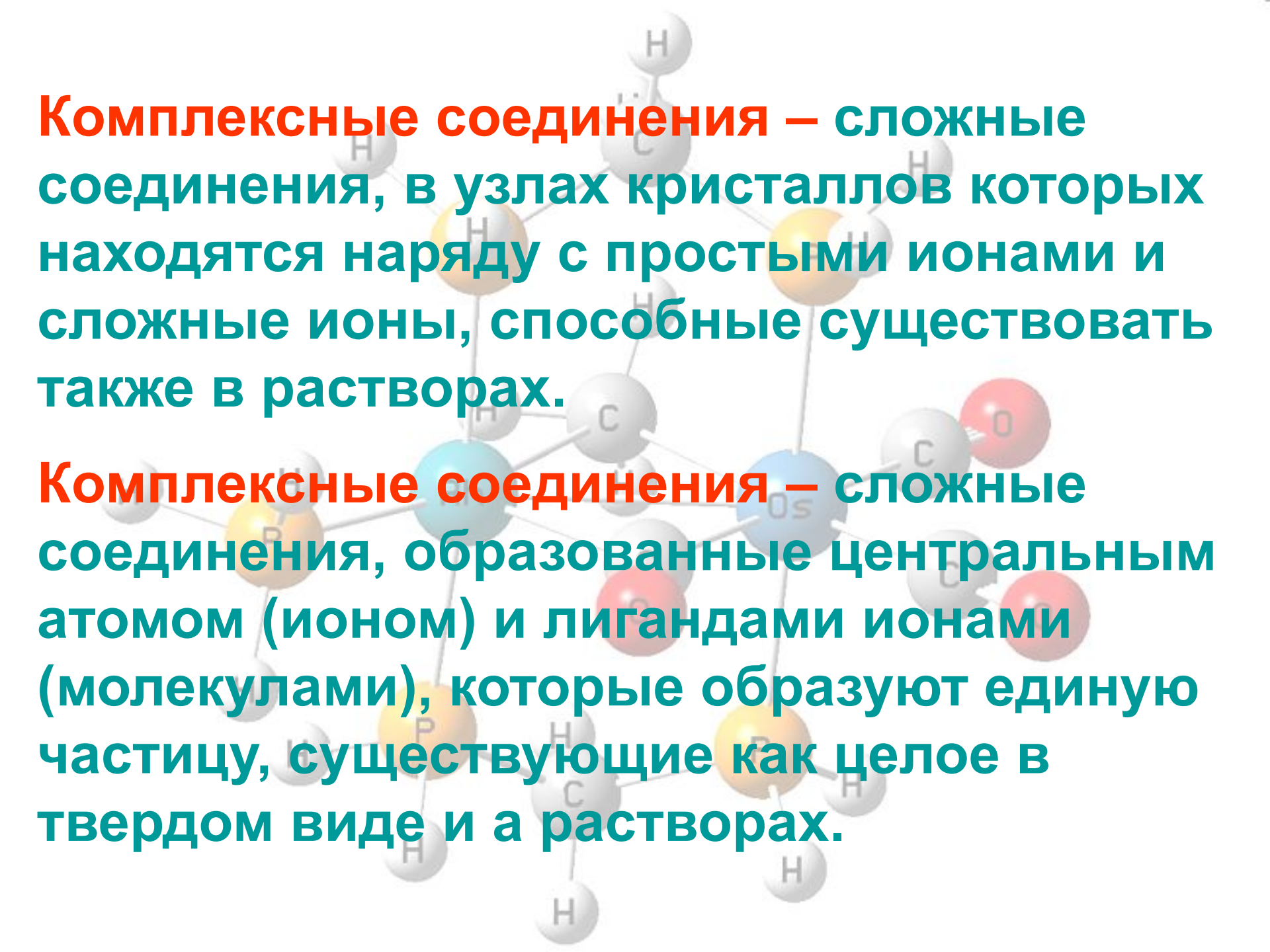


A collection of laboratory glassware including Erlenmeyer flasks and beakers containing liquids of various colors: yellow, orange, pink, light blue, and green. A glass rod is also visible. The background is a soft, light blue gradient.

# КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ



**Комплексные соединения** – сложные соединения, в узлах кристаллов которых находятся наряду с простыми ионами и сложные ионы, способные существовать также в растворах.

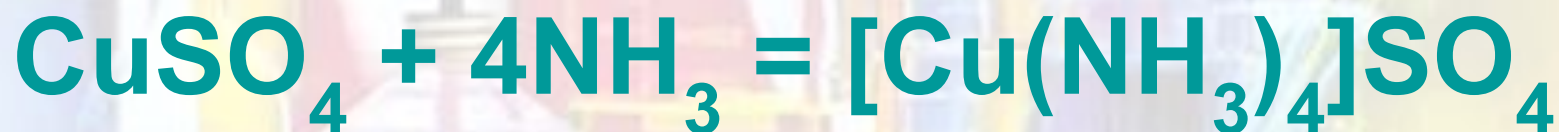
**Комплексные соединения** – сложные соединения, образованные центральным атомом (ионом) и лигандами ионами (молекулами), которые образуют единую частицу, существующие как целое в твердом виде и в растворах.

# Образование комплексного соединения

## 1. Реакция присоединения:



## 2. Реакция внедрения





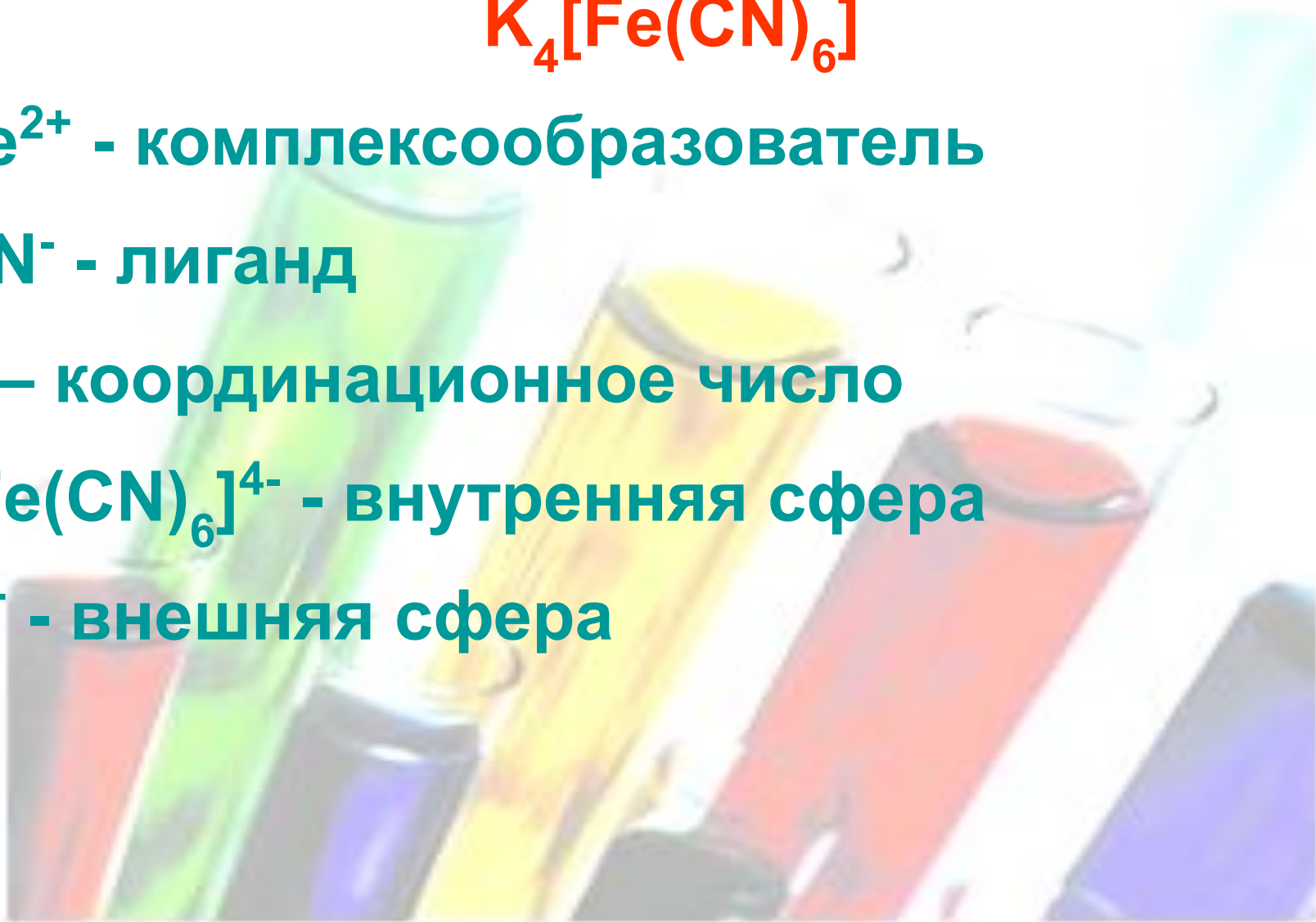
$\text{Fe}^{2+}$  - комплексообразователь

