 Соединения титана (III) | 7 |
| 5 | ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА | 7 |
| 6 | ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ | 7 |
| ЛИТЕРАТУРА | | 8 |

**ВВЕДЕНИЕ**

*Элементы* титан Ti, цирконий Zr и гафний Hf, а также искусственно полученный радиоактивный элемент резерфордий Rf составляют IVB-группу Периодической системы Д.И. Менделеева. Об­щая электронная формула валентного уровня их атомов *(n - 1)d2ns2,*характерная степень окисления +IV. Для соединений циркония и гафния это практически единственное состояние, а титан проявляет также степени окисления +II и +III.

**1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Ознакомиться с химическими свойствами простых веществ и соединений титана.

**2 ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

**2.1 Простые вещества**

*Простые вещества* титан, цирконий и гафний – тугоплавкие, коррозионно-стойкие металлы. Титан реагирует с кислотами-неокислителями в растворе с выделением водорода и образованием производных титана(III). Все три металла взаимодействуют с фтороводородной кислотой, превращаясь в комплексы (в случае титана образуется H3[TiF6], цирконий и гафний переходят в Н2[ЭF6]). При сплавлении со щелочами на воздухе эти металлы образуют двойные оксиды МI и ЭIV (М2Э)О3, а титан в сильнощелочной среде взаимодействует с водой с выделением водорода и образованием в растворе ортотитанат-иона ТiO44-.

При реакции с галогенами металлы IVB-группы образуют смесь продуктов с различными степенями окисления элемента. Галогениды титана, циркония и гафния в высшей степени окисления являются ковалентными соединениями, которые подвергаются необратимому гидролизу.

**2.2 Кислородсодержащие соединения**

*Оксиды ЭО2* – термически устойчивые вещества, которые можно перевести в раствор либо действием HF, либо сплавлением со щелочами, карбонатами и дисульфатами. Из водного раствора могут быть осаждены ТiO(ОН)2·2Н2О и полигидраты оксидов циркония и гафния состава ЭО2·nН2О; последние при небольшом нагревании переходят в ЭО(ОН)2. Все гидроксиды амфотерны с пре­обладанием основных свойств, возрастающих от титана к гафнию.

Состав катионов и анионов титана(IV), циркония(IV) и гафния(IV), образующихся в растворах, очень сложен и зависит от условий растворения. Считается, что титан находится преимущественно в виде ионов   
[Ti(H2O)6-n(OH)n](4-n)+ *(n =* 2 - 4). При повышении щелочности среды эти ионы подвергаются поликонденсации с образованием мостиковых структур, включающих бидентатные лиганды ОН- и О2-. Цирконий и гафний в кислотной среде при­сутствуют в виде ионов [Э4(Н2О)16(ОН)8]8+, которые при добавле­нии щелочи переходят в гидроксиды ЭО(ОН)2. Простые катионные аквакомплексы элементов IVB -группы в степени окисления +IV не существуют, так как они в высшей степени подвержены гидролизу. Так, из водного раствора кристаллизуется дигидроксид-сульфат титана TiSO4(OH)2;сульфат состава Ti(SO4)2 можно по­лучить только в неводной среде. Хлорид циркония(IV), подверга­ясь гидролизу, осаждается в виде ZrCl2O·8Н2О или, точнее,   
[Zr4(H2O)16(OH)8]Cl8·12Н2О. Нитрат гафния(IV) фактически имеет состав [Hf(Н2О)4(NO3)2(ОН)2].

Элементы IVB-группы в высшей степени окисления – хорошие комплексообразователи, причем координационное число циркония и гафния может достигать 7 и 8. Данные элементы образуют ацидокомплексы с органическими лигандами (например с оксалат-ионом) и пероксокомплексы, имеющие характерную окраску: гель надтитановой кислоты H4TiO5 имеет красно-коричневый цвет; в щелочной среде возможна полная замена гидроксид-ионов в титанов кислоте на пероксидные с образованием аниона [Ti(O2)4]4- красного цвета.

