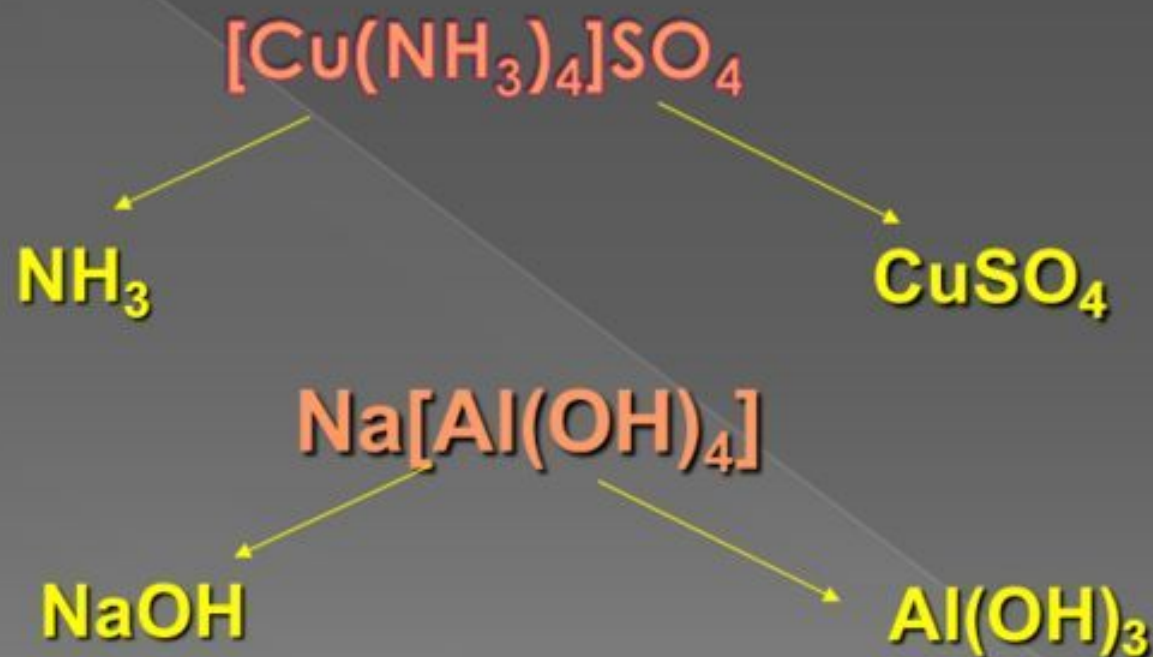


# ***КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ***

**Комплексным соединением** называют сложное соединение, образующееся при взаимодействии более простых неизменных частиц (атомов, ионов или молекул), каждая из которых способна существовать независимо в обычных условиях.



**Комплексными соединениями**, или просто **комплексами**, мы будем называть и комплексные ионы, и комплексные молекулы.

Наиболее удачно  
строение и свойства  
таких соединений  
объясняет  
координационная теория.



Предложена в **1893 г.** швейцарским химиком, лауреатом Нобелевской премии, профессором Цюрихского университета **Альфредом Вернером** и дополненная русскими учёными Л.А. Чугаевым, И.Л. Черняевым и А.А. Гринбергом.

(1866 – 1919)

**Большой вклад в развитие теории К.С.  
внесли российские ученые:**

Л.А.Чугаев



И.И.Черняев

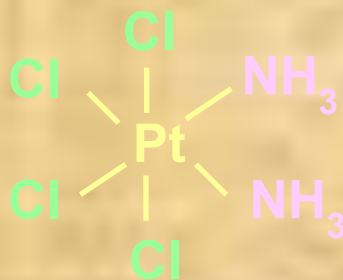


А.А. Гринберг



***Комплексные*** называют соединения, содержащие сложные ионы и молекулы, способные к существованию как а кристаллическом виде, так и в растворе.

