

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»**

Факультет физико-математических и естественных наук

Кафедра неорганической химии

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

на тему:

«Оксалатные комплексы переходных металлов»

Выполнила

Студентка Гурьева Александра Сергеевна

Группа НХМбд-01-22

Студенческий билет №1132226564

Руководитель аспирант Митрофанова А.В.

к.х.н. доц. Фортальнова Е.А.

г. Москва

2023 г.

Оглавление	
Введение.....	3
I Литературный обзор.....	4
1. 1 Комплексные соединения .....	4
1.1.1 Строение комплексных соединений.....	4
1.1.2 Хелатные комплексы.....	5
1.2 Щавелевая кислота и ее соли.....	5
1.2.1 Щавелевая кислота .....	5
1.2.2 Оксалатогруппа как лиганд .....	6
1.3 Получение комплексных соединений.....	6
1.3.1 Реакции замещения в водных растворах .....	7
1.3.2 Реакции окисления – восстановления.....	8
II Экспериментальная часть.....	10
2.1 $\text{Mn}(\text{K}_3[\text{C}_2\text{O}_4]_3) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .....	10
2.1.1 Получение тригидрата триоксалатоманганата(III) калия $\text{K}_3[\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .....	10
2.1.2 Определение катиона марганца(III), $\text{Mn}^{3+}$ .....	11
2.2 $\text{K}_2[\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .....	12
2.2.1 Получение дигидрата диоксалатокупрата(II) калия $\text{K}_2[\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .....	12
2.2.2 Качественная реакция катиона меди(II), $\text{Cu}^{2+}$ .....	13
2.3 $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .....	13
2.3.1 Получение тригидрата триоксалатохромата(III) калия $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .....	14
2.3.2. Качественная реакция катиона хрома(III), $\text{Cr}^{3+}$ .....	14
2.4 $\text{K}_3[\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .....	14
2.4.1 Получение тригидрата триоксалатокобальтата(III) калия $\text{K}_3[\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .....	15
2.4.2 Качественная реакция катиона кобальта(III), $\text{Co}^{3+}$ .....	16
2.5 Качественная реакция на оксалат-ион $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ .....	16
Выводы .....	18
Список литературы .....	19

## Введение

Комплексные (координационные) соединения составляют обширную группу веществ высшего порядка неорганического и органического происхождения. Они обеспечивают жизнь: гемоглобин – комплексное соединение железа – переносит кислород из лёгких в ткани, хлорофилл – комплексное соединение магния – отвечает за фотосинтез в растениях, витамин В12 – комплексное соединение кобальта и т.д. Их химия также крайне обширна и разнообразна. В частности, комплексные соединения интересны благодаря способности стабилизировать металлы в промежуточных и неустойчивых степенях окисления.

Целью работы является изучение методик синтеза оксалатных комплексов различных переходных металлов, синтез в лабораторных условиях, а также анализ полученных соединений и доказательство точности синтеза.

## I Литературный обзор

### 1. 1 Комплексные соединения

Координационные, или комплексные, соединения – оба термина как синонимы используют для обозначения молекулярных производных металлов, где центральный атом окружен лигандами, однако однозначной трактовки этих понятий не существует. Согласно рекомендациям ИЮПАК (2005 г.), комплексное (координационное) соединение содержит частицу, в которой к центральному атому или иону присоединены атомы или группы атомов, называемые лигандами [1].

#### 1.1.1 Строение комплексных соединений.

Центральный атом комплексной частицы, как правило, представлен переходным металлом в неотрицательной степени окисления, который выступает в роли акцептора электронов. Лигандом может быть нейтральная или заряженная частица, способная выступать донором электронов. Совокупность центрального атома и лигандов называется координационной сферой. Атомы или ионы, не входящие в координационную сферу, образуют внешнюю сферу комплексного соединения [1].

По отсутствию или наличию циклов (замкнутых групп) в составе комплексных соединений различают простые и циклические комплексные соединения. Комплексы, которые содержат лиганды, занимающие одно координационное место, являются простыми. Полидентатные лиганды, связывающиеся с одним и тем же центральным атомом несколькими связями, дают циклические комплексы. Примером может служить оксалатный комплекс железа (рис.1) [2].

