

**Муниципальное общеобразовательное учреждение
"Жарковская средняя общеобразовательная школа №1"
Жарковского муниципального округа Тверской области**

РАССМОТРЕНО
Руководитель ШМОЕМЦ
 Е.И. Лакеева
Протокол заседания ШМО
№ 1 от «01» 09 2025 г.

СОГЛАСОВАНО
Заместитель директора по
УВР  Е.В. Беляева
«01» 09 2025 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

элективного учебного курса
«Химия в задачах»

уровень образования: среднее общее образование

11 класс

Составители:

Спириденков Сергей Владимирович
учитель химии высшей квалификационной категории

пгт. Жарковский 2025 год

КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Элективный курс «Комплексные соединения» является предметно-ориентированным, предназначен для учащихся 11 классов, рассчитан на 17 часов учебного времени.

Предлагаемая тема практически не изучается в школьном курсе химии. Однако при поступлении в ВУЗы учащиеся должны ее знать и уметь отвечать на тесты ЕГЭ. Обширный и интересный класс «Комплексные соединения» является одним из важнейших в неорганической химии. Многие комплексные соединения играют важную роль в биохимии, в химической технологии, аналитической химии, в медицине. Велика их роль в живых организмах.

Научный уровень современного школьного курса химии позволяет в доступной форме познакомить учащихся с составом, строением, свойствами комплексных соединений, с их получением и значением в различных областях науки и техники. Изучение данного курса способствует углублению знаний учащихся по химии.

Программа включает 3 раздела:

- 1 -й раздел. Строение, классификация, номенклатура, изомерия комплексных соединений.
- 2 -й раздел. Свойства комплексных соединений.
- 3 -й раздел. Получение и применение комплексных соединений.

Учащиеся знакомятся с историей развития комплексных соединений, с основами координационной теории А. Вернера, на основании которой более углубленно изучаются состав, строение, свойства комплексных соединений. В данном курсе проводятся лабораторные работы и практические занятия, при выполнении которых проявляются самостоятельность и творческая инициатива учащихся.

Заканчивается курс проведением практикума по решению расчетных задач и упражнений и выполнением контрольной работы.

На занятиях используются различные методы и приемы: лекции, беседы, семинары, практикумы, постановка проблемы, разного рода упражнения. Значительно оживляют изучение курса самостоятельно подготовленные учащимися сообщения, доклады о значении и применении комплексных соединений.

Цель: создать условия для подготовки учащихся к поступлению в ВУЗ по специальностям «химия» и «биология», для творческой самореализации и удовлетворения познавательного интереса к химии.

Задачи:

1. Сформировать понятие о комплексных соединениях.
2. Познакомить учащихся с составом, строением и свойствами комплексных соединений.
3. Углубить представления учащихся о способах получения и применении солей на примере комплексных соединений.
4. Развивать исследовательские навыки учащихся в экспериментальных работах по получению, распознаванию, изучению свойств комплексных соединений.

Планируемые результаты обучения

Учащиеся должны знать:

- * основные положения координационной теории А. Вернера;
- * состав и строение комплексных соединений (комплекссообразователь, лиганды, координационное число, внутренняя и внешняя сферы) с позиции теории валентных связей;
- * классификацию и номенклатуру комплексных соединений;
- * изомерию комплексных соединений;
- * химические свойства комплексных соединений;
- * практическое применение, способы получения комплексных соединений.

Учащиеся должны уметь:

- * определять вид химической связи между комплекссообразователем и лигандами, внешней и внутренней сферой;
- * определять координационное число комплекссообразователя на основе строения его внешнего и предвнешнего электронного слоя;
- * предсказывать пространственное строение комплексного иона;
- * называть комплексные соединения, составлять их формулы по названиям;
- * составлять формулы изомеров и называть их;
- * составлять уравнения химических реакций, подтверждающие свойства комплексных соединений;

- * составлять уравнения реакций получения комплексных соединений;
- * уметь проводить эксперименты, наблюдать и описывать явления и свойства комплексных соединений, делать выводы;
- * уметь решать задачи с участием комплексных соединений.

Все перечисленное создает широкую возможность для осуществления внутрипредметных связей в процессе усвоения химических знаний. Этим методическим приемом у учащихся формируется способность к многостороннему рассмотрению химических объектов, что является неотъемлемым качеством творческого мышления. Творческое мышление развивается также широким введением в содержание курса материала проблемного характера.

Программа курса

Основные положения координационной теории А. Вернера. Комплексообразователь. Лиганд. Координационное число комплексообразователя. Внутренняя и внешняя сферы. Вклад отечественных учёных в разработку теории комплексных соединений. Значение координационной теории для дальнейшего развития химии.

Строение комплексных соединений с позиции теории валентных связей. Координационная связь, виды химических связей в кристаллических комплексных соединениях. Пространственная конфигурация комплексов.

Классификация и номенклатура комплексных соединений.

Изомерия комплексных соединений: структурная, пространственная.

Химические свойства: диссоциация, реакции ионного обмена (по внешней сфере), с участием лигандов, по центральному иону (обменные, окислительно-восстановительные), реакции изомеризации.

Получение комплексных соединений.

Применение комплексных соединений. Роль комплексных соединений в живых организмах.

Демонстрация. Получение сульфата тетраамминмеди (II). Получение аммиаката серебра. Определение ионов железа Fe^{2+} и Fe^{3+} . Реакция серебряного зеркала. Гидратная изомерия аквакомплексов.

Лабораторные опыты.

1. Получение комплексного соединения меди (II).
2. Получение комплексного соединения алюминия.
3. Получение комплексного соединения серебра.
4. Образование глицерата меди (II).
5. Цветная реакция на фенол.

Практические работы.

1. Получение и свойства комплексных соединений (2 ч).
1. Решение расчетных задач с участием комплексных соединений (2 ч).