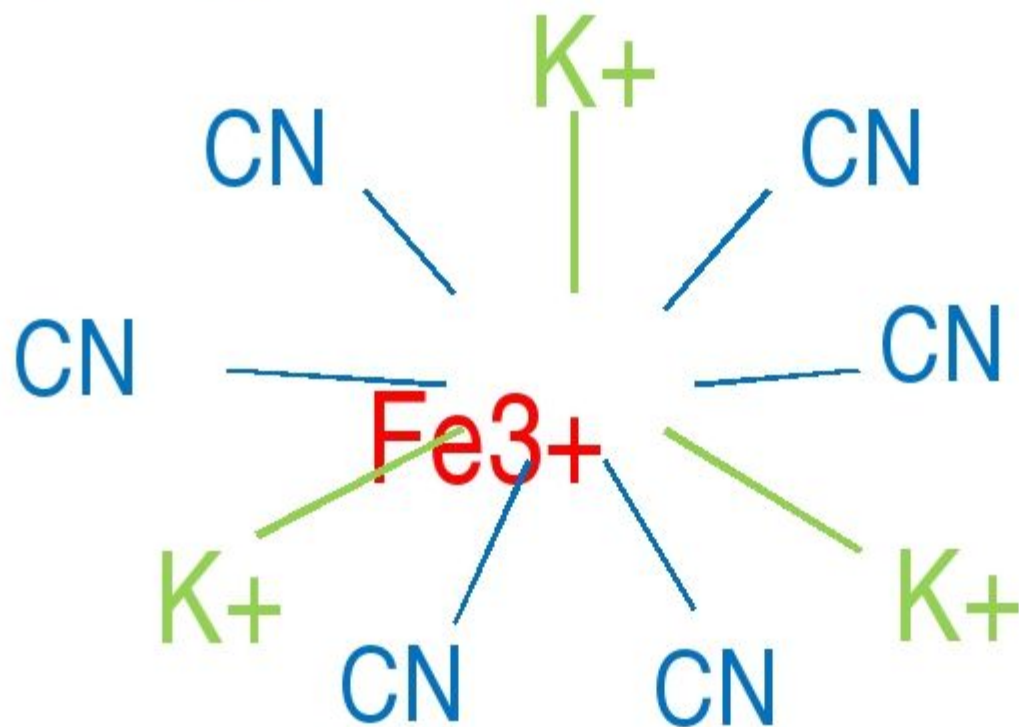
# Главная и побочная валентности



**Главная валентность** соответствует обычной валентности элемента, закономерности которой находят отражение в ПСХЭ

**Побочная валентность** – дополнительная, остаточная валентность, которую атомы проявляют после насыщения главной

# Строение комплексного соединения по Вернеру:



$\text{CN}$  насыщают побочную валентность

$\text{K}^+$  насыщают обычную (главную) валентность

## *Состав.*

- Согласно теории Вернера центральное положение в комплексных соединениях занимает, как правило, **ион металла**, который называют центральным ионом, или **комплексообразователем**.



- **Комплексообразователь** – частица (атом, ион или молекула), координирующая (располагающая) вокруг себя другие ионы или молекулы.



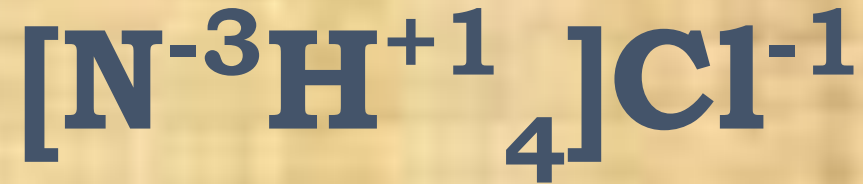
# Строение комплексного соединения



- Комплексообразователь обычно имеет положительный заряд, является *d*-элементом, проявляет амфотерные свойства, имеет координационное число 4 или 6. Вокруг комплексообразователя располагаются (координируются) молекулы или кислотные остатки – лиганды (адденды).

- **Лиганды** – частицы (молекулы и ионы), координируемые комплексообразователем и имеющие с ним непосредственно химические связи (например, ионы:  $\text{OH}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  – нейтральные молекулы:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$ )





ВНУТРЕННЯЯ СФЕРА:

КОМПЛЕКСНЫЙ ИОН  $[\text{NH}_4]^+$

КОМПЛЕКСООБРАЗОВАТЕЛЬ  $\text{N}^{-3}$

ЛИГАНДЫ  $\text{H}^+$

ВНЕШНЯЯ СФЕРА АНИОН  $\text{Cl}^-$

- Лиганды не связаны друг с другом, так как между ними действуют силы отталкивания. Когда лигандами являются молекулы, между ними возможно молекулярное взаимодействие.
- Координация лигандов около комплексообразователя является характерной чертой комплексных соединений.



# Строение комплексных соединений

- Координационные соединения образованы металлами побочных подгрупп, имеющими, как правило, незавершенный d - уровень.
- Метод валентных связей (ВС) принимает во внимание донорно-акцепторное происхождение связей в комплексных соединениях. Образование комплексного иона можно объяснить наличием у катионов d-металлов вакантных орбиталей на s-, p-, d- и f- подуровнях:

$\text{Co}^0$



$\text{Co}^{3+}$







# Классификация комплексных соединений



Комплексные соединения  
классифицируют

по заряду комплекса

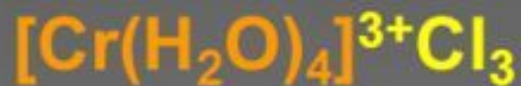
по виду лигандов

по составу внешней сферы

# Классификация

## По заряду комплекса

**Катионные**



**Нейтральные**



**Катионно -  
анионные**



**Анионные**



# Классификация По составу внешней сферы

Кислоты



Соли



Основания



Неэлектролиты



# Классификация

## По виду лигандов

**Аква**комплексные



**Ацидо**комплексные



**Смешанные**



**Амино**комплексные



# Номенклатура КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

## Правила названия комплексных соединений:

1. Первым называют анион, затем катион. Название комплекса пишут в одно слово.
2. В названии комплекса сначала перечисляют лиганды (по первым буквам русского алфавита), затем центральный атом.
3. Нейтральные лиганды называют без изменения; к названиям отрицательно заряженных лигандов прибавляют окончание «о».
4. Если одинаковых лигандов в комплексе несколько, перед их названием употребляют соответствующее греческое числительное.
5. Название комплексообразователя зависит от заряда комплекса.