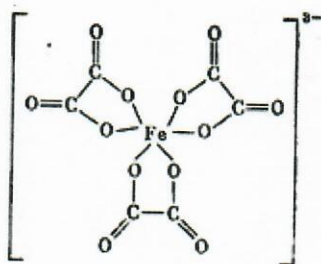


Рисунок 1. Оксалатный комплекс железа(III)

### 1.1.2 Хелатные комплексы

Хелаты (клешневидные соединения, хелатные соединения) (от греч. *chele* – клешня) – координационные соединения, в которых центральный атом (или ион) связан одновременно с двумя или более донорными атомами лиганда, в результате чего замыкается один или несколько гетероциклов. Лиганды, образующие хелатные циклы, называются хелатирующими (хелатообразующими) реагентами, они должны быть по крайней мере бидентатными. Замыкание хелатного цикла такими лигандами называется хелатированием или хелатообразованием. Способность координировать лиганды присуща металлам всех степеней окисления. Хелатирующие реагенты содержат два основных типа электронодонорных центров: А – группы, содержащие подвижный протон, например –COOH, –OH, –SO<sub>3</sub>H, при их координации к центральному иону возможно замещение протона; Б – нейтральные электронодонорные. Хелаты, в которых при замыкании хелатного цикла лиганд использует протон-содержащую и нейтральную электронодонорные группы и формально связан с центральным атомом ковалентной и донорно-акцепторной связью, называют внутрикислотными соединениями (внутренние комплексные соли), например, ацетилацетонаты [3].

## 1.2 Щавелевая кислота и ее соли

### 1.2.1 Щавелевая кислота

Щавелевая кислота (этандиовая кислота) HOOC — COOH – бесцветные гигроскопичные кристаллы; существует в двух модификациях: α-форма, решетка ромбическая бипирамидальная, и β-форма, решетка моноклиная. Образует дигидрат, бесцветные моноклинные кристаллы. Щавелевая кислота обладает химическими свойствами, характерными для карбоновых кислот, образуя два ряда производных. Соли и эфиры щавелевой кислоты называются оксалатами. Известны молекулярные соединения щавелевой кислоты с кислыми оксалатами и комплексные соединения оксалатов с переходными металлами, например K<sub>2</sub>[Fe(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>2</sub>] [4].

### 1.2.2 Оксалатогруппа как лиганд

Оксалатогруппа часто входит в состав комплексных соединений. В комплексных оксалатах, в которых оксалатогруппа занимает два координационных места около катиона М (металла-комплексобразователя), связи СО уже неравноценны: две связи СО, кислородные атомы которых связаны непосредственно с катионом М, приближаются к одинарным связям, тогда как две другие связи СО, непосредственно не участвующие в комплексообразовании, приближаются к двойным связям. Предельный случай такой структуры можно схематически представить в виде (рис.2) [5]:

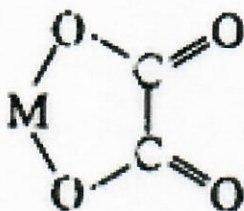


Рисунок 2. Строение лиганда  $C_2O_4^{2-}$

### 1.3 Получение комплексных соединений

Для удобства координационные соединения металлов делят на две группы: 1) вернеровские комплексы и 2) карбонилы металлов и металлоорганические соединения. По этой классификации все комплексы, не имеющие связи металл – углерод, а также все цианиды металлов попадают в первую группу. Комплексы этой группы часто используют при качественном анализе ионов металлов [6].

Вторая группа включает соединения, молекула которых содержит по крайней мере одну связь металл – углерод. В отличие от соединений первой группы, которые имеют обычные для солей свойства, члены второй группы в основном являются веществами с ковалентными связями. Так, они растворяются в неполярных растворителях и имеют сравнительно низкие температуры плавления и кипения. В этот класс включены карбонилы металлов и другие комплексы, имеющие связь металл – углерод, металлоорганические соединения.

Для получения комплексов металлов можно применять различные, но взаимосвязанные экспериментальные методы. Выбор метода зависит от рассматриваемой системы, и не все методы могут быть использованы для синтеза того или иного соединения. Найти реакцию, по которой можно получить нужное соединение с хорошим выходом, – только начало. Далее нужно найти подходящий способ выделения продукта из реакционной смеси. С этой целью для соединений первой группы обычно применяют кристаллизацию. Среди большого числа пригодных методик наиболее часто используют следующие:

1. Выпаривание растворителя и охлаждение концентрированной реакционной смеси в бане со льдом и солью. Добавление кристаллика получаемого соединения в качестве затравки и трение палочкой о внутреннюю стенку стакана ниже уровня жидкости часто помогают вызвать кристаллизацию.

2. Медленное добавление растворителя, смешивающегося с растворителем реакционной смеси, но не растворяющего соединения. Чтобы вызвать осаждение продукта из смеси растворителей, в которой он нерастворим, можно использовать охлаждение, трение палочкой, добавление затравки.