Тематический план

№ п/п	Тема	Кол-во часов	Содержание	Виды деятельности
1	2	3	4	5
1	Основы учения о комплексных соединениях	2	Понятие о комплексных соединениях. Значение комплексных соединений. История развития химии комплексных соединений. Основные положения координационной теории А. Вернера. Состав комплексных соединений. Комплексообразователь, лиганд, координационное число, внутренняя и внешняя сфера. Вклад отечественных ученых в разработку теории комплексных соединений. Значение координационной теории для дальнейшего развития химии	Лекция с элементами беседы, демонстрация опытов

2	Строение комплексных соединений	1	Строение комплексных соединений с позиции теории валентных связей. Координационная связь. Пространственная конфигурация комплексов	Лекция с элементами беседы
3	Классификация и номенклатура комплексных соединений	1	Классификация по характеру электрического заряда. Классификация лигандов. Номенклатура комплексных соединений. Построение формул комплексных соединений по названиям	Лекция с элементами беседы
4	Урок-упражнение	1	Упражнения в составлении формул комплексных соединений по названиям и названий веществ по формулам. Использование метода валентных связей для установления состава и пространственной конфигурации комплексов	Лекция с элементами беседы
5	Изомерия комплексных соединений	1	Изомерия комплексных соединений: структурная (координационная, ионизационная, изомерия лигандов, гидратная), пространственная (геометрическая, оптическая)	Лекция с элементами беседы
6	Химические свойства комплексных соединений	1	Химические свойства комплексных соединений: диссоциация, реакции ионного обмена (по внешней сфере), реакции с участием лигандов, по центральному иону (обменные, ОВР), реакции изомерии	Беседа с демонстрацией опытов
7	Химические свойства комплексных соединений	1	Составление уравнений химических реакций с участием комплексных соединений	Выполнение упражнений
8	Получение комплексных соединений	1	Способы получения комплексных соединений. Опыт 1. Получение комплексного соединения меди (II). Опыт 2. Получение комплексного соединения алюминия. Опыт 3. Получение комплексного соединения серебра. Опыт 4. Образование глицерата меди (II). Опыт 5. Цветная реакция на фенол	Лабораторная работа
9	Применение комплексных соединений	1	Роль комплексных соединений в живых организмах. Использование комплексных соединений в химических технологиях, аналитической химии, для очистки природных и сточных вод. Синтез и исследование новых комплексных соединений	Сообщения учащихся о значении и применении комплексных соединений
10	Получение и свойства комплексных соединений	2	Получение комплексных соединений, исследование их химических свойств. Проведение качественных химических реакций для обнаружения ионов внешней сферы. Разрушение комплексов	Практическая работа

11	Решение задач, выполнение упражнений	2	Решение расчетных задач, выполнение упражнений с участием комплексных соединений	Практикум
12	Комплексные соединения. <i>Анализ контрольной работы.</i> <i>Подведение</i>	2		Контрольная работа
	Резервный урок	1		Решение задач, выполнение упражнений

ЛИТЕРАТУРА

1. Габриелян, О. С, Лысова, Г. Г. Химия, 11 класс. — М.: Дрофа, 2018.
2. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия. - М: Высшая школа, 1998.
3. Бабич, Л. В., Балезин, С. А. Практикум по неорганической химии. - М: Просвещение, 1978.
4. Глинка, Н. Л. Задачи и упражнения по общей химии. - Л.: Химия, 1986.
5. Зайцев, О. С. Общая химия. - М.: Химия, 1990.
6. Корольков, Д. В. Основы неорганической химии. - М.: Просвещение, 1982.
7. Макаров, К. А. Химия и медицина. - М: Просвещение, 1990.
8. Назарова, Т. С, Грабецкий, А. А., Лаврова, В. Н. Химия - эксперимент в школе. — М.: Просвещение, 1987.

ПРИЛОЖЕНИЕ

МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ

Занятие 1-2. Основы учения о комплексных соединениях. Цель: ознакомить учащихся с историей развития химии комплексных соединений, основными положениями координационной теории Вернера, ее значением и дальнейшим развитием. Сформировать понятия об ионе-комплексообразователе, координационном числе, внутренней и внешней сфере.

Оборудование: портрет А. Вернера, химические стаканы, 1М раствор CuSO_4 , 10%-ный раствор аммиака.

В курсе химии 9 класса учащиеся знакомились с получением и химическими свойствами тетрагидроксоалюмината натрия, красной и желтой кровяных солей, аммиачного раствора оксида серебра.

Лекция.

Класс комплексных соединений является одним из важнейших в неорганической химии. Многие комплексные соединения играют важнейшую роль в живых организмах (гемоглобин, хлорофилл, большое число ферментов, витаминов), в химической технологии (катализаторы).

История развития химии комплексных соединений насчитывает более 150 лет. Впервые комплексное соединение было получено в XVIII веке. Французский химик Тассэр открыл соединение, имеющее состав $\text{CoCl}_3 \times 6\text{NH}_3$. Это открытие было случайным, а своеобразные свойства нового соединения вызвали большой интерес химиков. Новое открытие озадачило исследователей, так как было непонятно, почему два устойчивых соединения могут взаимодействовать друг с другом и образовывать другое устойчивое соединение.

Демонстрация опыта.

Налить в стакан 100 мл 1М раствора сульфата меди (II), прибавить медленно 10%-ный раствор аммиака до выпадения голубого осадка гидроксида меди (II). Перемешать, отлить в чистый стакан половину полученной суспензии и прилить к ней раствор аммиака до растворения осадка. Образуется синий раствор комплексного соединения.

Опыты доказывают, что действительно устойчивые химические соединения, максимально насыщенные с точки зрения валентности, вступают во взаимодействие с другими устойчивыми соединениями.

Классическое учение о валентности, разработанное Э. Франклендом, А. Кекуле и другими учеными, не могло объяснить, за счет чего объединяются валентно насыщенные молекулы.

Ответ был найден только через столетие со времени получения первого комплексного соединения.