5.1. Для нейтрального и катионного – именительный падеж (рус. яз.)

5.2. Для анионного комплекса – латинский язык (суффикс «ат»)

# НОМЕНКЛАТУРА КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

## ЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ:

- 2- ди-
- 3- три-
- 4- тетра-
- 5- пента-
- 6- гекса-

## НАЗВАНИЯ ЛИГАНДОВ:

$\text{H}_2\text{O}$  – аква-

$\text{NH}_3$  – аммин-

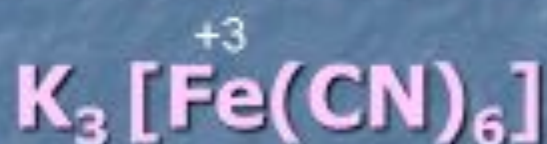
$\text{OH}^-$  - гидроксо-

$(\text{CN})^-$  - циано-

$(\text{NO}_2)^-$  - нитро-

$\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$  - фторо-,  
хлоро-, бром-, йодо-

# Номенклатура комплексных соединений



- Гексацианоферрат(III) калия



- Хлорид тетраамминмеди(II)

1 – моно  
2 – ди  
3 – три  
4 – тетра  
5 – пента  
6 – гекса

$\text{H}_2\text{O}$  – аква  
 $\text{NH}_3$  – аммин  
 $\text{Cl}^-$  – хлоро-  
 $\text{NO}_2^-$  – нитро-  
 $\text{CN}^-$  – циано-  
 $\text{SCN}^-$  – родано-

Порядок перечисления лиганд:

1. Анионные:  $\text{H}^-$ ,  $\text{O}^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$ , простые анионы, многоатомные анионы, органические в алфавитном порядке
1. Нейтральные:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и т.д.
2. Катионные:  $\text{N}_2\text{H}_5^+$  и т.д.

- -0  
+ -иум  
13

# НОМЕНКЛАТУРА КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ



гидроксида натрия



хлорид гексааквахрома (III)



тетрайодомеркурат (II) калия



# НАЗОВИТЕ КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ



Гексафтороалюминат натрия



Тетрагидроксоалюминат натрия



Гексацианоферрат (II) калия

# НАЗОВИТЕ КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ



Сульфат тетраамминмеди (II)



Хлорид диамминсеребра



Хлорид гексааквахрома (III)



# СОСТАВЬТЕ ФОРМУЛЫ ВЕЩЕСТВ

Гексахлороплатинат (IV) калия

Ответ:  $\text{K}_2 [\text{PtCl}_6]$

Нитрат гексаакваалюминия

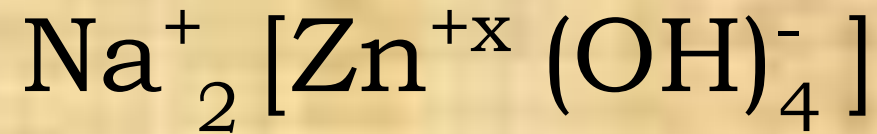
Ответ:  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6] (\text{NO}_3)_3$

Гексагидроксохромат (III) натрия

Ответ:  $\text{Na}_3 [\text{Cr}(\text{OH})_6]$

Нитрат гексаамминникеля (II)

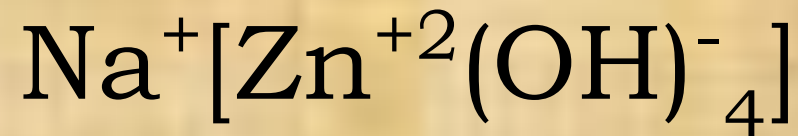
Ответ:  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6] (\text{NO}_3)_2$



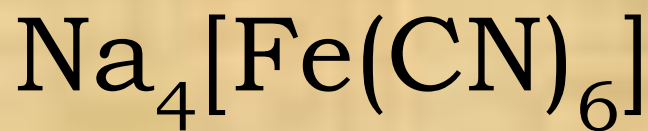
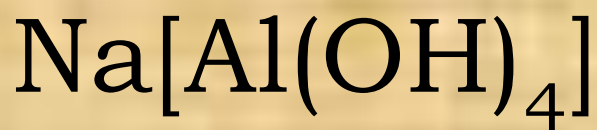
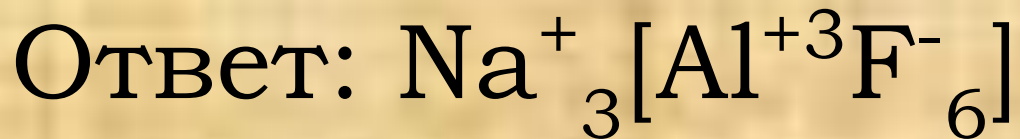
$$(+1) \cdot 2 + x + (-1) \cdot 4 = 0$$

$$x = 0 - 2 + 4$$

$$x = +2$$



**РАССТАВЬТЕ СТЕПЕНЬ ОКИСЛЕНИЯ ИОНА  
КОМПЛЕКСООБРАЗОВАТЕЛЯ:**



# Рождение стереохимии



Якоб Вант-Гофф  
(1852 — 1912)

1874 г.