В степени окисления +III титан образует амфотерные оксид Ti2O3 и гидроксид Тi(ОН)3 (с преобладанием основных свойств). При нагревании Тi2О3 подвергается дисмутации до TiO и ТiO2. Гидроксид титана(III) под действием кислот-неокислителей переходит в раствор в виде [Тi(Н2О)6]3+. Катион гексаакватитана(III) может быть получен также восстановлением производных титана(IV) цинком в кислотной среде. Соединения титана(III) – сильные восстановители; они восстанавливают даже сульфит-ион (до серы) и гидроксиламин (до аммиака).

**3 ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ**

Следует аккуратно работать с реактивами: внимательно читать этикетки, держать склянки с растворами закрытыми, не путать пробки, не выливать обратно в склянки неиспользованные растворы реактивов. Строго соблюдать рекомендации по проведению опытов.

Опыты с концентрированными растворами кислот и щелочей проводить только в вытяжном шкафу. Остатки кислот и щелочей сливать в специальную емкость.

При нагревании растворов в пробирке пользоваться держателем и всегда держать пробирку так, чтобы её отверстие было направлено в сторону от работающего и его соседей по рабочему столу.

**4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

**4.1 Свойства титана**

*Действие кислот.* Налейте в две пробирки по 2-3 мл разбавленных растворов серной и соляной кислот и добавьте немного порошка титана. Что наблюдаете? Нагрейте пробирки с растворами кислот. Что изменилось?

В две пробирки из прозрачной пластмассы налейте по 2-3 мл концентри­рованной плавиковой кислоты (*наденьте перчатки и защитные очки*! *Опыт проводить в вытяжном шкафу и в присутствии преподавателя*!), в другую – концентрированную соляную кислоту. Внесите в пробирки немного металличе­ского титана. Что наблюдаете? Напишите уравнения реакций. Объясните разную окраску получаемых растворов.

*Депассивация титана в присутствии фторид-ионов.* На порошок титана подействуйте разбавленной уксусной кислотой. Что наблюдаете? Добавьте в пробирку немного фторида аммония. Что изменилось? Напишите уравнения реакций. Объясните наблюдаемые явления.

**4.2** **Соединения титана (IV)**

***Титановая кислота.***К 10 мл солянокислого раствора тетрахлорида титана, охлаждаемого в бане со льдом, прилейте при постоянном перемешивании 10%-ный раствор аммиака до полноты осаждения титановой кислоты. Дайте осадку отстояться, слейте с него раствор и промойте несколько раз водой методом декантации.

Испытайте отношение титановой кислоты к 10%-ным растворам кислот и щелочи. Небольшое количество титановой кислоты взболтайте в пробирке с водой и прокипятите. Слейте воду и снова испытайте отношение титановой кислоты к кислотам и щелочи. Как и почему изменилась реакционная способ­ность титановой кислоты?

Часть титановой кислоты поместите в маленький тигель, высушите в су­шильном шкафу, а затем прокалите. Что получается? Как изменяется цвет пре­парата при прокаливании? Восстанавливается ли прежняя окраска после охлаж­дения?

Напишите уравнения реакций. Какие гидраты называются а- и р-титановыми кислотами, как они получаются и какими обладают свойствами? Как, исходя из оксида титана (IV), получить титанат калия и сульфат титанила? Сопоставьте свойства гидроксидов титана (IV), циркония(IV) и гафния(IV).

***Пероксидные соединения титана.*** К 1-2 мл солянокислого раствора тетрахлорида титана прибавьте несколько капель 3%-ного раствора пероксида водорода. Что наблюдаете? Добавьте избыток щелочи. Что произошло? Напишите уравнение реакции. Каков состав пероксидных соединений титана в кислой и щелочной средах?

**4.3 Соединения титана(Ш)**

***Получение раствора сульфата титана(III).*** Налейте в пробирку 3 мл подкисленного раствора сульфата титанила, прилейте 1-2 мл 10%-ного раствора серной кислоты и положите 1-2 кусочка цинка. Как меняется окраска раствора? Напишите уравнение реакции. Используя теорию кристаллического поля, объясните, почему соединения титана (III) окрашены, а титана(IV) бесцветны.

