



# Комплексные соединения

**Комплексные соединения** — частицы (нейтральные молекулы или ионы), которые образуются в результате присоединения к данному иону (или атому), называемому *комплексообразователем*, нейтральных молекул или других ионов, называемых *лигандами*. Теория комплексных соединений (координационная теория) была предложена в 1893 г. А. Вернером.

## НАЗВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Сначала произносится:

1. Название **аниона**, а затем **катиона** в **родительном падеже**.

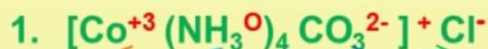
2. Название комплексного иона составляется следующим образом:

Сначала указывают числа (используя греческие числители: **ди-, три-, тетра-, пента-, гекса-** и т.д.) и название отрицательно заряженных лигандов с окончанием «**О**».

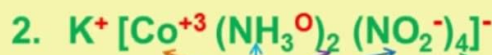
**Cl<sup>-</sup>** - хлоро, **SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>** - сульфато, **OH<sup>-</sup>** - гидроксо, **NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** - нитрато, **Br<sup>-</sup>** - бромо, **S<sup>2-</sup>** - тио, **CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>** - карбонато, **CNO<sup>-</sup>** - циано, **CNS<sup>-</sup>** - родано, **PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>** - фосфато, **CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>** - хромато.

3. Затем указывают числа и названия **нейтральных лигандов**, причем **вода H<sub>2</sub>O** называется **аква**, а **аммиак NH<sub>3</sub>** – **амин**.

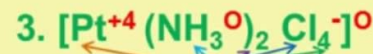
4. Последним называется **комплексообразователь**, указывая степень окисления (в скобках, римскими цифрами, с окончанием **а – у катиона, ат – у аниона**).



Хлорид-карбонато-тетра-амин-кобальта (III)



Тетра-нитро-ди-амин-кобальтат (III)



Тетра-хлоро-ди-амин-платина

(Степень окисления комплексообразователя не называется)

# Основные термины

- **Комплексное соединение** — химическое вещество, в состав которого входят комплексные частицы.
- **Комплексообразователь** — центральный атом комплексной частицы.
- **Лиганды(Адденды)** — атомы или изолированные группы атомов, располагающиеся вокруг комплексообразователя.
- **Внутренняя сфера** комплексного соединения — центральный атом со связанными с ним лигандами, то есть, собственно, комплексная частица.
- **Внешняя сфера** комплексного соединения — остальные частицы, связанные с комплексной частицей ионной или межмолекулярными связями, включая водородные.
- **Дентатность лиганда** определяется числом координационных мест, занимаемых лигандом в координационной сфере комплексообразователя
- **Координационный полиэдр** — воображаемый молекулярный многогранник, в центре которого расположен атом-комплексообразователь, а в вершинах — частицы лигандов, непосредственно связанные с центральным атомом.
- **Координационное число (КЧ)** — число связей, образуемых центральным атомом с лигандами. Для комплексных соединений с монодентатными лигандами КЧ равно числу лигандов, а в случае полидентатных лигандов — числу таких лигандов, умноженному на дентатность.

## Строение комплексного соединения



# Типы комплексных соединений

## ● По заряду комплекса

- 1. **Катионные комплексы** образованы в результате координации вокруг положительного иона нейтральных молекул ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  и др.).
- 2. **Анионные комплексы:** в роли комплексообразователя выступает атом с положительной степенью окисления, а лигандами являются простые или сложные анионы.
- 3. **Нейтральные комплексы** образуются при координации молекул вокруг нейтрального атома, а также при одновременной координации вокруг положительного иона — комплексообразователя отрицательных ионов и молекул.