$\text{CN}^-$  - лиганд

6 – координационное число

$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  - внутренняя сфера

$\text{K}^+$  - внешняя сфера





$\text{Pt}^{4+}$  - комплексообразователь

$\text{NH}_3$  и  $\text{Cl}^-$  - лиганды

$6=2+4$  – координационное число

Внешней сферы нет





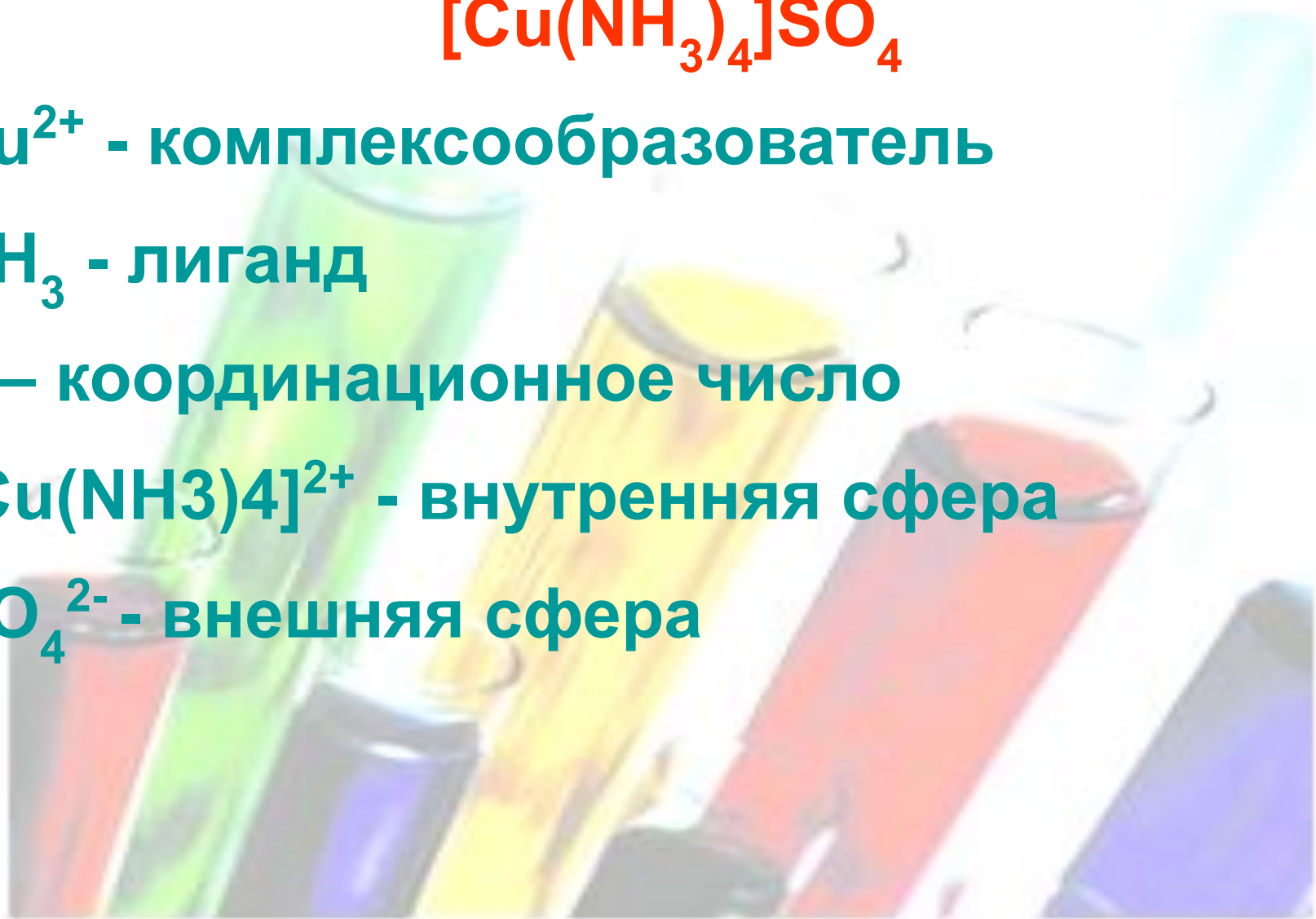
$\text{Cu}^{2+}$  - комплексообразователь