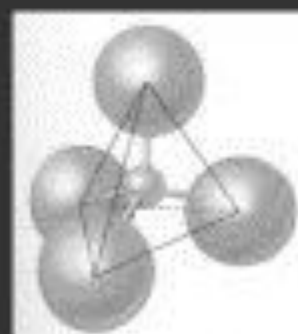
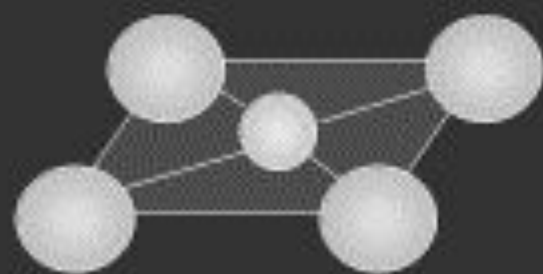
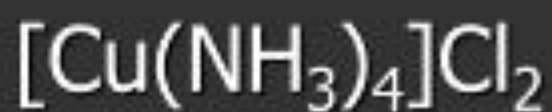
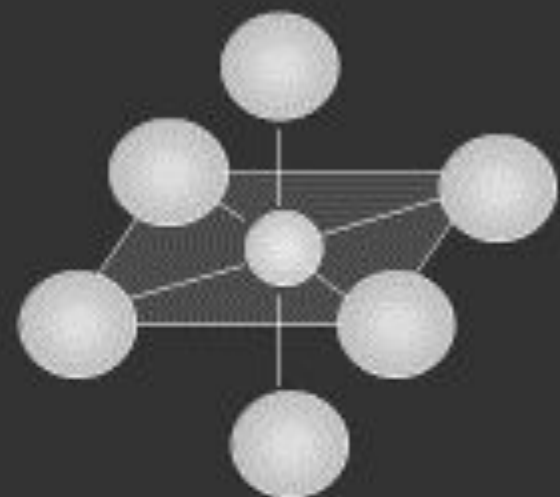
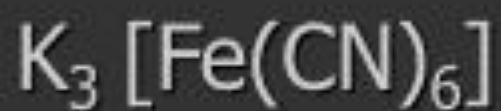
«Предложение применять в пространстве современные структурно-химические формулы вместе с примечанием об отношении между оптической вращательной способностью и химической конструкцией органических соединений»



«Фантастическая чепуха, напроць лишенная какого бы то ни было фактического основания и совершенно непонятная серьезному исследователю»

*Г. Кольбе*

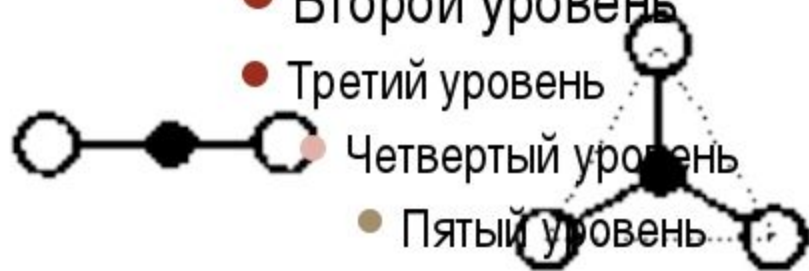
# Строение комплексного соединения



# Форма комплексного иона

КЧ = 2    Образец текста = 3

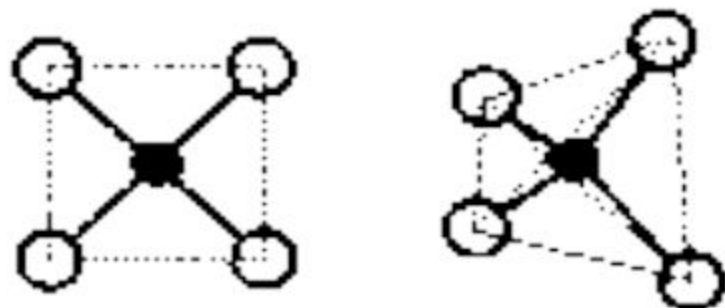
- Второй уровень
- Третий уровень
- Четвертый уровень
- Пятый уровень



Гантель

Треугольник

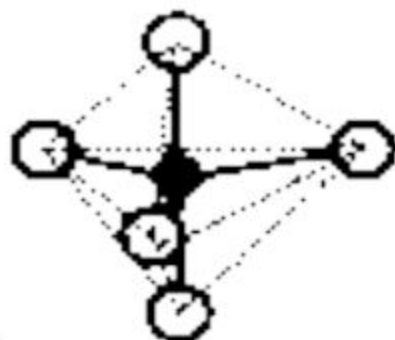
КЧ = 4



Квадрат

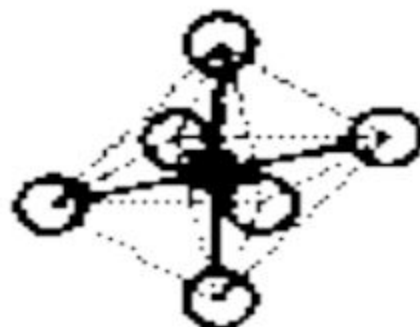
Тетраэдр

КЧ = 5



Тригональная  
бипирамида

КЧ = 6

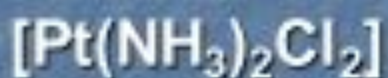
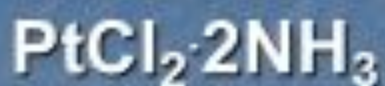


