

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

В.Ф. Кострюков, А.М. Самойлов,  
Е.В. Томина, М.К. Шаров

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
ПО ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**Часть II**

*Учебное пособие для вузов*

Воронеж  
Издательский дом ВГУ  
2017

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
ГЛАВА 1. КООРДИНАЦИОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ .....	6
Лабораторная работа № 1 .....	6
Контрольные вопросы и задания .....	11
ГЛАВА 2. ВОДОРОД. ПЕРОКСИД ВОДОРОДА, КИСЛОРОД .....	13
Лабораторная работа № 2 .....	13
Лабораторная работа № 3 .....	18
Лабораторная работа № 4 .....	21
Контрольные вопросы и задания .....	23
ГЛАВА 3. МЕТАЛЛЫ ПЕРВОЙ ГРУППЫ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	
Лабораторная работа № 5 .....	26
Лабораторная работа № 6 .....	31
Контрольные вопросы и задания .....	35
ГЛАВА 4. МЕТАЛЛЫ ВТОРОЙ ГРУППЫ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	
Лабораторная работа № 7 .....	38
Лабораторная работа № 8 .....	45
Контрольные вопросы и задания .....	49
ГЛАВА 5. ЭЛЕМЕНТЫ ЧЕТВЕРТОЙ ГРУППЫ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ	
СИСТЕМЫ .....	51
Лабораторная работа № 9 .....	51
Лабораторная работа № 10 .....	55
Лабораторная работа № 11 .....	59
Лабораторная работа № 12 .....	67
Контрольные вопросы и задания .....	70
ГЛАВА 6. ЭЛЕМЕНТЫ ПЯТОЙ ГРУППЫ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ	
СИСТЕМЫ .....	72
Лабораторная работа № 13 .....	72
Лабораторная работа № 14 .....	80
Лабораторная работа № 15 .....	83
Лабораторная работа № 16 .....	90
Контрольные вопросы и задания .....	95

# ГЛАВА 1. КООРДИНАЦИОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

## Лабораторная работа № 1

### ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ

*Координационными*, или *комплексными*, называются соединения, в состав которых входят *комплексные частицы* (нейтральные молекулы или ионы), образующиеся в результате присоединения к данному иону (или атому), называемому *комплексообразователем*, нейтральных молекул или других ионов, называемых *лигандами*. Теория комплексных соединений (*координационная теория*) была разработана швейцарским химиком А. Вернером в 1893 г.

*Комплексная частица* – сложная частица, способная к самостоятельному существованию в кристалле или растворе, образованная из других, более простых частиц, также способных к самостоятельному существованию. Иногда комплексными частицами называют сложные химические частицы, все или часть связей в которых образованы по донорно-акцепторному механизму.

*Комплексообразователь* – центральный атом или ион комплексной частицы. Чаще всего комплексообразователем является атом или катион элемента с металлическими химическими свойствами. Однако в некоторых случаях неметаллы, такие как кислород, азот, сера, иод и другие, могут выступать в качестве комплексообразователей. Обычно комплексообразователь имеет положительный заряд, и в современной научной литературе именуется *металлоцентром*. Гораздо реже заряд комплексообразователя может быть также отрицательным или равным нулю.

*Лиганды*, или *адденды*, представляют собой атомы, ионы или нейтральные молекулы, располагающиеся вокруг комплексообразователя. Лигандами могут быть частицы, имеющие молекулярное строение ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$  и др.), анионы ( $\text{OH}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  и др.), а также

катион водорода  $H^+$ .

*Внутренняя сфера* комплексного соединения формируется комплексообразователем и связанными с ним лигандами.

*Внешняя сфера* комплексного соединения – остальные частицы, связанные с комплексной частицей ионной или межмолекулярными связями, включая водородные.

**Цель работы.** Получить и экспериментально закрепить знания об особенностях химических свойств координационных (комплексных) соединений.

**Приборы и реактивы.** Штатив с пробирками; набор хорошо растворимых в воде солей:  $NH_4Fe(SO_4)_2$ ,  $K_3[Fe(CN)_6]$ ,  $CdCl_2$ ,  $CuSO_4$ ,  $NiSO_4$ ,  $NiCl_2$ ,  $CoCl_2$ ,  $CoSO_4$ ,  $CrCl_3$ ,  $Cr_2(SO_4)_3$ ,  $MgSO_4$ ,  $ZnSO_4$ ,  $KI$ ,  $AgNO_3$ ; водные растворы  $NH_4OH$ ,  $NH_4CNS$ ,  $KCNS$ ,  $NH_4Cl$ ,  $(NH_2)_2CS$ ,  $SbCl_3$ ,  $Na_2S_2O_3$ ,  $NaNO_3$ ; дистиллированная вода; универсальная индикаторная бумага; стеклянная воронка; фильтровальная бумага; газовая горелка; аппарат Киппа для получения тока сероводорода.

### **Алгоритм работы.**

#### **Опыт 1. Различие между двойными солями и комплексными соединениями**

##### **Опыт 1 а. Диссоциация двойных солей в водном растворе**

**Выполнение опыта.** В две пробирки наливают 2 – 3 мл раствора железистоаммонийных квасцов  $NH_4Fe(SO_4)_2$ . В одну из пробирок добавляют несколько капель роданида аммония  $NH_4CNS$  или роданида калия  $KCNS$ , а в другую – такой же объем раствора хлорида бария.

*Объясните наблюдаемые явления. Составьте и запишите ионные и молекулярные уравнения протекающих реакций, а также уравнение электролитической диссоциации железистоаммонийных квасцов.*

##### **Опыт 1 б. Диссоциация комплексных соединений в водном растворе**

**Выполнение опыта.** В пробирку наливают 2 – 3 мл раствора  $K_3[Fe(CN)_6]$

- гексацианоферрата (III) калия и добавляют несколько капель роданида аммония  $\text{NH}_4\text{CNS}$  или роданида калия  $\text{KCNS}$ .