## По числу мест, занимаемых лигандами в координационной сфере

- **1. Монодентатные лиганды.** Такие лиганды бывают нейтральными (молекулы  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}$  и др.) и заряженными.
- **2. Бидентатные лиганды.** Примерами служат лиганды: ион аминокислотной кислоты  $\text{H}_2\text{N} - \text{CH}_2 - \text{COO}^-$ , оксалатный ион  $^- \text{O} - \text{CO} - \text{CO} - \text{O}^-$ , карбонат-ион  $\text{CO}_3^{2-}$ , сульфат-ион  $\text{SO}_4^{2-}$ , тиосульфат-ион  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ .
- **3. Полидентатные лиганды.** Например, комплексоны — органические лиганды, содержащие в своём составе несколько групп  $-\text{C}\equiv\text{N}$  или  $-\text{COOH}$ . Циклические комплексы, образуемые некоторыми полидентатными лигандами, относят к хелатным.

# По природе лиганда

- 1. **Аммиакаты** — соединения, в которых лигандами служат молекулы аммиака, например:  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ ,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_4$  и др.
- 2. **Аквакомплексы** — в которых лигандом выступает вода:  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$ ,  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$  и др.
- 3. **Карбонилы** — комплексные соединения, в которых лигандами являются молекулы оксида углерода(II):  $[\text{Fe}(\text{CO})_5]$ ,  $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$ .
- 4. **Ацидокомплексы** — комплексы, в которых лигандами являются кислотные остатки. К ним относятся комплексные соли:  $\text{K}_2[\text{PtCl}_4]$ , комплексные кислоты:  $\text{H}_2[\text{CoCl}_4]$ ,  $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$ .
- 5. **Гидроксиокомплексы** — комплексные соединения, в которых в качестве лигандов выступают гидроксид-ионы:  $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ ,  $\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6]$  и др.

# Свойства

- **Окраска**
- Окраска комплексных соединений зависит от типа лигандов и комплексообразователя. Из-за расщепления энергии d-орбиталей появляется возможность перехода электронов с подуровней  $d_{xy}$ ,  $d_{zy}$ ,  $d_{xz}$  на вакантные подуровни с более высокой энергией  $d_z^2$ ,  $d_{z^2-y^2}$  под действием поглощаемых квантов света. Эти явления можно наблюдать с помощью электронной спектроскопии. В зависимости от разности расщепленных уровней комплексы поглощают кванты света определённых диапазонов длин волн, поэтому имеют соответствующую окраску.



# Магнитные свойства

- Среди химических соединений, в том числе комплексных, различают парамагнитные и диамагнитные, по разному взаимодействующие с внешним магнитным полем. **Парамагнитные комплексы** обладают моментом  $\mu$  и поэтому при взаимодействии с внешним магнитным полем втягиваются в него. Напротив, **диамагнитные комплексы**, не имея собственного магнитного момента, выталкиваются из внешнего магнитного поля.
- Парамагнитные свойства веществ обусловлены наличием в их структуре неспаренных электронов и в случае комплексов объясняются специфическим заполнением электронами энергетических уровней.

- Существуют два принципа, определяющих заполнение электронами d-орбиталей, расщепленных на  $d_{\epsilon}$  и  $d_{\gamma}$  –подуровни:
- 1. Электроны заполняют орбитали так, чтобы число неспаренных электронов было максимальным (правило Хунда).
- 2. Сначала заполняются орбитали, имеющие меньшую энергию.

# Применение

- Комплексные соединения имеют важное значение для живых организмов, так гемоглобин крови образует комплекс с кислородом для доставки его к клеткам, хлорофилл находящийся в растениях является комплексом.
- Комплексные соединения находят широкое применение в различных отраслях промышленности. Химические методы извлечения металлов из руд связаны с образованием КС. Например, для отделения золота от породы руду обрабатывают раствором цианида натрия в присутствии кислорода.
- Широкое применение комплексные соединения получили в аналитической химии в качестве индикаторов.
- Многие КС обладают каталитической активностью, поэтому их широко используют в неорганическом и органическом синтезах. Таким образом, с использованием комплексных соединений связана возможность получения многообразных химических продуктов: лаков, красок, металлов, фотоматериалов, катализаторов, надёжных средств для переработки и консервирования пищи и т. д.
- Комплексные соединения цианидов имеют важное значение в гальванопластике, так как из обычной соли бывает невозможно получить настолько прочное покрытие как при использовании комплексов.