Октаэдр



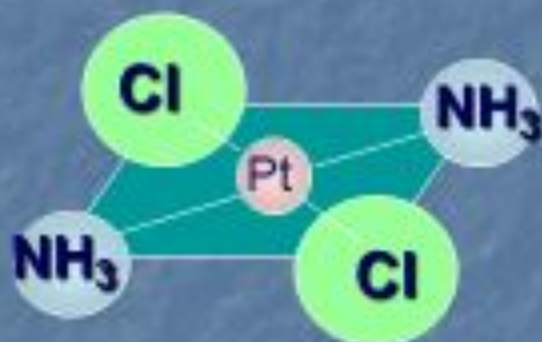


# Изомерия комплексов



Цис-изомер

Транс-изомер



Соль Пейроне

1844 г. М. Пейроне

Оранжево-желтый

Хлорид второго основания Рейзе

светло-желтый

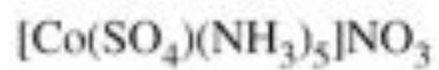
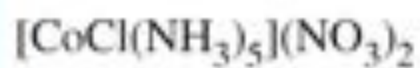
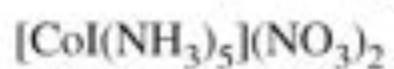
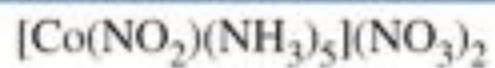
Противоопухолевая активность!

Мичиганский ун-т, д-р Барнетт Розенберг



# Сольватная изомерия

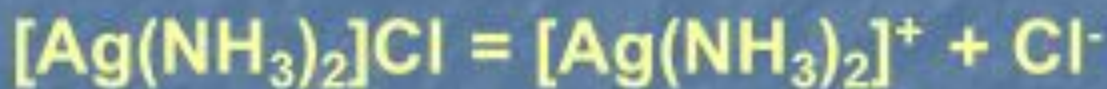
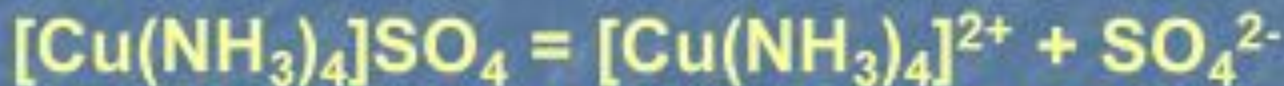
$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$	Фиолетовый
$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$	Светло-зеленый
$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$	Темно-зеленый



# Комплексные соединения в растворах



## Первичная диссоциация комплексных соединений



## Вторичная диссоциация комплексов



$$K_{\text{H}} = \frac{[\text{Ag}^+][\text{NH}_3]^2}{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+} = 9,3 \cdot 10^{-8}$$

**Диссоциация** комплексов (или реакции обмена лигандов на молекулы растворителя) количественно характеризуется **константами нестойкости комплексов**  $K_{\text{H}}$ .

# Что же такое комплексы?

- **Комплексные соединения** – вещества, существующие как в кристаллическом состоянии, так и в растворе, особенностью которых является наличие центрального атома (акцептора электронов), окруженного лигандами (донорами электронов).

В растворе лиганды способны ступенчато и обратимо отщепляться от центрального атома по гетеролитическому типу.

# Комплексные соединения используются:

## - в аналитической химии



Аналитическая химия



Качественный  
анализ

Количественный  
анализ

Полный  
анализ

Определение  
примесей

Анализ на содержание  
основных веществ

MyShared

- для разделения некоторых металлов и получения металлов высокой степени чистоты;

- в качестве красителей;

- для устранения жесткости воды;

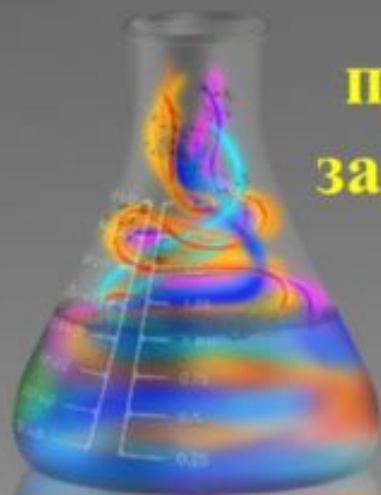
- в качестве катализаторов важных биохимических процессов.