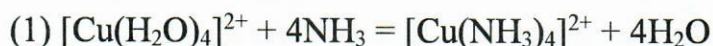
3. Если получаемый комплекс – катион, то его можно выделить добавлением соответствующего аниона, с которым он образует нерастворимую соль. Для осаждения анионного комплекса в реакционную смесь можно добавить подходящий катион.

Соединения второй группы иногда также можно выделить теми же методами. Кроме того, их можно собрать и очистить перегонкой, возгонкой и хроматографически [6].

### 1.3.1 Реакции замещения в водных растворах

Реакции замещения в водном растворе, несомненно, наиболее обычный способ синтеза комплексов металлов. Метод основан на реакции взаимодействия соли металла в водном растворе с координируемым агентом.

Например, комплекс  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$  легко можно получить действием избытка  $\text{NH}_3$  на водный раствор  $\text{CuSO}_4$  (1).



Голубой

Темно-синий

Координированные молекулы воды мгновенно замещаются молекулами аммиака при комнатной температуре, на что указывает изменение окраски раствора из голубой в темно-синюю. Темно-синяя соль выкристаллизовывается из реакционной смеси при добавлении этилового спирта [6].

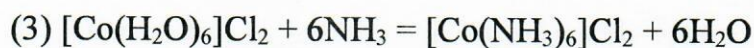
### 1.3.2 Реакции окисления – восстановления

Получение многих комплексов металлов часто сопровождается реакцией окисления – восстановления. Для комплексов кобальта(III) исходным продуктом почти всегда служит какая-либо соль кобальта(II), так как это обычная степень окисления кобальта в его простых солях. Соединения кобальта со степенью окисления +3 устойчивы, только если кобальт координирует какие-либо лиганды. Кроме того, удобно исходить из солей кобальта(II) потому, что комплексы  $\text{Co}(\text{II})$  претерпевают реакции замещения очень быстро, в то время как реакции комплексов  $\text{Co}(\text{III})$  идут очень медленно. Таким образом, получение комплексов  $\text{Co}(\text{III})$  осуществляют через быстро идущую реакцию между  $\text{Co}(\text{II})$  и лигандом с образованием комплекса  $\text{Co}(\text{II})$ , который затем окисляют в соответствующий комплекс  $\text{Co}(\text{III})$  (2-4):



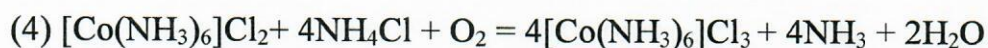
Бледно-розовый

Оранжевый



Бледно-розовый

Розовый



Розовый

Оранжевый

Несмотря на то что кислород воздуха обычно применяют для получения комплексов  $\text{Co}(\text{III})$ , могут быть использованы и другие окислители. Многие из них в состоянии окислить  $\text{Co}(\text{II})$  в  $\text{Co}(\text{III})$  в присутствии подходящих лигандов;



однако не все они удобны для применения. Подходящими окислителями являются те, продукты восстановления которых не растворимы в воде и их можно отделить фильтрованием. Примерами являются  $PbO_2$ , который восстанавливается до  $Pb^{2+}$ , отделяемый в виде нерастворимого  $PbCl_2$ , и  $SeO_2$ , который дает при восстановлении нерастворимый селен [6].

## II Экспериментальная часть.

Ход работы.

Посуда и оборудование, использовавшиеся в ходе синтеза: стакан химический стеклянный, мерный цилиндр, пипетка, воронка, фильтровальная бумага, воронка Бюхнера, колба Бунзена, бюкс, шпатель, стеклянная палочка, выпарительная чашка.

Помимо этого, проводилось выпаривание на водяной бане и перемешивание смеси с использованием магнитной мешалки.

Реактивы:

1 синтез:  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 15.75 г,  $\text{KMnO}_4$  – 3.95 г,  $\text{K}_2\text{CO}_3$  – 3.45 г,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  – 75 мл.

2 синтез:  $\text{Cu}(\text{SO}_4)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  – 12.5 г,  $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  – 36.8 г,

3 синтез:  $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  – 3 г,  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 7 г,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  – 2.5 г

4 синтез:  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 6.3 г,  $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  – 18.4 г,  $\text{CoCO}_3$  – 6 г,  $\text{PbO}_2$  – 15 г,  $\text{CH}_3\text{COOH}_{(50\%)}$  – 12.5 мл,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  – 125 мл.