Состав и строение комплексных соединений, их свойства были объяснены швейцарским химиком Альфредом Вернером, который, изучив многочисленные реакции комплексообразования, предложил в 1893 г. координационную теорию. В основу координационной теории легли положения теории пространственного строения веществ и теории электролитической диссоциации.

1. Согласно теории Вернера, атомы могут проявлять не только обычную, «главную» валентность (ту, которую отражают черточки в структурных формулах), но и «дополнительную», побочную (пунктир в структурных формулах). Побочные валентности, по Вернеру, насыщаются при образовании комплексных соединений. Если главные валентности катионов металлов насыщаются только отрицательно заряженными ионами, побочные валентности могут насыщаться и отрицательно заряженными ионами, и нейтральными молекулами.

Главная и побочная «вернеровские» валентности в ядрах комплексов не различаются по своей прочности и природе. Во времена Вернера невозможно было раскрыть природу главных и побочных валентностей из-за недостаточного развития экспериментальных и теоретических методов исследования в химии.

2. В каждом комплексном ионе имеется центральный атом (комплексообразователь), вокруг которого располагаются координированные им ионы и молекулы.

3. Каждый комплекс характеризуется «координационным числом», которое показывает, сколько атомов, ионов или молекул размещено вокруг центрального атома. Координационное число может быть высоким и низким.

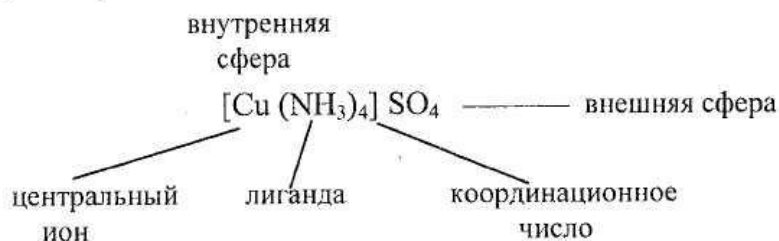
Например, для Ag^{+1} , Cu^{+1} КЧ = 2
для Cr^{+2} , Zn^{+2} , Pt^{+2} КЧ = 4
для Pt^{+4} , Co^{+3} , Fe^{+3} , Al^{+3} КЧ = 6
для Mo^{+4} КЧ = 10

4. Координационные атомы находятся во внутренней сфере комплексных соединений. Они называются аддендами (или лигандами, по современной номенклатуре).

5. Центральный атом и внутренняя сфера составляют ядро комплекса, которое при записи формул выделяют квадратными скобками. Ядро комплекса может быть нейтральным или заряженным (как положительно, так и отрицательно).

6. Если ядро комплексных соединений заряжено, то комплекс имеет внешнюю сферу, поскольку заряженный комплекс (точнее, его ядро) может притягивать противоположно заряженные ионы.

Например:



Комплексными соединениями называются определенные химические соединения, образованные сочетанием отдельных компонентов и представляющие собой сложные ионы или молекулы, способные к существованию как в кристаллическом, так и в растворенном состоянии.

Теория Вернера позволила систематизировать имеющиеся в то время сведения о комплексных соединениях и предпринять направленный систематический поиск новых соединений.

Большой вклад в разработку координационной теории внесли затем отечественные ученые Л. А. Чугуев, А. А. Гринберг, И. И. Черняев и др. Работы А. Вернера и отечественных ученых наметили пути дальнейшего развития химии и выявили общность в структуре и свойствах неорганических и органических веществ. В частности, на основе координационной теории в наши дни объясняется химическое строение хлорофилла и гемоглобина.

З а к р е п л е н и е новых терминов и понятий.

Занятие 3. Строение комплексных соединений.

Цель: сформировать представление учащихся о строении комплексных соединений с позиции теории валентных связей.

Лекция с элементами беседы.

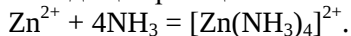
Проблемный вопрос. Почему многие устойчивые молекулы способны присоединяться к комплексообразователю?

Для объяснения образования и свойств комплексных соединений в настоящее время применяют ряд теорий, в том числе теорию валентных связей. Образование комплексов теория валентных связей относит за счет донорно-акцепторного взаимодействия комплексообразователя и лигандов. Рассмотрим комплексообразование на следующем примере. При действии аммиака на раствор соли цинка выпадает осадок. При избытке аммиака осадок растворяется. Что при этом происходит?

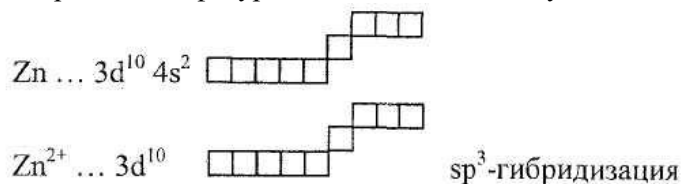
Из раствора можно выделить соль - аммиакат цинка $\text{ZnCl}_2 \cdot 4\text{NH}_3$. Это соединение комплексное.

Оно образовано комплексными катионами $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ и простыми анионами Cl^- .

Происходящие реакции можно выразить следующим суммарным уравнением:

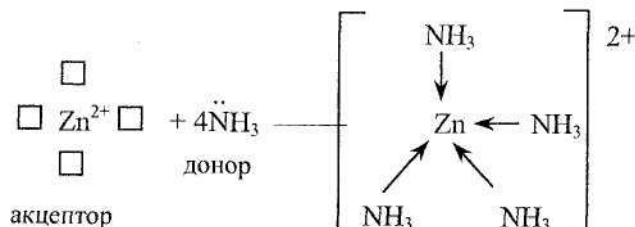


Образование комплекса объясняется донорно-акцепторным взаимодействием иона Zn^{2+} с молекулами NH_3 . Для объяснения состава комплекса $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ воспользуемся методом валентных связей. Электронная конфигурация атома цинка следующая:



У иона Zn^{2+} имеются свободные валентные орбитали - одна s-и три p-орбитали. Поэтому ион Zn^{2+} может выступать в качестве акцептора четырех электронных пар. Молекула NH_3 имеет несвязывающую (неподеленную) электронную пару и, следовательно, может выступать в качестве донора электронной пары. В результате донорно-акцепторного взаимодействия иона Zn^{2+} и молекул NH_3 образуется комплексный ион $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$.