$\text{NH}_3$  - лиганд

4 – координационное число

$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  - внутренняя сфера

$\text{SO}_4^{2-}$  - внешняя сфера



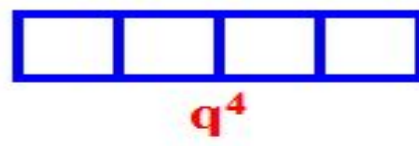
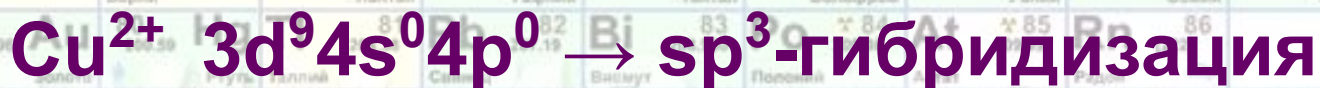


# МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ К.С.

**Теория ВС:** гибридизация центрального атома и донорно-акцепторный механизм.

**Центральный ион** – акцептор электронов (электронный дефицит).

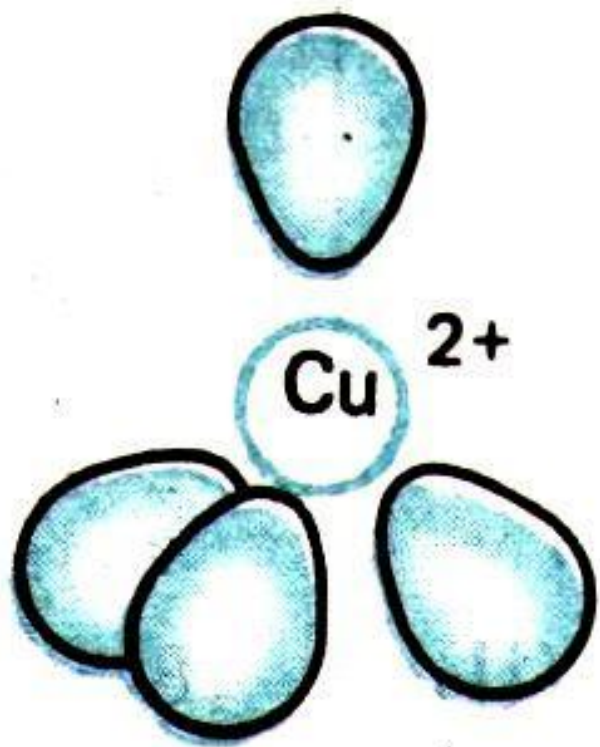
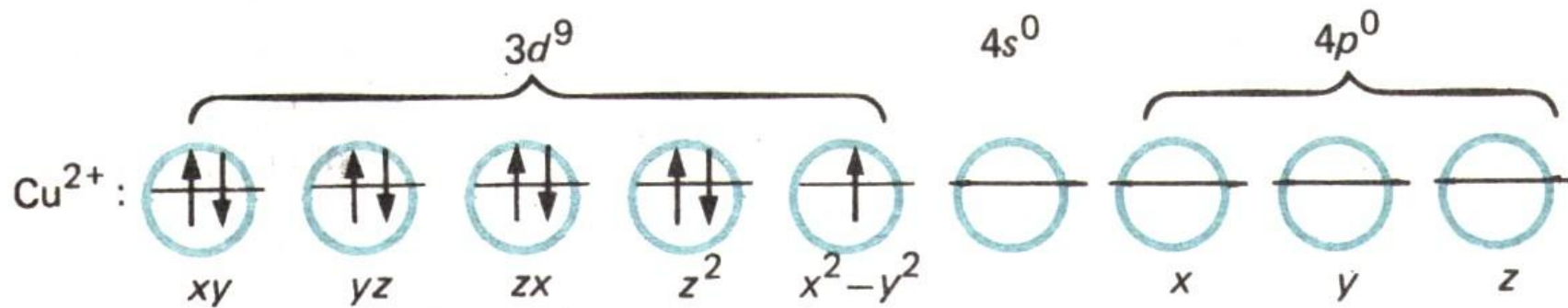
**Лиганды** – доноры электронной пары за счет неподеленной электронной пары (атома N, O, S, галогенов).