2.1  $\text{Mn}(\text{K}_3[\text{C}_2\text{O}_4]_3) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Кристаллы комплекса  $\text{K}_3[\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  темного красно-фиолетового цвета; в темноте при  $200^\circ\text{C}$  устойчивы продолжительное время. В очень разбавленных растворах красно-фиолетовый цвет комплекса переходит в желтовато-коричневый вследствие практически мгновенной замены одного оксалатного лиганда на две молекулы воды, что является свидетельством лабильности комплекса:



2.1.1 Получение тригидрата триоксалатоманганата(III) калия  $\text{K}_3[\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

15.75 г щавелевой кислоты растворили в 150 мл воды в стакане емкостью 250 мл, раствор нагрели на водяной бане до  $70 - 75^\circ\text{C}$ . Всыпали небольшими порциями при перемешивании 3.15 г растертого перманганата калия, перемешивали реакцию смесь до обесцвечивания, затем добавили небольшими порциями 3.45 г  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . После этого смесь охладил при

энергичном перемешивании до 4 – 5°C. Все дальнейшие операции проводили в затемненном стакане. Соль окисляли до образования трехвалентного марганца постепенным прибавлением 0.8 г растертого перманганата калия при перемешивании раствора в течение 10 мин (0 – 2°C). К вишнево-красному раствору добавили половинный объем охлажденного льдом спирта и оставили на 2 ч для кристаллизации в охлаждающей смеси льда с поваренной солью. Выделившееся соединение быстро отфильтровали с помощью стеклянного фильтра, хорошо промыли охлажденным спиртом и эфиром. Полученные темно-красно-фиолетовые кристаллы высушили в затемненном эксикаторе над P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (рис. 3). Хранили в темных банках. Чистые препараты без доступа света устойчивы при 20°C и ниже в течение продолжительного времени.

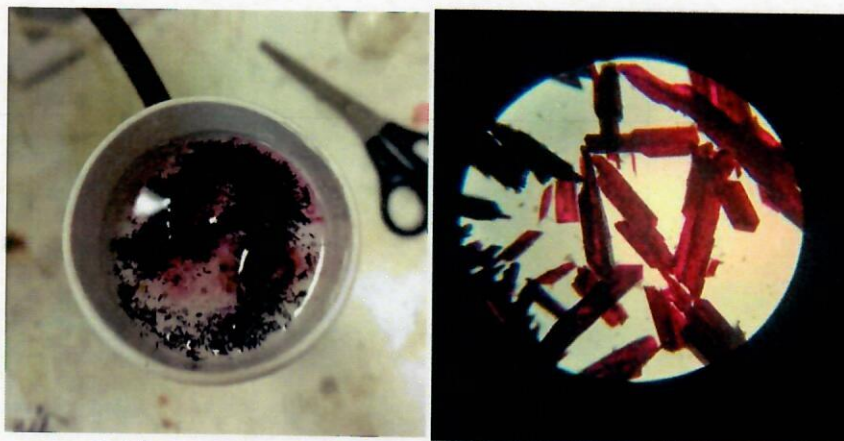
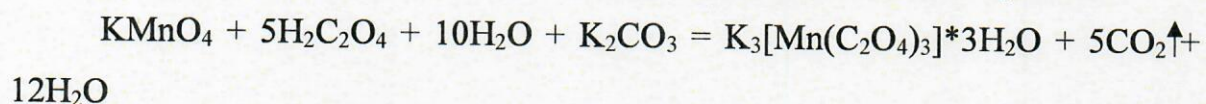


Рисунок 3. Кристаллы  $\text{K}_3[\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

### 2.1.2 Определение катиона марганца(III), $\text{Mn}^{3+}$

Реакция разложения кристаллов на свету.  $\text{Mn}^{3+}$  неустойчив к действию света, разлагается на оксалаты калия и марганца(II) с выделением углекислого газа.

Несколько кристаллов триоксалатоманганата(III) калия оставили на свету на сутки. Темно-розовые кристаллы стали белого цвета (рис.4).

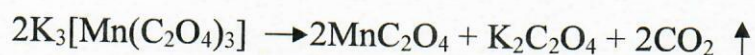


Рисунок 4. Разложение кристаллов  $\text{K}_3[\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]$

## 2.2 $\text{K}_2[\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Ярко-голубые кристаллы, растворимое в теплой воде вещество. В растворе медленно разлагается до  $\text{CuC}_2\text{O}_4$  (осадок); разложение ускоряют сильные кислоты. Очень слабо растворяется в органических растворителях. Свыше  $150^\circ\text{C}$  быстро теряет воду; при  $260^\circ\text{C}$  полностью разлагается [10].