Вследствие sp^3 -гибридизации орбиталей цинка ион $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ имеет форму тетраэдра.



Все четыре ковалентные связи $\text{Zn}-\text{NH}_3$ равноценны. Аналогично рассматриваются строение и пространственная конфигурация комплексов:

- а) $[\text{BeF}_4]^{2-}$ б) $[\text{CrF}_6]^{3-}$ в) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$
г) $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ д) $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$

Метод валентных связей не позволяет объяснить все многообразие комплексных соединений и их свойства, в частности их спектры поглощения, магнитные свойства и др.

С другими подходами к объяснению комплексов (теорией кристаллического поля, теорией молекулярных орбиталей) учащиеся познакомятся в ВУЗах.

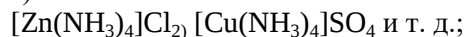
Занятие 4. Классификация и номенклатура комплексных соединений.

Цель: сформировать представление учащихся о классификации комплексных соединений; научить давать названия комплексным соединениям по формулам, составлять формулы по названиям.

Лекция.

По характеру электрического заряда различают:

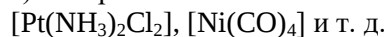
а) катионные комплексы:



б) анионные комплексы;



в) нейтральные комплексы:



Классификация лигандов.

Лиганды могут занимать в координационной сфере одно или несколько мест, то есть соединяться с центральным атомом посредством одного или нескольких атомов. По этому признаку различают:

а) монодентатные;

б) бидентатные;

в) тридентатные;

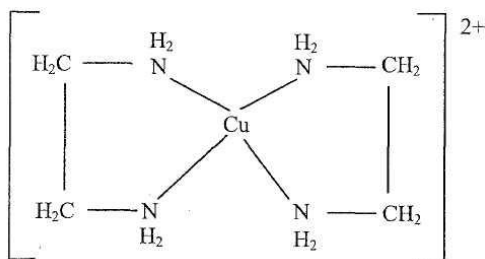
г) полидентатные лиганды.

Примеры:

а) Cl^- , F^- , OH^- , NH_3 , H_2O , CO и др.

б) молекула этилендиамина $\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$, ионы CO_3^{2-} , SO_4^{2-} .

Комплексы с полидентатными лигандами называются хелатными (или клешневидными):



Комплексные соединения могут относиться к кислотам ($\text{H}[\text{AuCl}_4]$), основаниям ($[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$), солям ($\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$), неэлектролитам ($[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$).

Номенклатура комплексных соединений.

Давая название комплексу, сначала называют анион, потом катион, как бы читая формулу комплексного соединения с конца к началу.

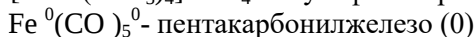
В названиях комплексных соединений используются приставки: «ди-», «три-», «тетра-», «пента-», «гекса-».

Названия лигандов: H_2O - аква-, NH_3 - аммин-, CO - карбонил-, OH^- - гидроксо-, F^- - фторо-, Cl^- - хлоро-, Br^- - бром-, I^- - иодо-, CN^- - циано-, NO_2^- - нитро-, S^{2-} - тио-, O^{2-} - оксо- и др.

Если центральный ион входит в состав комплексного аниона, то анион называется: Fe - феррат, Си - купрат, Ag - аргентат, Au - аурат, Hg - меркурат, Zn - цинкат, Al - алюминат и т. д.

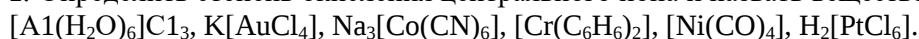
После названия центрального иона в скобках указывается его валентность, равная заряду. Если центральный ион входит в состав комплексного катиона, то он называется по-русски.

Примеры.



Закрепление.

1. Определить степень окисления центрального иона и назвать вещество:



2. Построить формулы веществ по названиям:

а) дицианоаргентат калия;

б) гексанитрокобальтат (III) калия;

в) хлорид гексаамминникеля (II);

г) гексагидроксохромат (III) калия;

д) хлорид тетраамминцинка (II);

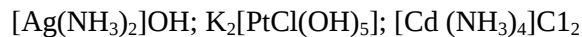
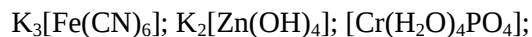
е) дихлородиамминплатина (II).

Занятие 5. Урок-упражнение по теме «Комплексные соединения».

Цель: отработать умение составлять формулы комплексных соединений по их названиям; научиться объяснять строение комплексных ионов.

I. В ы п о л н е н и е упражнений.

1. В комплексных соединениях:



а) укажите комплексообразователь, лиганды, внешнюю и внутреннюю сферы;

б) определите степень окисления центрального иона, назовите вещество.

2. Постройте формулы веществ по названиям:

а) гексахлороплатинат (IV) калия;

б) нитрат хлоронитротетраамминкобальта (III);

в) трихлоротриамминкобальт;

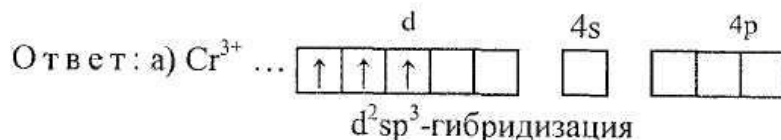
г) хлорид гексаакваалюминия (III);

д) тетрагидроксодиакваалюминат (III) натрия;

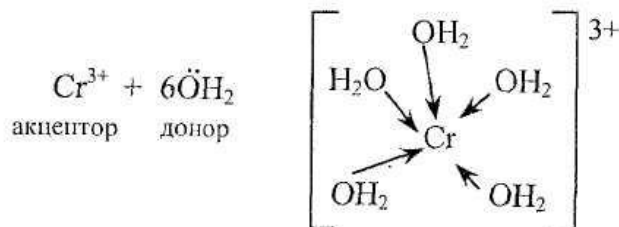
е) нитрат гексаамминникеля (II).

