



Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



**Кафедра биологии растений и химии**

# **ХИМИЯ**

**Лабораторный практикум**

**Лабораторная работа  
Комплексные соединения**



## Лабораторная работа Комплексные соединения

**Цель работы:** экспериментально познакомиться с методами получения комплексных соединений и изучить их свойства.

**Оборудование и материалы:** водяная баня, капельная пипетка, фильтровальная бумага, лакмусовая бумага, железный гвоздь; растворы: амилового спирта, NaOH ( $c_{\text{экв}} = 2$  моль/л), аммиака (25%-ный), сульфата никеля ( $c_{\text{экв}} = 0,5$  моль/л), сульфата меди ( $c_{\text{экв}} = 1$  моль/л), роданида аммония (насыщенный), гексациано (II) феррата калия ( $c_{\text{экв}} = 0,5$  моль/л), гексациано (III) феррата калия ( $c_{\text{экв}} = 0,5$  моль/л), хлорида бария ( $c_{\text{экв}} = 0,5$  моль/л), сульфата аммония, соли Мора, хлорида кобальта (II) ( $c_{\text{экв}} = 0,5$  моль/л), сульфата цинка ( $c_{\text{экв}} = 0,5$  моль/л), сульфата алюминия ( $c_{\text{экв}} = 0,5$  моль/л), нитрата ртути (II) йодида калия.

**Ход работы.** Комплексными называются такие соединения, в узлах кристаллических решеток которых находятся комплексные ионы, устойчивые как в твердом состоянии, так и в растворах. Комплексными ионами называются сложные ионы, в состав которых входят катионы или атомы металлов, связанные с несколькими полярными молекулами или анионами.

**Опыт 1. Получение соединения с комплексным анионом.** В пробирку внести 3–5 капель раствора нитрата ртути (II) и добавлять по каплям раствор йодида калия до полного растворения образовавшегося вначале осадка йодида ртути (II).

**Опыт 2. Получение и исследование комплексного соединения сульфата тетраминмеди (II).** Поместить в две пробирки по 10 капель раствора сульфата меди и добавить в одну из них 2 капли хлорида бария. На присутствие какого иона указывает выпавший осадок? Во вторую пробирку поместить железный гвоздь и наблюдать выделение на его поверхности красноватого налета меди.

*Образование аммиакатов меди.* Налить в пробирку 2–3 капли раствора  $\text{CuSO}_4$  и подействовать на него раствором КОН или NaOH. По каплям добавлять в пробирку концентрированный раствор аммиака. Наблюдать за растворением осадка и изменением окраски раствора вследствие образования ионов  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$ . Составить уравнение реакции и отметить цвет осадка. 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 железном гвозде? Написать уравнения всех проведенных реакций. Есть ли различие в поведении сульфата меди и комплексной соли по отношению к каждому добавленному реактиву?

**Опыт 3. Образование аммиакатов серебра.** Налить в пробирку раствор  $\text{AgNO}_3$ , чтобы жидкость покрывала дно пробирки, и добавить туда несколько капель раствора NaCl или KCl до образования белого осадка. Составить уравнение реакции. Прилить к осадку концентрированный раствор аммиака до его растворения. Составить уравнение реакции, зная, что координационное число серебра равно двум.



**Опыт 4. Гидрохсокомплексы (анионные комплексы).** В три пробирки поместить отдельно растворы солей цинка, хрома (III) и алюминия и в каждую из них добавлять по каплям раствор щелочи. Наблюдать вначале за выпадением осадков, а затем за их растворением в избытке щелочи. Написать уравнения проделанных реакций, учитывая, что образуются растворимые гидрохсокомплексы, содержащие ионы  $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ ,  $[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3+}$  и  $[\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$ . Гидроксиды цинка, хрома и алюминия растворяются также в кислотах, указать их тип.

**Опыт 5. Электролитическая диссоциация  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ .** Требуется доказать, что гексацианоферрат (III) калия (красная кровяная соль) диссоциирует на ионы калия и комплексные ионы  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ . С этой целью необходимо сопоставить свойства растворов  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Налить в пробирку 1–2 капли раствора  $\text{FeCl}_3$  и подействовать на него раствором  $\text{KOH}$  или  $\text{NaOH}$ . Написать уравнение реакции. Прodelать то же с раствором  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Почему в этом случае осадка не образуется? Таким же образом необходимо испытать растворы обоих веществ, подействовав на каждый из них раствором роданида аммония. Раствор с  $\text{FeCl}_3$  окрашивается в красный цвет, а раствор с  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  окраски не меняет. Сделать вывод.

**Опыт 6. Прочность комплексных ионов. Сравнительная устойчивость роданидного комплекса кобальта в воде и спирте.** Получить в пробирке тетрароданокобальтат (II) аммония  $(\text{NH}_4)_2[\text{Co}(\text{SCN})_4]$ , добавляя к 4–5 каплям насыщенного раствора хлорида кобальта (II) 10–12 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 – воду. Как изменяется окраска в каждой пробирке? Написать уравнения реакций: образования комплексного соединения, его диссоциации и диссоциаций комплексного иона. В воде или спирте диссоциация комплексного иона протекает полнее?