### 2.2.1 Получение дигидрата диоксалатокупрата(II) калия $\text{K}_2[\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Раствор 12.5 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  в 25 мл воды нагревали до  $90^\circ\text{C}$  и при интенсивном перемешивании быстро добавляли в нагретый же до  $90^\circ\text{C}$  раствор 36.8 г  $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  в 100 мл воды. Смесь охлаждали на водяной бане до  $10^\circ\text{C}$ . Образовавшийся осадок отфильтровали, тотчас же промыли 25 мл холодной воды и сушили в течение 12 ч в печи при  $50^\circ\text{C}$  (рис. 5).

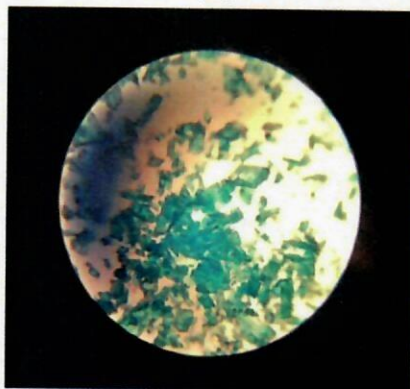
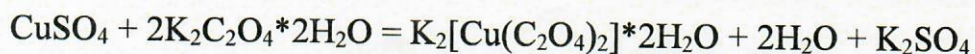
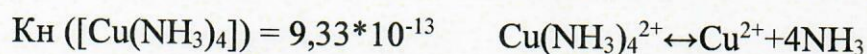
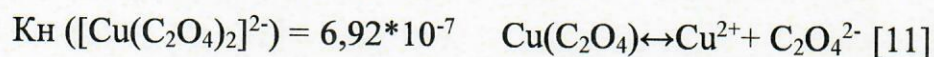


Рисунок 5. Кристаллы  $\text{K}_2[\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

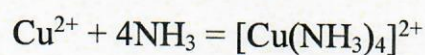
### 2.2.2 Качественная реакция катиона меди(II), $\text{Cu}^{2+}$

Реакция с раствором аммиака. Катионы  $\text{Cu}^{2+}$  с избытком концентрированного раствора аммиака образуют комплексное соединение - аммиакат меди, окрашенный в ярко-синий цвет:  $\text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3 = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$

В пробирке растворили несколько кристаллов диоксалатocupрата(II) калия, добавили несколько капель водного раствора аммиака. Светло-голубое окрашивание сменилось на ярко-синее.



Т.к. константа нестойкости аммиачного комплекса меньше, чем оксалатного, то оксалатocupрат(II) разрушается и образуется комплекс тетрааммиаката меди (рис. 6).



Ярко-синий

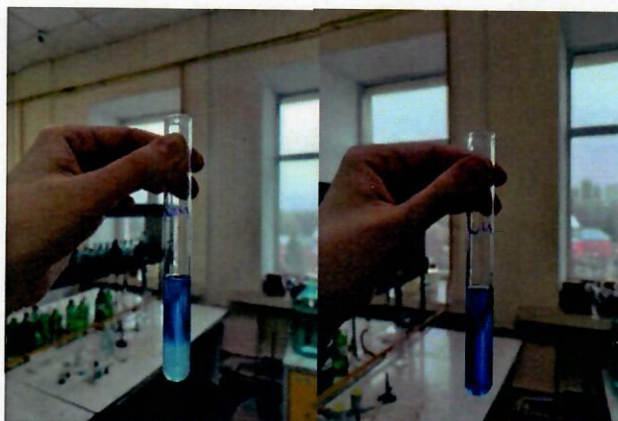


Рисунок 6. Образование аммиачного комплекса меди(II)

### 2.3 $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Темно-зеленые кристаллы в форме моноклинных призм, хорошо растворимые в воде; начинает терять воду при  $35^\circ\text{C}$  и полностью обезвоживается при  $105^\circ\text{C}$ . Дальнейшее разложение начинается при  $345^\circ\text{C}$ .

### 2.3.1 Получение тригидрата триоксалатохромата(III) калия $K_3[Cr(C_2O_4)_3] \cdot 3H_2O$

Растворили 3 г оксалата калия и 7 г щавелевой кислоты в 100 мл воды. К раствору добавили небольшими порциями при сильном перемешивании 2.5 г дихромата калия. По окончании реакции раствор упарили почти досуха и оставили для кристаллизации (рис. 7).