3. Установите состав пространственной конфигурации комплексов хрома (III) со следующими лигандами:

а) H_2O ; б) F^- ; в) OH^- ; г) NH_3 ; д) Cl^- . Определите названия комплексов.



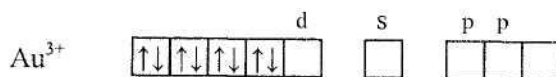
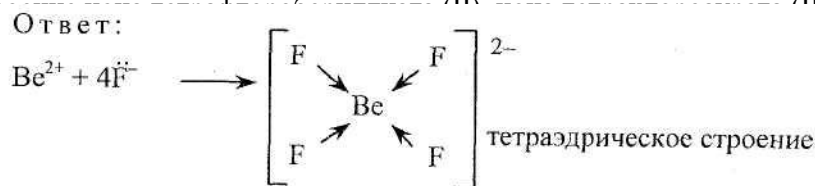
С молекулами воды образуется октаэдрический комплексный ион $[Cr(OH_2)_6]^{3+}$:



Октаэдрические комплексы образуются также при взаимодействии Cr^{3+} с F^- , OH^- , NH_3 , Cl^- .

4. Объясните с ... (III); определите тип

гибридизации:



dsp^2 -гибридизация, плоский квадрат

Занятие 6. Изомерия комплексных соединений.

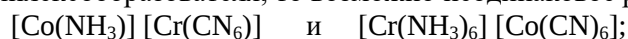
Цель: расширить и углубить представления учащихся о видах изомерии на примере комплексных соединений. Оборудование: таблица «Виды изомерии».

Лекция с элементами беседы.

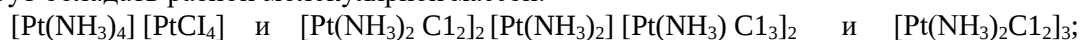
Рассматриваются виды изомерии на примере комплексных органических соединений. Для этого необходимо заранее повторить материал о видах изомерии в органической химии.

I. Структурная.

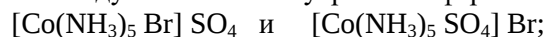
а) координационная изомерия. Если комплексное соединение содержит одновременно два комплексобразователя, то возможно неодинаковое распределение лигандов между ними:



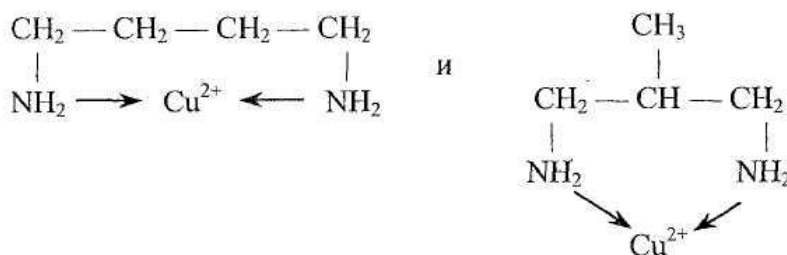
б) координационная полимерия. Комплексные соединения одинакового эмпирического состава могут обладать разной молекулярной массой:



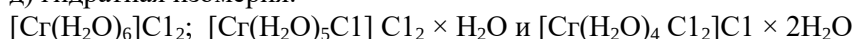
в) ионизационная изомерия (ионизационная метамерия). Связана с различным распределением ионов между внешней и внутренней сферой:



г) изомерия лигандов (конформационная изомерия):



д) гидратная изомерия:



II. Пространственная:

а) геометрическая изомерия заключается в том, что комплекс, содержащий неодинаковые лиганды, может существовать в двух или нескольких различных формах в зависимости от пространственного размещения лигандов во внутренней координационной сфере комплекса. Геометрическая изомерия проявляется главным образом у плоскоквадратных комплексов:



б) оптическая изомерия возможна у тетраэдрических комплексов с 4 различными лигандами, либо у октаэдрических комплексов.

Занятие 7. Химические свойства комплексных соединений.

Цель: изучить химические свойства комплексных соединений, формировать умения составлять уравнения реакций с участием комплексных соединений.

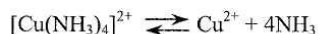
Оборудование: растворы FeSO_4 , CuSO_4 , FeCl_3 , BaCl_2 , CrCl_3 , жёлтой и красной кровяных солей, аммиака, HCl , глюкозы, AgNO_3 , NaCl , NaJ ; зажим, демонстрационные пробирки.

Беседа с демонстрацией опытов, иллюстрирующих химические свойства комплексных соединений.

1. Диссоциация.



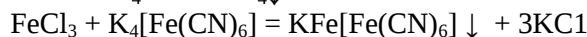
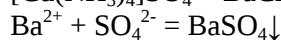
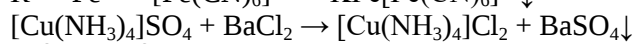
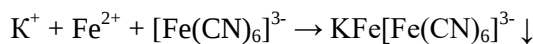
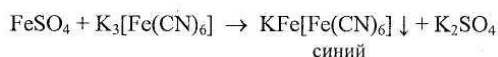
Комплексные ионы диссоциируют как слабые электролиты. Их диссоциация подчиняется закону действующих масс и с количественной стороны характеризуется константой, которая носит название константы нестойкости комплекса.



$$K_{\text{нестойкости}} = \frac{[\text{Cu}^{2+}][\text{NH}_3]^4}{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}]} = 5 \cdot 10^{-10}$$

2. Реакции ионного обмена (по внешней сфере).

Демонстрация опытов.



3. Реакции с участием лигандов.