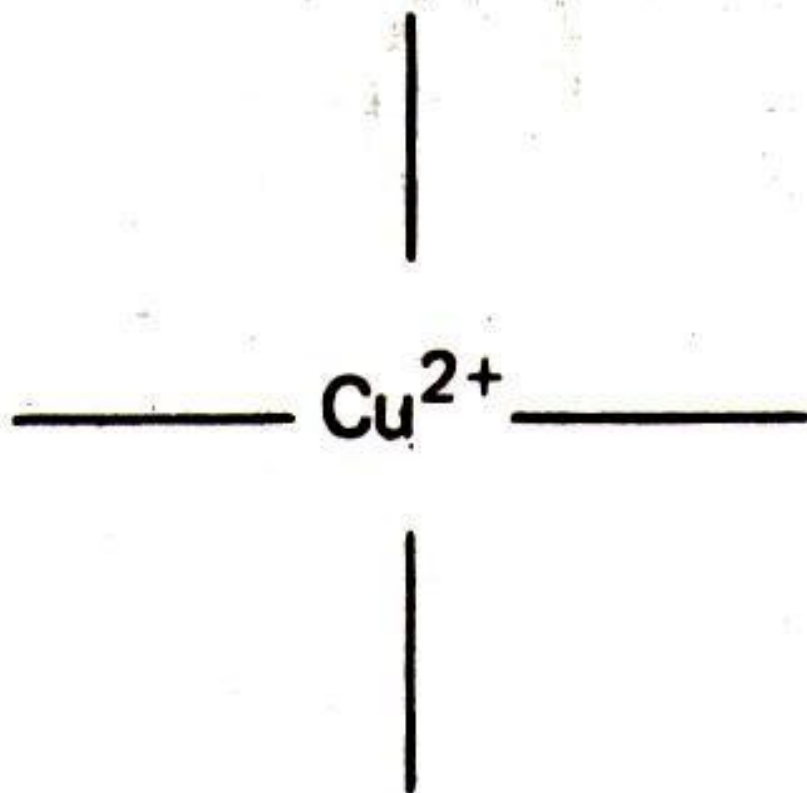
ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

ЛАНТАНОИД  
АКТИНОИД  
Неме:  
Мета:

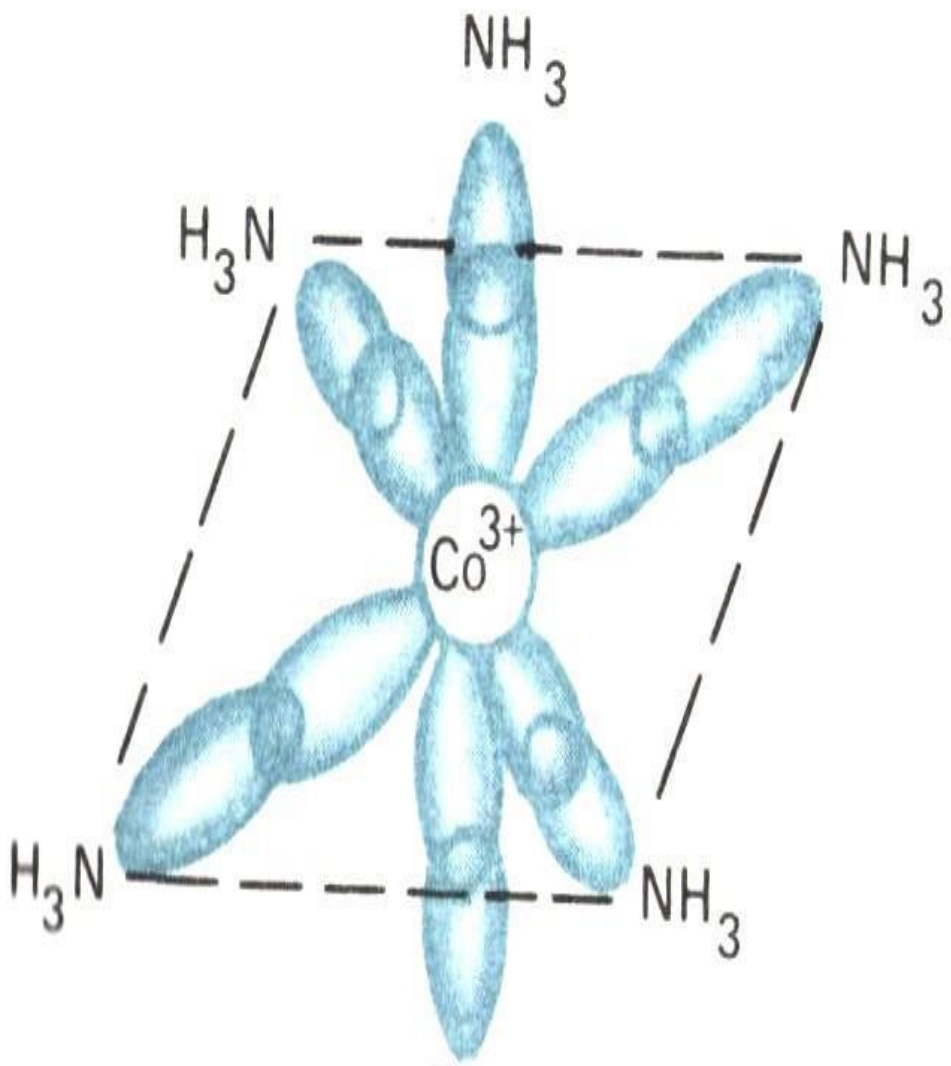
Дармштадтский  
71 Lu  
103 Lr



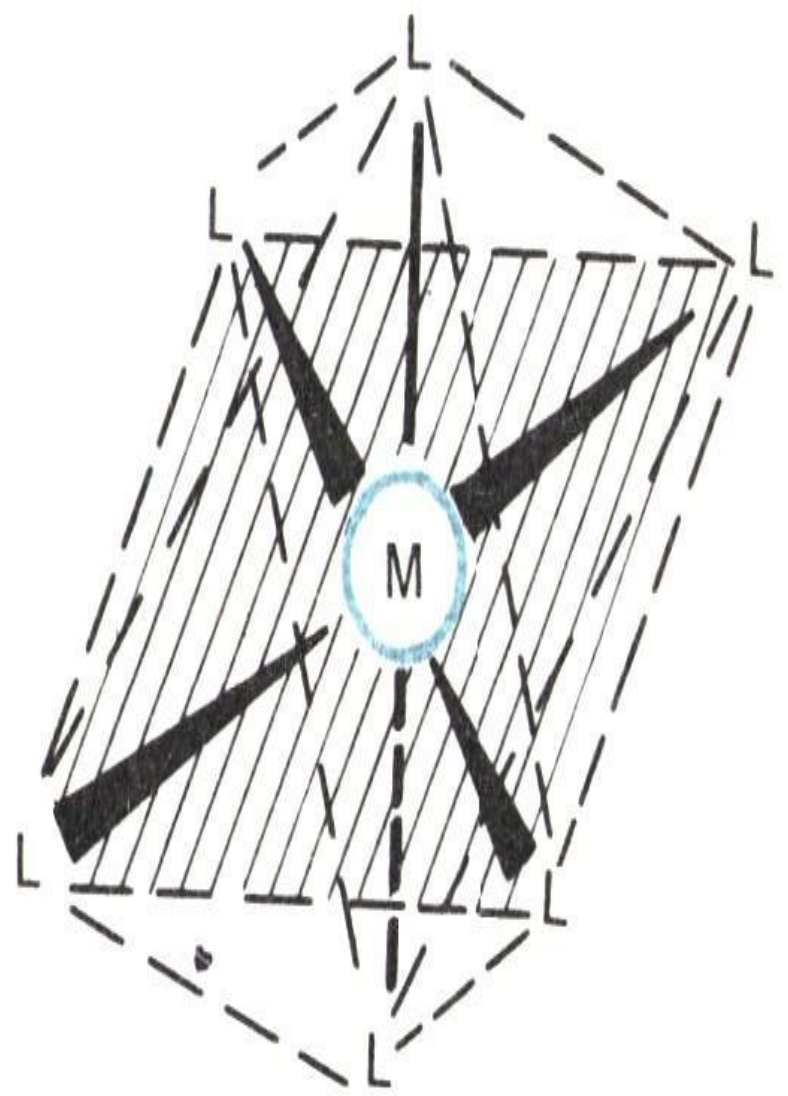
или







$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$   
гексамминкобальт (III)



$\text{ML}_6$

# КЛАССИФИКАЦИЯ К.С.

## 1. По заряду внутренней сферы

а) катионные



б) анионные



в) нейтральные



# КЛАССИФИКАЦИЯ К.С.

## 2. По природе лигандов

### а) ацедокомплексы



### б) амминные комплексы



### в) гидроксокомплексы



### г) аквакомплексы



### д) внутрикомплексные соединения - хелаты

### е) смешаннолигандные комплексы

# НОМЕНКЛАТУРА

## I. Катионные комплексы

Анион + лиганд с учетом его числа + +  
комплексобразователь и его степень  
окисления

$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$  – сульфат тетраамин меди (II)

$[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$  – хлорид гексааквокобальта (II)

# НОМЕНКЛАТУРА

## 2. Анионные комплексы

Лиганды с учетом их числа +  
комплексобразователь (латинское  
название с окончанием «-ат») + степень  
окисления комплексобразователя +  
внешняя сфера

$K_3[Fe(CN)_6]$  – гексацианоферрат (III) калия

$Na_3[Co(NO_2)_6]$  – гексанитрокобальтат (III) натрия

$K_2[HgJ_4]$  – тетраiodогидраргират (II) калия



# НОМЕНКЛАТУРА

## 3. Нейтральные комплексы

Лиганды с учетом их числа +  
+ комплексообразователь

$[\text{Fe}(\text{CO})_5]$  – пентакарбония железа



# НОМЕНКЛАТУРА

## 4. Смешаннолигандные комплексы

**Анионы + лиганды с учетом его числа +  
комплексобразователь и его степень  
окисления**

*Если лиганды – два аниона или две нейтральные  
молекулы, то по алфавиту*

$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$  – тетрахлородиаммин платина

$[\text{CoBr}(\text{H}_2\text{O})_5]\text{SO}_4$  – сульфат бромопентааквокобальта (III)

$[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6][\text{Co}(\text{CN})_6]$  – гексацианокобальтат (III)  
гексааммин хрома (III)