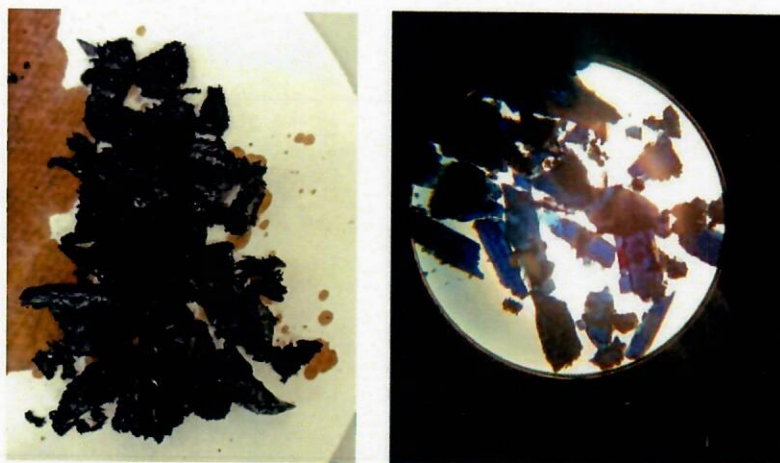
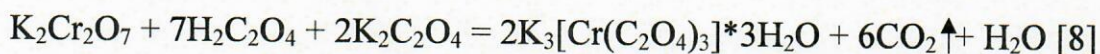
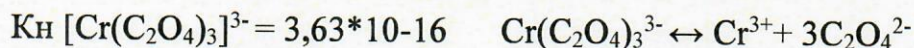
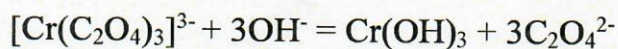


Рисунок 7. Кристаллы  $2K_3[Cr(C_2O_4)_3] \cdot 3H_2O$

### 2.3.2. Качественная реакция катиона хрома(III), $Cr^{3+}$



При добавлении щелочи оксалатный комплекс разрушается, выпадает гидроксид хрома(III), который в избытке щелочи мгновенно растворяется и переходит в гидроксокомплекс:

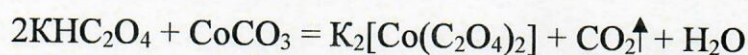


### 2.4 $K_3[Co(C_2O_4)_3] \cdot 3H_2O$

Темно-зеленый кристаллический порошок, растворимый в воде. Разлагается концентрированными кислотами, чувствителен к свету [12]. Образует достаточно устойчивый комплекс в водных растворах.

2.4.1 Получение тригидрата триоксалатокобальтата(III) калия  $K_3[Co(C_2O_4)_3] \cdot 3H_2O$

6.3 г  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$  и 18.4 г  $K_2C_2O_4 \cdot 5H_2O$  растворили в 125 мл дистиллированной воды в стакане на 250 мл. При перемешивании на магнитной мешалке маленькими порциями добавили 6 г углекислого кобальта(II). Раствор окрасился в розово-фиолетовый цвет, обильно выделялся газ.



Раствор охладили до 40°C. Продолжая перемешивание магнитной мешалкой, в раствор добавили 15 г  $PbO_2$ . С помощью пипетки в течение 15 минут постепенно добавили 12.5 мл 50%  $CH_3COOH$ . Раствор окрасился в темно-зеленый цвет (рис. 8). После полного прохождения реакции отфильтровали раствор от остатков  $PbO_2$ . К фильтрату добавили 125 мл этилового спирта для осаждения кристаллов комплекса (рис. 9).

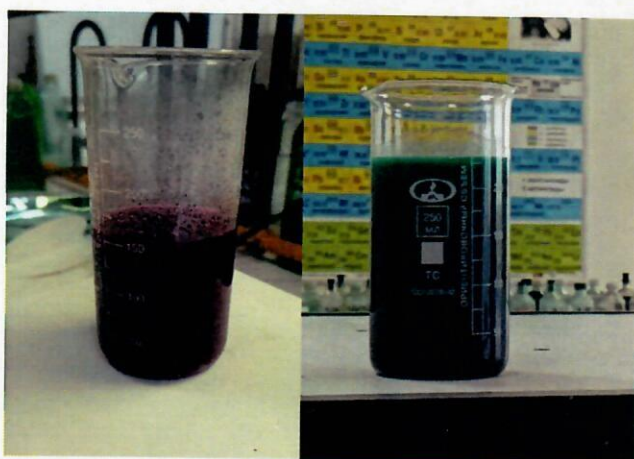
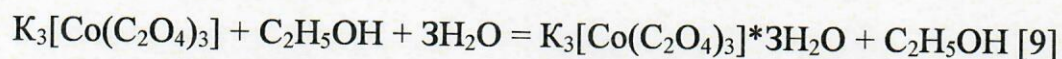
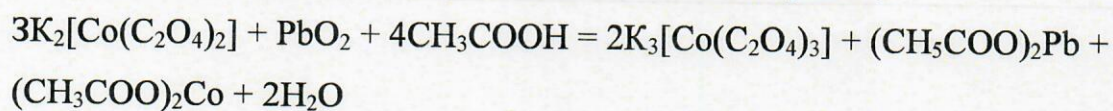