- в гальванотехнике;

- в борьбе с коррозией металлов;

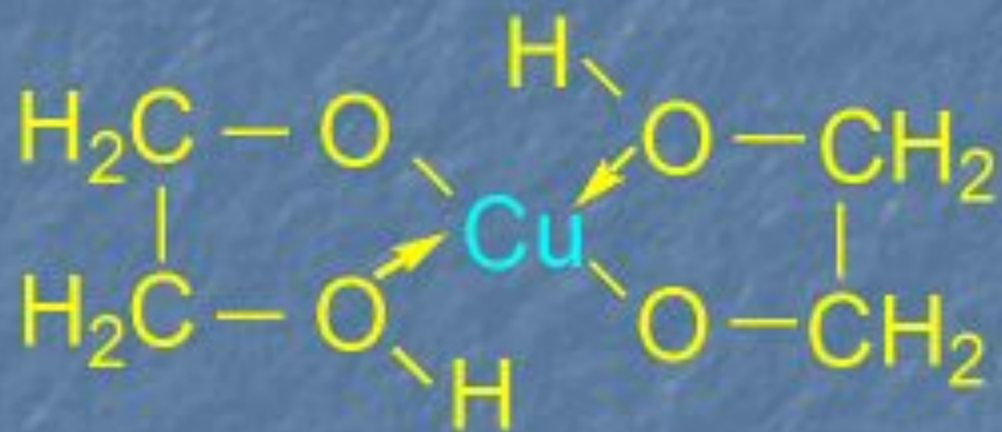
- в практике дезактивации;

при производстве веществ с заранее заданными свойствами в качестве катализаторов и т.д.

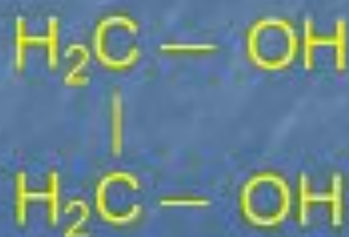




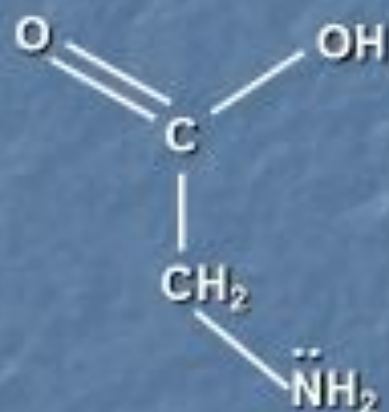
# Хелатные комплексные соединения



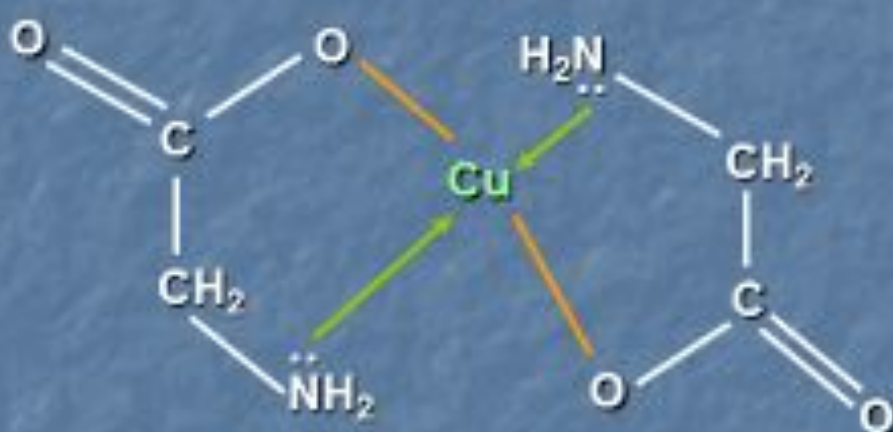
Термин «хелат»  
1920 г. Морган и Дрю



# Внутрикомплексные соединения (ВКС)



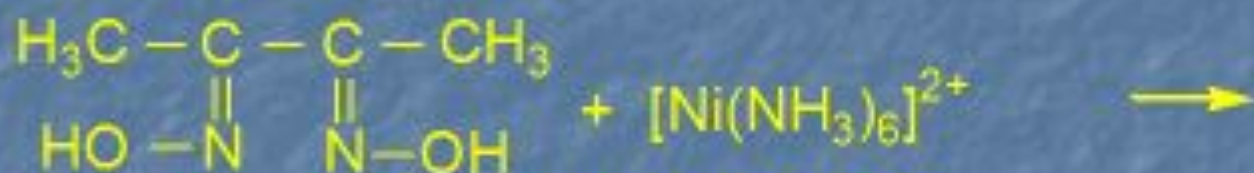
**Глицин**



Внутрикомплексные соединения с полидентатными лигандами получаются в тех случаях, когда ионы металла-комплексобразователя **замещают атомы водорода** функциональных групп органического соединения и, кроме того, взаимодействуют с какими-либо группами **за счет координационной связи**