***Свойства соединений титана(III).***

1. В две пробирки налейте по 1 мл раствора сульфата титана (III), получен­ного в предыдущем опыте. Одну пробирку оставьте на воздухе. Что наблюдаете? В другую пробирку добавьте несколько капель раствора перманганата калия. Что происходит? Напишите уравнения реакций.
2. Оставшийся раствор сульфата титана (III) слейте с цинка в третью про­бирку и быстро прилейте к нему 10%-ный раствор гидроксида натрия. Что наблюдаете?
3. Испытайте отношение гидроксида титана (III) к кислороду воздуха, а также к 10%-ному раствору кислоты и избытку щелочи. Напишите уравнения реакций. Какими свойствами обладают соединения титана (III)? Почему соли титана (III) гидролизуются в меньшей степени, чем соли титана(IV)?

**5 ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА**

Отчет должен быть оформлен в соответствии с общими требованиями к текстовым документам (СТО 1.701-2010).

По каждому опыту необходимо описать наблюдаемые явления и сделать теоретическое объяснение в выводе.

Уравнения реакций должны быть составлены в молекулярном и ионном виде (коэффициенты в уравнениях ОВР расставляйте с помощью метода ионно-электронного баланса).

**6 ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. С какими простыми веществами взаимодействуют элементы подгруппы титана?

2. Как изменяются кислотно-основные свойства ЭО2 (Э – Ti, Zr, Hf)?

3. Можно ли восстановить Ti (IV) в Ti (III) с помощью реакций с Cd, Zn, CrCl2, SnCl2, NH2OH, N2H4? Напишите уравнения соответствующих реакций.

4. Как изменяются кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства в ряду Ti(OH)2 – Ti(OH)3 – Ti(OH)4? Приведите примеры, подтверждающие соответствующие свойства.

5. Какое из двух соединений имеет более высокую степень гидролиза: TiCl2 или TiCl4; TiCl4 или ZrCl4; TiOSO4 или ZrOSO4?

6. Напишите уравнения следующих реакций. Для окислительно-восстановительных процессов в растворах напишите электронно-ионные уравнения полуреакций:

1) TiO2 + Na2CO3 

2) TiOSO4 + Zn + H2SO4 →

3) Ti(OH)3 + O2 + H2O →

4) H2TiCl6 + NH4Cl →

5) H2TiCl6 + H2O2 →

6) Э + HF + HNO3 → где Э = Ti, Zr, Hf

7) TiCl3 + FeCl3 →

8) TiCl3 + K2Cr2O7 + HClразб →

9) TiCl3 + O2 + H2O →

10) Ti2(SO4)3 + KMnO4 + H2SO4 →

7. В результате взаимодействия каких соединений образовались следующие продукты? Напишите уравнения следующих реакций. Для окислительно-восстановительных процессов в растворах напишите электронно-ионные уравнения полуреакций:

1) …→ H2TiCl6

2) …→ TiOSO4 + MnSO4 + K2SO4 + H2SO4

8. Напишите уравнения реакций следующих превращений. Укажите условия их проведения. Для осуществления каждого превращения используйте минимальное число стадий. Для окислительно-восстановительных процессов в растворах напишите электронно-ионные уравнения полуреакций:

1) K2TiO3 → TiO2 → TiCl4 → H2TiCl6 →TiOCl2­ → TiO2Cl2

2) Ti → H2TiCl6 → x → TiOSO4 → Ti(OH)3

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Ахметов, Н.С. Общая и неорганическая химия: Учеб.для вузов / Н. С. Ахметов. – 7-е изд.,стер. – М.: Высшая школа, 2008. – 742 с.
2. Ахметов, Н.С. Лабораторные и семинарские занятия по общей и неорганической химии: Учеб.пособие для студентов ун-тов,хим.-технол.и пед.вузов / Н. С. Ахметов, М. К. Азизова, Л. И. Бадыгин. – 5-е изд.,испр. – М.: Высшая школа, 2003 (2002). – 366 с.
3. Гельфман, М.И. Неорганическая химия: Учеб.для вузов / М. И. Гельфман, В. П. Юстратов. – 2-е изд.,стер. – СПб.: Лань, 2009. – 527 с.
4. Практикум по неорганической химии: Учебное пособие для студ. высш. уч. заведений / В.А. Алешин, К.М. Дунаев, А.И. Жиров и др; под ред. Ю.Д. Третьякова. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 384 с.