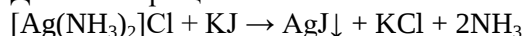
Демонстрация опыта.



4. Реакции по центральному иону:

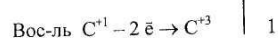
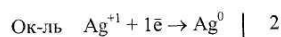
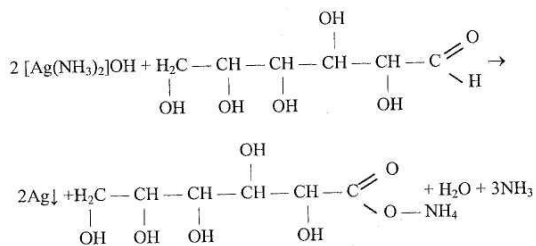
а) обменные

Демонстрация опыта.

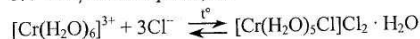


б) окислительно-восстановительные

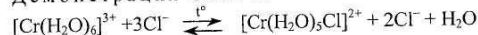
Демонстрация опыта.



5. Реакция изомеризации.



Демонстрация опыта.



У соли хрома возможно существование трёх изомеров, различных по цвету.

$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ - фиолетовый
 $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - светло-зелёный
 $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl} \cdot \text{H}_2\text{O}$ - темно-зелёный

Занятие 8. Химические свойства комплексных соединений (урок закрепления знаний).

Цель: закрепить знания учащихся о химических свойствах комплексных соединений; отработать умения составлять уравнения химических реакций с участием комплексных соединений.

Выполнение упражнений.

1. Написать в молекулярной и ионно-молекулярной форме уравнения обменных реакций, происходящих между:

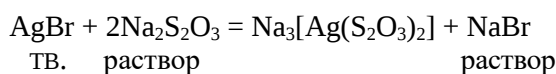
а) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и CuSO_4 ;

б) $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{CN})_6]$ и FeSO_4 ;

в) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и AgNO_3 ,

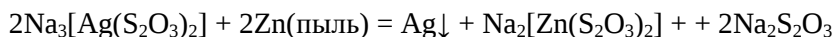
имея в виду, что образующиеся комплексные соли нерастворимы в воде.

2. Для закрепления фотоматериалов (удаления неразложившегося светочувствительного бромида серебра) их обрабатывают раствором тиосульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$:



Составьте ионное уравнение этой реакции. Объясните причину растворения плохо растворимого бромида серебра. Укажите комплексообразователь и его координационное число, лиганды комплекса. Предложите способ регенерации серебра.

Например:



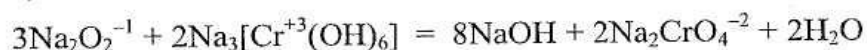
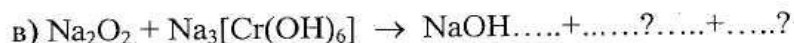
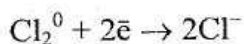
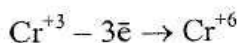
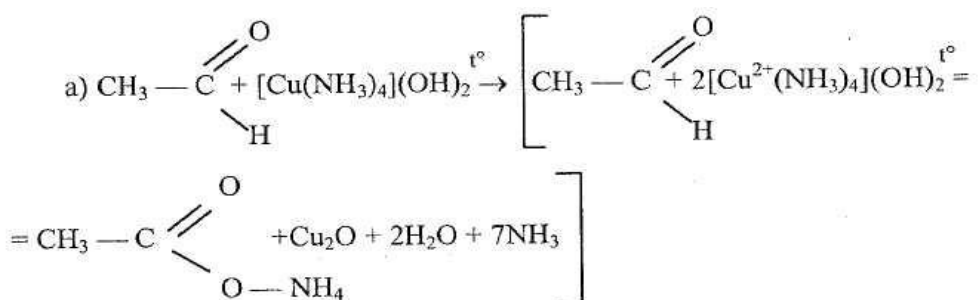
3. Предложите 3 реакции, в которые будет вступать комплексное соединение:

а) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ (например, с BaCl_2 , Na_2S , H_2SO_4)

б) $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ (с C_2H_2 , HCl , H_2S)

в) $\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$ (с H_2SO_4 , CO_2 , Na_3PO_4)

4. Составьте уравнения окислительно-восстановительных реакций, используя метод электронного баланса.



Занятие 9. Получение комплексных соединений.

Цель: сформировать у учащихся представление о способах получения комплексных соединений; закрепить умения составлять формулы комплексных соединений, давать им названия, записывать уравнения реакций их получения, развивать навыки работы с веществами и оборудованием.

Оборудование: на каждом ученическом столе пробирки, растворы CuSO_4 , концентрированный раствор аммиака, растворы NaOH , AlCl_3 , AgNO_3 , NaCl , глицерина, фенола, FeCl_3 .

Лабораторная работа (с последующим анализом и проверкой выводов и уравнений, записанных учащимися).

Перед выполнением работы проводится инструктаж по технике безопасности при работе с кислотами и щелочами, с лабораторным оборудованием.

Ход работы

Опыт № 1. Получение комплексного соединения меди (II). Получите осадок гидроксида меди (II) и прилейте к нему избыток концентрированного раствора аммиака. Как изменился цвет осадка при действии на него раствором аммиака? Чем это объяснить? Составьте уравнение происходящей химической реакции и назовите полученное комплексное соединение.

Опыт № 2. Получение комплексного соединения алюминия.

Налейте в пробирку 1-2 мл раствора хлорида алюминия, затем постепенно добавляйте к нему концентрированный раствор гидроксида натрия до исчезновения осадка. Почему вначале образовался осадок? Почему при избытке гидроксида натрия осадок исчез? Составьте уравнения происходящих реакций в молекулярном и ионном виде и назовите образовавшиеся вещества.

Опыт № 3. Получение комплексного соединения серебра.

Получите осадок хлорида серебра, добавьте к нему раствор аммиака до полного растворения.