Рисунок 8. Изменение цвета раствора

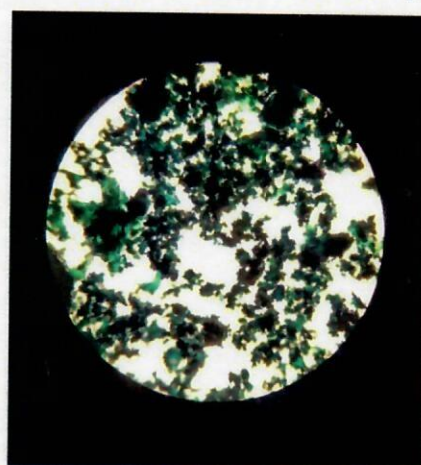


Рисунок 9. Кристаллы  $K_3[Co(C_2O_4)_3] \cdot 3H_2O$

#### 2.4.2 Качественная реакция катиона кобальта(III), $\text{Co}^{3+}$

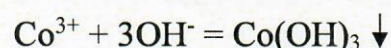
Реакция с раствором щелочи. При действии щелочей на  $\text{Co}^{3+}$  выпадает нерастворимый  $\text{Co}(\text{OH})_3$  темно-коричневого цвета.  $\text{Co}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Co}(\text{OH})_3 \downarrow$

В пробирке растворили несколько кристалликов оксалатокобальтата(III) калия, добавили несколько мл раствора  $\text{NaOH}$ . В пробирке выпал темно-коричневый осадок.

Информация о константе нестойкости  $[\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$  отсутствует.

$$\text{Pr}(\text{Co}(\text{OH})_3) = 4 \cdot 10^{-45}$$

Произведение растворимости гидроксида кобальта(III) представляет величину очень маленького порядка; так как при добавлении щелочи выпадает осадок, то можем предположить, что порядок константы нестойкости комплекса больше, чем ПР гидроксида, т.е. в растворе достаточно ионов  $\text{Co}^{3+}$ , чтобы выпал осадок. Таким образом, оксалатокобальтат разрушается и образуется осадок  $\text{Co}(\text{OH})_3$  (рис. 10).



Тёмно-коричневый

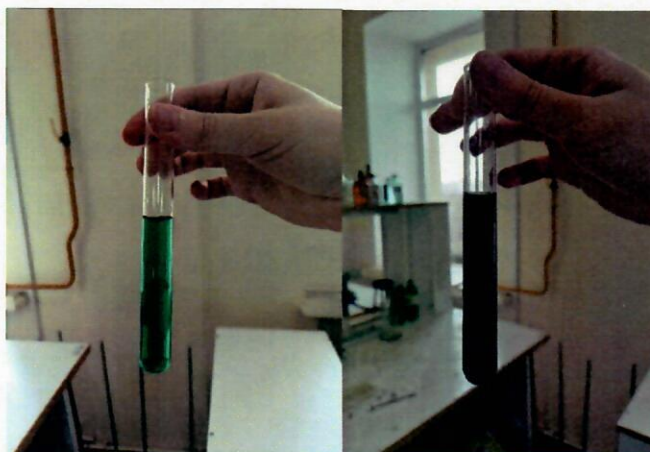
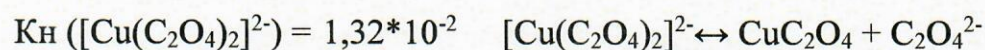


Рисунок 10. Выпадение  $\text{Co}(\text{OH})_3$ .