**Диссоциация двойных солей.** В трех пробирках приготовить раствор двойной соли Мора  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , добавляя в каждую по 8–10 капель воды и по одному микрошпателью соли. В одну пробирку к раствору соли Мора прилить 6–8 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 8–9 капель раствора  $\text{NaOH}$  и нагреть почти до кипения. Подержать над пробиркой лакмусовую бумажку, смоченную дистиллированной 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  $\text{Fe}^{2+}$  в растворе  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Наблюдается ли выпадение черного осадка  $\text{FeS}$ ?



## ЛИТЕРАТУРА

### Основная

1. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Н. С. Ахметов. – М.: Высш. шк., 2006. – 743. .
2. Барковский, Е. В. Аналитическая химия: Учеб. пособие/ Е. В. Барковский. – Мн.: Высш. шк., 2004. – 351 с.
3. Барковский, Е. В. Введение в химию биогенных элементов и химический анализ: Учеб. пос./ Е. В. Барковский, С. В. Ткачев и др. – М.: Высш. шк., 1997. –126 с.
4. Болдырев, А. И. Физическая и коллоидная химия. – М.: Высш. шк., 1983.
5. Гольбрайх, З. Е. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие/ З. Е. Гольбрайх.–М.:ООО «Издательство Астрель»,2004.–383с
6. Грандберг, И.И. Органическая химия: Учеб. для студ. вузов обучающихся на агрономических специальностях/ И. И. Грандберг. – М.: Дрофа, 2004. –672 с.
7. Князев Д. А. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Д. А. Князев, С. Н. Смарилин. – М.: Высш. шк., 1990. – 430 с.
8. Руководство к изучению курса “Общая и неорганическая химия”: Пособие для студентов нехимических специальностей / И. Е. Шиманович [и др.]; под ред. И.Е. Шимановича. – 3-е изд. – Минск: РИВШ, 2008. – 112 с.
9. Химия. Лабораторный практикум: учеб. пособие/А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная, И. В. Ковалева, Т. В. Булак.–Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 320 с.
10. Угай Я. А. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Я. А. Угай. 4-е изд. – М.: Высш. шк., 2004. – 440 с.
11. Химия: учебно-методический комплекс: Учебно-методическое пособие / О. В. Поддубная, И.В. Ковалева и др. – Горки: БГСХА, 2011. – 452 с. ISBN 978-985-467-359-2
12. Хмельницкий, Р. А. Физическая и коллоидная химия: Учебник для вузов/ Р. А. Хмельницкий. – М.: Высш. шк., 1988.
13. Цитович, Н. К. Курс аналитической химии: Учебник для вузов/ Н. К. Цитович. – М.: Высш. шк., 1987. – 403 с.
14. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 236 с.
15. Щербина, А.Э. Органическая химия. Задачи и упражнения: Учеб. пособие / А.Э. Щербина, Л.Г. Матусевич, И.В. Сенько. – Минск : Новое знание, 2007. – 304 с.

### Дополнительная

1. Белясова, Н.А. Биохимия и молекулярная биология: Учеб. пособие/ Н.А. Белясова. – Минск: Книжный дом, 2004. – 416 с.
2. Введение в лабораторный практикум по неорганической химии: Учеб. пособие / В.В. Свиридов, Г.А.Попкович и др. – Мн : Высш. шк., 2003. – 96 с.
3. Дорохова, Е. Н. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа: Учебник для почвенно-агрохимических специальностей / Е. Н. Дорохова, Г. В. Прохорова. – М.: Высш. шк., 1991. – 354 с.
4. Жарский, И. М. Теоретические основы химии: сборник задач: Учеб. пособие. – Минск.: Аверсев, 2004. – 397 с.
5. Практикум по общей и биоорганической химии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. В. А. Попкова. – 3-е изд. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 240 с.
6. Слесарев, В. И. Химия: основы химии живого: Учебник для вузов / В. И. Слесарев. – СПб: Химиздат, 2001. – 784 с.
7. Степин, Б. Д. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Б. Д. Степин, А.А. Цветков. – М.: Высш. шк., 1994. – 608 с.

### Справочники:

1. Краткий химический справочник. – М.: Химия, 1977.
2. Кольман, Я. Наглядная биохимия: Пер. с нем/ Я.Кольман, К.Г. Рем. – М.: Мир, 2000. – 469 с.



Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



3. Лидин, Р.А. Химические свойства неорганических веществ/ Под ред. Р.А. Лидина. – 5-е изд., стер. – М.: КолосС, 2008, – 480 с.

Составители

**Поддубная** Ольга Владимировна

**Ковалева** Ирина Владимировна

**Мохова** Елена Владимировна

**Шагитова** Марина Николаевна