Напишите уравнение реакции образования комплексного соединения.

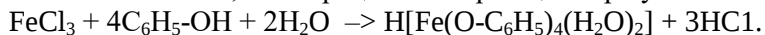
Опыт № 4. Образование глицерата меди (II).

К 1 мл раствора щелочи в пробирке добавьте равное количество раствора CuSO_4 . К образовавшемуся гидроксиду меди (II) добавьте 0,5 мл глицерина. Какие произошли изменения? Составьте уравнения реакций.

Опыт № 5. Цветная реакция на фенол.

В пробирку с раствором фенола прибавляют 2-3 капли раствора хлорида железа (III). Какие произошли изменения?

Учитель объясняет, что в процессе этой реакции образуется комплексное соединение:



Занятие 10. Применение комплексных соединений.

Цель: углубить знания учащихся о значении и применении комплексных соединений в различных областях науки и техники, о роли природных комплексов в живых организмах.

Оборудование: таблицы с изображением структуры молекул хлорофилла и гема - составной

части гемоглобина.

Учащиеся заранее готовят сообщения о значении и применении комплексных соединений и выступают с ними на уроке.

Темы выступлений учащихся.

1. Роль комплексных соединений в живых организмах (гемоглобин, хлорофилл, ферменты, витамины).
2. Использование комплексных соединений в химической технологии (комплексонаты металлов, комплексы – катализаторы окислительных и полимеризационных процессов).
3. Использование комплексных соединений в аналитической химии (*с демонстрацией опытов*).
4. Использование комплексных соединений для очистки природных и сточных вод.
5. Синтез и исследование новых комплексных соединений.

Занятия 11-12. Получение и свойства комплексных соединений (практическая работа).

Цель: закрепление и проверка знаний учащихся о комплексных соединениях, умений составлять уравнения реакций с их участием, развивать навыки работы с веществами.

Оборудование: на каждом ученическом столе 2 химических стакана, пробирки, растворы CuSO_4 , NaOH , H_2SO_4 , K_2S , NH_3 , AgNO_3 , KJ , раствор глюкозы Cl_3 , $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, ZnSO_4 , KSCN , спиртовка, спички, зажим, вода, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, FeCl_3 , раствор $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \times 12\text{H}_2\text{O}$, NH_4CNS , BaCl_2 .

Ход работы

Учащиеся действуют по инструкции. Результаты оформляются в виде таблицы.

1. Из имеющихся реактивов получите сульфат тетраамминмеди(II). Запишите уравнение реакции.

2. Запишите уравнение диссоциации этой соли. Разделите полученный раствор на 3 части. К одной прилейте раствор серной кислоты, к другой - щелочь, к третьей - раствор сульфида калия. Что наблюдаете? Запишите уравнения в молекулярном и ионном видах. Сделайте вывод о том, как можно разрушить комплекс.

3. Прилейте к нитрату серебра аммиак. Запишите уравнение получения гидроксида диамминсеребра (I).
Полученный раствор разделите на 2 части: к одной прилейте раствор иодида калия, к другой - раствор глюкозы, и нагрейте. Запишите уравнения реакций и сделайте вывод о том, какая часть комплексного соединения участвовала в этих реакциях.

5. Налейте в 2 химических стакана по 50 мл раствора хлорида хрома (III). Один стакан оставьте для сравнения, а второй нагрейте до изменения фиолетовой окраски на зеленую. Как объяснить изменение окраски раствора соли хрома (III) при нагревании?

6. Проверьте, можно ли использовать раствор красной кровяной соли для обнаружения ионов цинка и серебра. Запишите уравнения реакций.

7. Из имеющихся реактивов получите раствор гексагидроксохромата (III) натрия. Как можно разрушить это комплексное соединение? Проведите необходимые реакции, запишите их уравнения и свои наблюдения.

8. Дайте систематические названия желтой и красной кровяной солям, запишите выражения констант нестойкости для комплексных ионов этих солей. Получите осадки взаимодействием сульфата железа (II) с красной кровяной солью, хлорида железа (III) - с желтой кровяной солью. Полученные осадки изомерны друг другу, причем не все атомы калия в этих осадках замещены на железо.

Запишите уравнения реакций так, чтобы формулы осадков отражали их изомерию. Сделайте общий вывод о способах получения, свойствах и применении комплексных соединений.

9. В пять небольших пробирок приливайте: в первую, вторую и третью - по 3 капли раствора аммониевожелезных квасцов $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \times 12\text{H}_2\text{O}$, в четвертую и пятую — по 2 капли раствора $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

Затем в первую пробирку прибавьте 2 капли раствора NH_4CNS , во вторую - по 2 капли раствора BaCl_2 , в третью - 2-3 капли раствора NaOH (нагреть до появления запаха аммиака), в четвертую - по 2-3 капли NaOH , в пятую - 2 капли раствора NH_4CNS .

Сопоставьте результаты реакций в 1-й, 2-й, 3-й пробирках с результатами в 4-й, 5-й пробирках.

На какие ионы диссоциируют в водном растворе аммониевожелезные квасцы и $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$?

Напишите уравнения диссоциации этих солей.

Ответ: ион CNS^- не даёт окрашивания с ионом $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$, так как диссоциация иона $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ незначительна. По той же причине гидроксид-ионами OH^- не осаждаются $\text{Fe}(\text{OH})_3$ из раствора красной кровяной соли.

Занятия 13-14. Решение задач, выполнение упражнений по теме «Комплексные соединения».

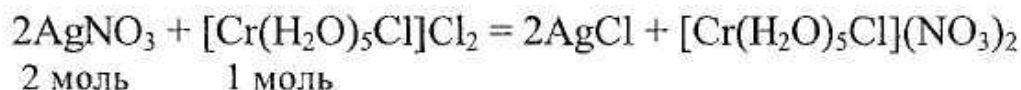
Цель: закрепить знания учащихся о комплексных соединениях; продолжить формирование умений составлять уравнения реакций с их участием, решать задачи с комплексными соединениями.