Не содержат внешнесферных ионов, комплексы - незлектролиты

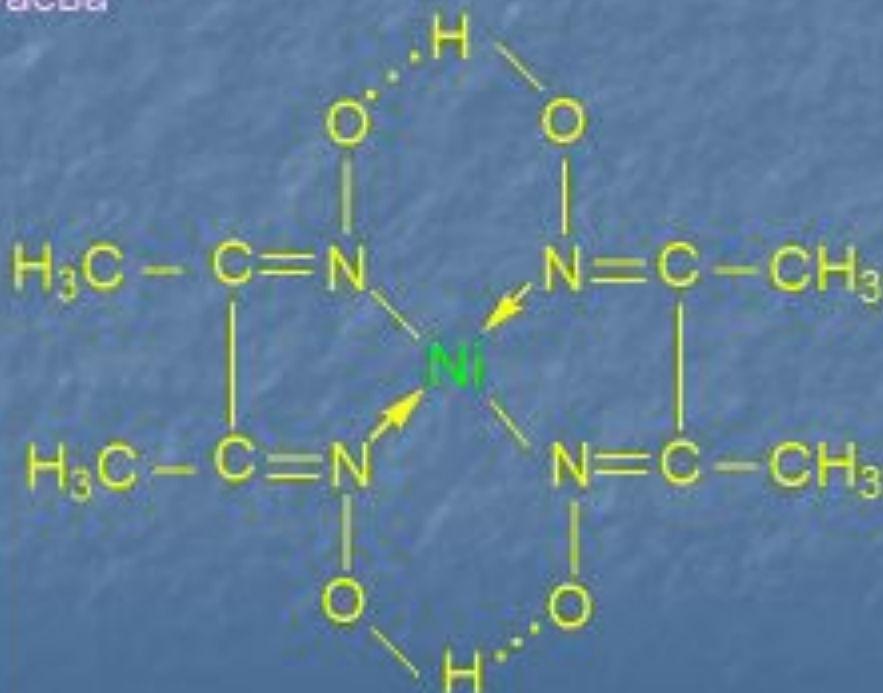
# Качественная реакция на $\text{Ni}^{2+}$ с диметилглиоксимом



Реактив Чугаева



Лев Александрович  
Чугаев  
(1873-1922)