#### 2.5 Качественная реакция на оксалат-ион $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$

К растворам всех оксалатных комплексов добавили несколько мл  $\text{BaCl}_2$ . В некоторых выпал белый осадок  $\text{BaC}_2\text{O}_4$  (рис. 11).

$$\text{ПР}(\text{BaC}_2\text{O}_4) = 1,1 \cdot 10^{-7} \text{ [13]}$$





## Список литературы

1. Шевельков А.В., Дроздов А.А., Тамм М.Е. Неорганическая химия. Учебник; под ред. Шевелькова А.В. М.: Лаборатория знаний, 2021. 568 с.
2. Угай Я.А. Общая химия. Учебник для студентов хим. Спец. Ун-тов. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1984. 404 с.
3. Гринберг А.А., Введение в химию комплексных соединений, 3 изд., М.: 1966. 632 с.
4. XuMuK.ru [сайт]. [2023]. URL: <https://xumuk.ru/encyklopedia/2/5260.html> (дата обращения: 14.04.2023)
5. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. Учеб. для вузов. М.: Высш. шк., 2001. 615 с.
6. Басоло Ф., Джонсон Р., Химия координационных соединений, пер. с англ., М.: 1966. 196 с.
7. Chemie Mania [сайт]. [2023.] URL: <http://www.chemiemaniamania.ru/chemies-8926-1.html> (дата обращения: 11.04.2023)
8. Жиров А.И. (ред.). Практические работы по курсу Химия элементов. 2 семестр. М.: Издательство Московского Университета, 2000. 49 с.
9. Глинка Ф.Б., Ключников Н.Г. Химия комплексных соединений. Москва: Просвещение, 1967. 166 с.
10. Г. Брауэр. Руководство по неорганическому синтезу: в 6-ти томах. Т. 4. Пер. с нем./ М.: Мир, 1985. 447 с.
11. Бурькина О.В., Мальцева В.С., Фатьянова Е.А. Методическое пособие «Физико-химические характеристики органических и неорганических веществ» Курск. гос. тех. ун-т, Курск, 2008. 53 с.
12. Л. В. Бровкин, Л. Н. Ларичев. Справочник показателей качества химических реактивов. М.: Издательство «Химия», 1968. 528 с.
13. А.Е. Соколовский, Е.В. Радион. Аналитическая химия. Справочные материалы: Учебно-методическое пособие по дисциплинам «Аналитическая химия» и «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа»

для студентов химико-технологических специальностей. Мн.:  
БГТУ, 2005. 80 с.

### Выводы

В ходе выполнения работы были синтезированы оксалатные комплексы переходных металлов, в частности комплексы  $K_3[Mn(C_2O_4)_3] \cdot 3H_2O$ ,  $K_2[Cu(C_2O_4)_2] \cdot 2H_2O$ ,  $K_3[Cr(C_2O_4)_3] \cdot 3H_2O$  и  $K_3[Co(C_2O_4)_3] \cdot 3H_2O$ , исследованы их свойства, изучено строение и применение.

Также были проведены качественные реакции, подтверждающие состав синтезированных соединений.

## Список литературы

1. Шевельков А.В., Дроздов А.А., Тамм М.Е. Неорганическая химия. Учебник; под ред. Шевелькова А.В. М.: Лаборатория знаний, 2021. 568 с.
2. Угай Я.А. Общая химия. Учебник для студентов хим. Спец. Ун-тов. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1984. 404 с.
3. Гринберг А.А., Введение в химию комплексных соединений, 3 изд., М.: 1966. 632 с.
4. XuMuK.ru [сайт]. [2023]. URL: <https://xumuk.ru/encyklopedia/2/5260.html> (дата обращения: 14.04.2023)
5. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 1. Общие теоретические основы. Качественный анализ. Учеб. для вузов. М.: Высш. шк., 2001. 615 с.
6. Басоло Ф., Джонсон Р., Химия координационных соединений, пер. с англ., М.: 1966. 196 с.
7. Chemie Mania [сайт]. [2023.] URL: <http://www.chemiemaniamania.ru/chemies-8926-1.html> (дата обращения: 11.04.2023)
8. Жиров А.И. (ред.). Практические работы по курсу Химия элементов. 2 семестр. М.: Издательство Московского Университета, 2000. 49 с.
9. Глинка Ф.Б., Ключников Н.Г. Химия комплексных соединений. Москва: Просвещение, 1967. 166 с.
10. Г. Брауэр. Руководство по неорганическому синтезу: в 6-ти томах. Т. 4. Пер. с нем./ М.: Мир, 1985. 447 с.
11. Бурькина О.В., Мальцева В.С., Фатьянова Е.А. Методическое пособие «Физико-химические характеристики органических и неорганических веществ» Курск. гос. тех. ун-т, Курск, 2008. 53 с.
12. Л. В. Бровкин, Л. Н. Ларичев. Справочник показателей качества химических реактивов. М.: Издательство «Химия», 1968. 528 с.
13. А.Е. Соколовский, Е.В. Радион. Аналитическая химия. Справочные материалы: Учебно-методическое пособие по дисциплинам «Аналитическая химия» и «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа»

для студентов химико-технологических специальностей. Мн.:  
БГТУ, 2005. 80 с.