Решение расчетных задач.

Задача 1. Сколько требуется по объему 0,1М раствора AgNO_3 для осаждения ионов Cl^- из

$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$ содержащегося в 25 мл 0,1М раствора его?

Решение.



$$1) n = C_m \cdot V \quad n = 0,1 \cdot 0,025 = 0,0025 \text{ моль}$$

$$2) n(\text{AgNO}_3) = 2n [\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]\text{Cl}_2 = 0,0025 \cdot 2 = 0,005 \text{ моль}$$

$$3) V(\text{AgNO}_3) = \frac{1000 \cdot 0,005}{0,1} = 50 \text{ мл}$$

О т в е т : 50 мл 0,1М-ного раствора AgNO_3 .

Задача 2. Константа нестойкости иона $[\text{Ag}(\text{CN})_2]$ составляет $1 \cdot 10^{-21}$. Вычислить концентрацию ионов серебра в 0,05М-ном растворе $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$, содержащем, кроме того, 0,01 моль/л KCN .

Решение.

Вторичная диссоциация комплексного иона протекает по уравнению:



$$[\text{CN}] = C_{\text{KCN}} = 0,01 \text{ моль/л}$$

$$[\text{Ag}(\text{CN})_2] = 0,05 \text{ моль/л}$$

$$K_{\text{нест.}} = \frac{[\text{Ag}^+][\text{CN}]^2}{[\text{Ag}(\text{CN})_2]} = 1,1 \cdot 10^{-21}$$

$$[\text{Ag}^+] = \frac{1,1 \cdot 10^{-21} [\text{Ag}(\text{CN})_2]}{[\text{CN}]^2} = \frac{1,1 \cdot 10^{-21} \cdot 0,05}{(0,01)^2} = 5,5 \cdot 10^{-19} \text{ моль/л}$$

О т в е т : $[\text{Ag}^+] = 5,5 \cdot 10^{-19} \text{ моль/л}$.

Задача 3. Вычислить концентрацию ионов Ag^+ в 0,1М-ном растворе $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$, содержащем в избытке 1 моль/л NH_3 .

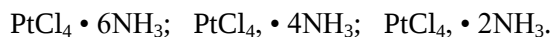
О т в е т : $9,3 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л}$.

Задача 4. При растворении 4 г сплава цинка с алюминием в щелочи выделилось 3,808 л водорода (н. у.). Определите процентный состав смеси.

О т в е т : 1,3 г Zn , или 32,5%; 2,7 г Al , или 67,5%. П.

Выполнение упражнений.

1) Составьте координационные формулы следующих комплексных соединений платины:

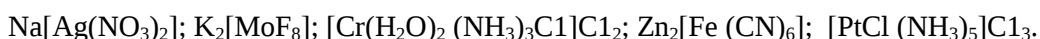


Координационное число платины во всех трех соединениях равно 4. Какое из них не является электролитом?

2) Из сочетания частиц CO^{3+} , NH_3 , NO_2^- и K^+ можно составить семь координационных формул различных комплексных соединений, например $[\text{CO}(\text{NH}_3)_6](\text{NO}_2)_3$.

Составьте формулы остальных шести соединений и напишите уравнения их диссоциации в водных растворах.

3) Определите заряд комплексного иона, координационное число и степень окисления центрального иона в следующих комплексных соединениях:



4) Составьте формулы следующих комплексных соединений:

а) сульфат тетраамминдиаквахрома (III);

б) тетракарбонил никеля (0);

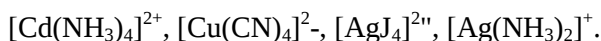
в) тетрахлоридгидроксоплатинат (IV) калия;

г) хлорид тетраамминцинка (II);

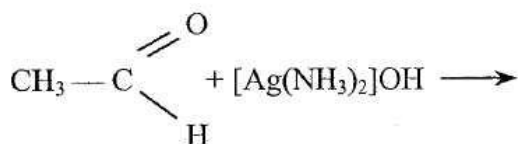
д) дисульфатобериллиат (II) калия.

5) Напишите в молекулярной и ионной формах уравнение реакции между $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ и $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, протекающей с образованием осадка $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.

6) Пользуясь таблицей констант нестойкости, расположите в порядке повышения устойчивости следующие ионы:



7) Допишите уравнение реакции и расставьте коэффициенты методом электронного баланса:



Занятие 15-16. Контрольная работа по теме «Комплексные соединения».

Цель: контроль знаний и умений учащихся по теме «Комплексные соединения».

Ход работы

1. Определите заряд комплексного иона, координационное число, степень окисления центрального иона в следующих комплексных соединениях:

- а) $[\text{PtCl}(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}$
- б) $\text{H}[\text{BF}_4]$
- в) $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6](\text{NO}_2)_3$
- г) $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$
- д) $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$
- е) $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$

* назовите комплексные соединения;

* для веществ а), в), г), е) напишите уравнения диссоциации этих комплексных соединений;

* напишите выражение константы нестойкости для комплексного иона $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$.

2. Составьте формулы следующих комплексных соединений:

- а) нитрат диакватетраамминникеля (II);
- б) тетраамминфосфатохром (III);
- в) гексагидроксохромат (III) калия;
- г) трифторогидроксобериллат магния.

3. Определите тип гибридизации и форму иона в следующих соединениях:

- а) $[\text{BeCl}_4]^{2-}$
- б) $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})]^{3+}$

4. Охарактеризуйте химические свойства комплексного соединения $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$. Напишите возможные уравнения реакций.

4. 3 ад а ч а .

При взаимодействии алюминия с 200 мл 2М-ного раствора гидроксида калия образуется тетрагидроксоалюминат калия и выделяется водород. Какая масса технического алюминия, содержащего 10 % примесей, не реагирующих со щелочью, израсходовалась? Какое количество соли при этом образовалось?