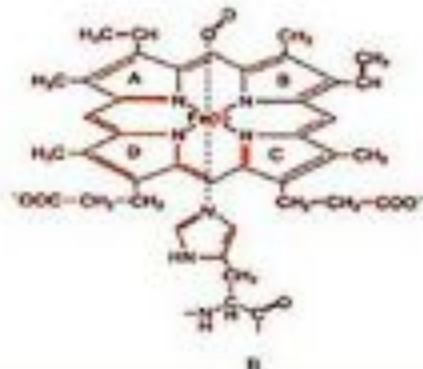
# Гемоглобин



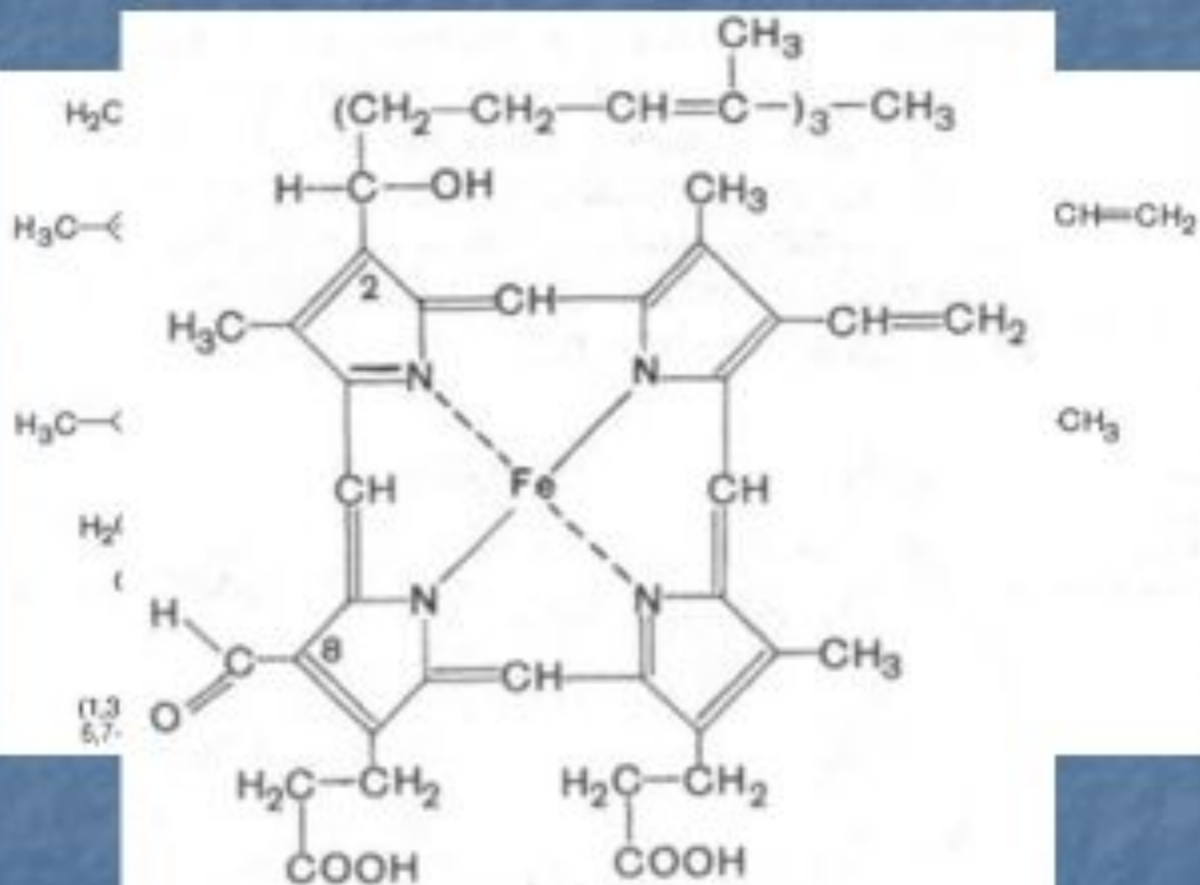
а



б

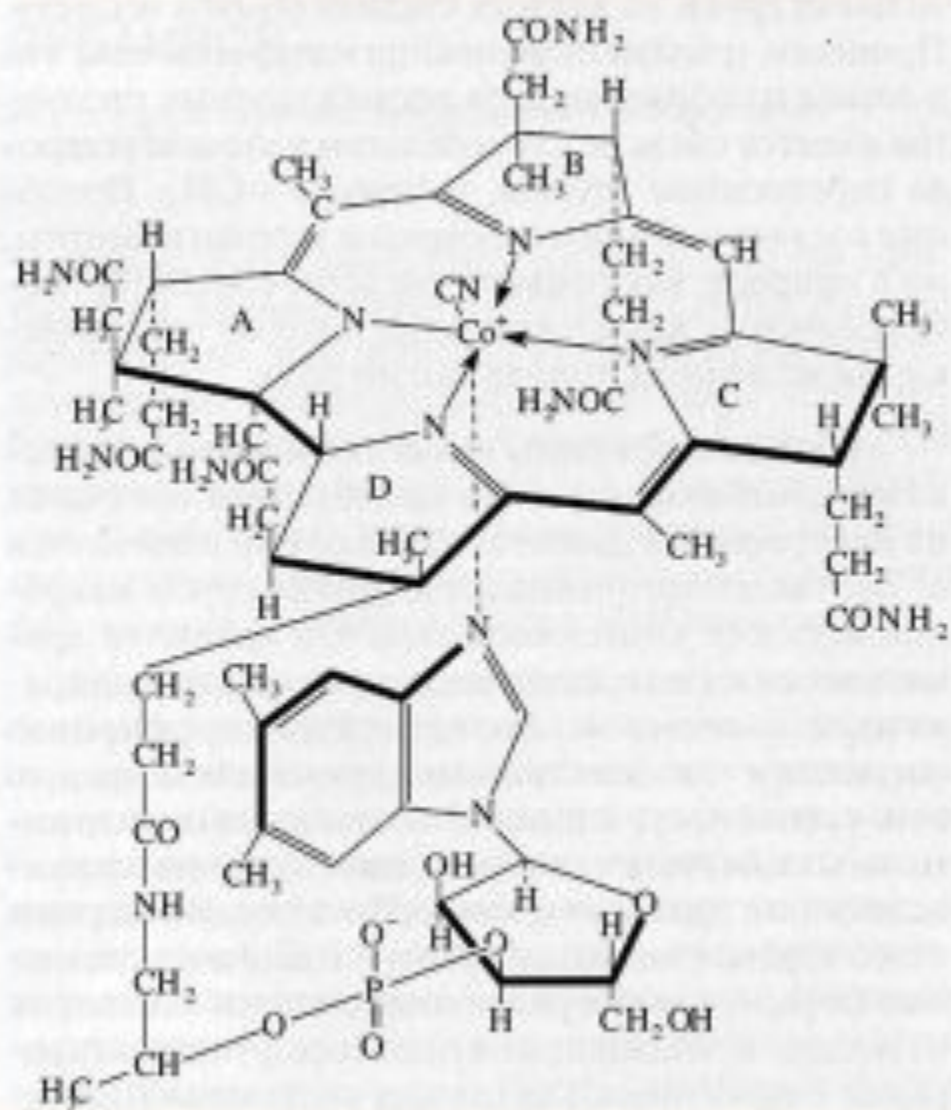


в



Гем а (формилпорфирин)

**B<sub>12</sub>**



1964 г. – Дороти Ходжкин



# Закрепление

- Заполните пропуски в листе рассказа «Комплексные соединения».
- Строение комплексных соединений объясняется с позиций ... теории швейцарского ученого Альфреда Вернера.
- Согласно названной теории в комплексном соединении различают две сферы – ...
- В комплексных соединениях центральный ион или атом металла, называется ..., он удерживает вокруг себя некоторое число ионов или молекул, называемых ... (от лат. ligo – «связываю»).
- Совокупность ... и ... называется ... сферой комплекса (комплексным ионом).
- Комплексообразователь связан с лигандами ... связями, образованными по ... механизму.



# Домашнее задание

Напишите формулы следующих соединений:

- 1) сульфат гексаамминхрома (II);
- 2) нитрат гидроксодиаминакваплатины (II);
- 3) гексацианоферрат (II) калия;
- 4) тетрагидроксокупрат (II) натрия;
- 5) трихлоротриамминкобальт (III).
- Определите: а) заряд внутренней сферы, б) степень окисления комплексообразователя; в) координационное число комплексообразователя;