*Объясните наблюдаемые явления. Содержит ли раствор этой комплексной соли ионы  $\text{Fe}^{3+}$ ? Составьте и запишите ионное уравнение процесса электролитической диссоциации данного соединения.*

*В чем состоит различие процесса диссоциации в водном растворе между двойными и комплексными солями?*

### **Опыт 2. Определение атома в составе лиганда, через который лиганд координируется с комплексообразователем**

Выполнение опыта. В пробирке смешивают 2 мл 1 М раствора хлорида кадмия и равный объем 2 М раствора тиомочевина ( $\text{NH}_2$ )<sub>2</sub>CS. Наблюдают образование белых игольчатых кристаллов смешанного нейтрального комплекса (К.Ч. = 4). Отделяют кристаллы от раствора фильтрованием и нагревают их на газовой горелке. При термическом разложении этого комплекса может получиться или нитрид кадмия (черного цвета), или сульфид кадмия (желтого цвета).

*Установите цвет соединения, полученного при термическом разложении кристаллов. Определите атом, через который с кадмием координируется тиомочевина. Составьте и запишите уравнение реакций образования комплексного соединения кадмия и его разложения.*

### **Опыт 3. Получение катионных и анионных комплексных соединений**

#### **Опыт 3 а. Получение сульфата тетрааммин меди (II)**

Выполнение опыта. К 2 – 3 мл раствора сульфата меди (II) добавляют по каплям водный раствор аммиака. Наблюдают образование голубого осадка, который растворяется при дальнейшем прибавлении избытка раствора аммиака вследствие образования комплексного соединения (К.Ч. = 4).

*Отметьте цвет образовавшегося раствора. Составьте и запишите уравнения протекающих реакций в ионной и молекулярной формах.*

### **Опыт 3 б. Получение аммиачного комплекса никеля (II)**

Выполнение опыта. К раствору хлорида или сульфата никеля (II) приливают по каплям водный раствор аммиака до растворения первоначально образовавшегося осадка гидроксида никеля (II). Отмечают цвет осадка и окраску конечного раствора комплексного соединения Ni (II) (К.Ч. = 6).

*Составьте и запишите в молекулярной и ионной формах уравнения реакций получения гидроксида никеля (II) и комплексного соединения. Присутствие каких ионов в растворе определяет окраску растворов исходной соли никеля и комплексного соединения никеля?*

### **Опыт 3 в. Получение аммиачных комплексов кобальта в различных степенях окисления**

Выполнение опыта. К раствору хлорида кобальта (II)  $\text{CoCl}_2$  приливают избыток водных растворов хлорида аммония и аммиака. Наблюдают образование розовато-красного раствора комплексной соли Co (К.Ч. = 6). Раствор на воздухе постепенно меняет окраску на желтую вследствие окисления Co (II) до Co (III).

*Составьте и запишите в молекулярной и ионной формах уравнения реакций получения комплексного соединения кобальта (II) и его окисления кислородом воздуха до комплексного соединения кобальта (III).*

### **Опыт 3 г. Получение аквакомплексов и гидроксокомплексов хрома (III)**

Выполнение опыта. В две пробирки наливают 2 - 3 мл раствора соли хрома (III) и добавляют 1 М водный раствор аммиака до образования осадка гидроксида хрома (III). В одну из пробирок с осадком  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  приливают 1 М раствор серной кислоты, в другую – 2 М раствор гидроксида натрия до растворения осадка. Устанавливают окраску полученных комплексных соединений (К.Ч. = 6).

*Составьте и запишите в молекулярной и ионной формах уравнения реакций получения гидроксида хрома (III), а также комплексных соединений*

при его взаимодействии с кислотой и щелочью.

#### **Опыт 4. Изучение устойчивости комплексных ионов**

##### **Опыт 4 а. Сравнение способности образовывать комплексные соединения металлов IIА и IIВ групп**

Выполнение опыта. В две пробирки наливают по 2 мл 0,5 М раствора сульфата магния и добавляют 0,5М раствор гидроксида натрия. В первой пробирке образовавшийся осадок гидроксида магния обрабатывают избытком раствора NaOH, а во второй пробирке – 25%-ным водным раствором аммиака. Наблюдают, растворяется ли при этом осадок гидроксида магния? Проводят аналогичные опыты с 0,5 М раствором хлорида цинка. Устанавливают, какой из ионов ( $Mg^{2+}$  или  $Zn^{2+}$ ) является лучшим комплексообразователем?

*Составьте и запишите в молекулярной и ионной формах уравнения реакций получения гидроксидов магния и цинка, а также реакции получения комплексных соединений.*

##### **Опыт 4 б. Изучение устойчивости комплексных ионов серебра**

Выполнение опыта. В пробирку наливают 1 – 2 мл раствора нитрата серебра. К нему добавляют раствор иодида калия. Образовавшийся осадок иодида серебра AgI отфильтровывают и растворяют в избытке раствора тиосульфата натрия  $Na_2S_2O_3$ .

*Составьте и запишите в молекулярной и ионной формах уравнения реакций получения ацидокомплекса серебра.*

К полученному раствору комплексной соли серебра приливают немного раствора  $(NH_4)_2S$  или пропускают ток сероводорода из аппарата Киппа.

*Используя представления о произведении растворимости и константе нестойкости, объясните, почему растворяется осадок AgI и образуется осадок  $Ag_2S$ ? Составьте и запишите в молекулярной и ионной формах уравнения соответствующих реакций.*