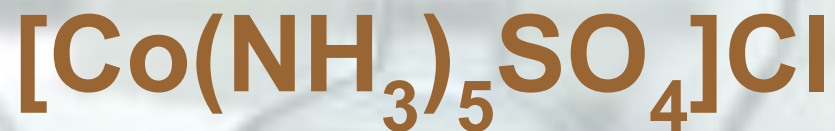
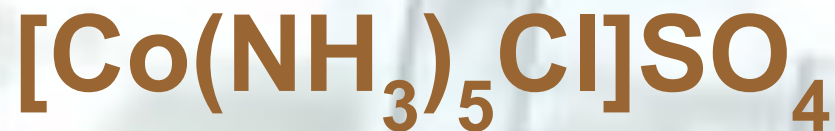
# ИЗОМЕРИЯ

## 1. Координационная



# ИЗОМЕРИЯ

## 2. Ионизационная



# ИЗОМЕРИЯ

## 3. Гидратная





# ИЗОМЕРИЯ

## 4. Геометрическая (цис - транс)



# ДИССОЦИАЦИЯ К.С.

1. Если есть внешняя сфера –  
первичная диссоциация как  
сильного электролита



# ДИССОЦИАЦИЯ К.С.

2. Внутренняя сфера –  
вторичная диссоциация как  
слабого электролита обратимо.

*Применим 3.Д.М.*



# ДИССОЦИАЦИЯ К.С.

3. Константа диссоциации – константа нестойкости (константа неустойчивости) – количественная характеристика прочности комплекса.

Чем меньше  $k_{\text{нест}}$ , тем прочнее комплекс.

$$k_{\text{нест}} = \frac{[Ag^+][NH_3]^2}{[Ag(NH_3)_2^+]}$$

# ДИССОЦИАЦИЯ К.С.

4. Величина обратная  $k_{\text{нест}}$  называется константой устойчивости (константа образования).

Чем больше  $k_{\text{уст}}$ , тем прочнее комплекс.

$$k_{\text{уст}} = \frac{1}{k_{\text{нест}}}$$

Величина  $k_{\text{нест}}$  или  $k_{\text{уст}}$  определяются экспериментально и приводятся в таблицах и справочниках



# ХЕЛАТНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ



**Лиганды занимают 2 или более координационных мест (полидентантные лиганды)**

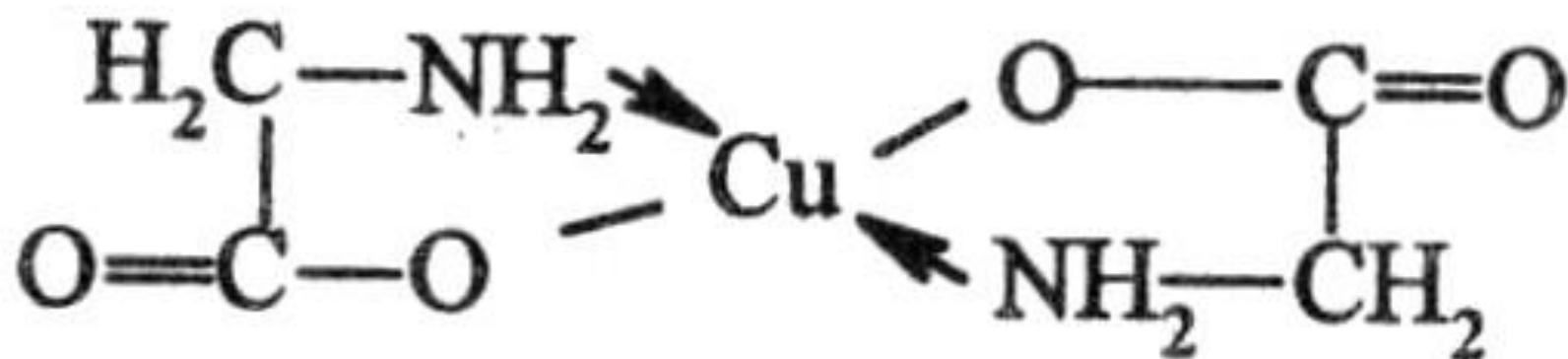
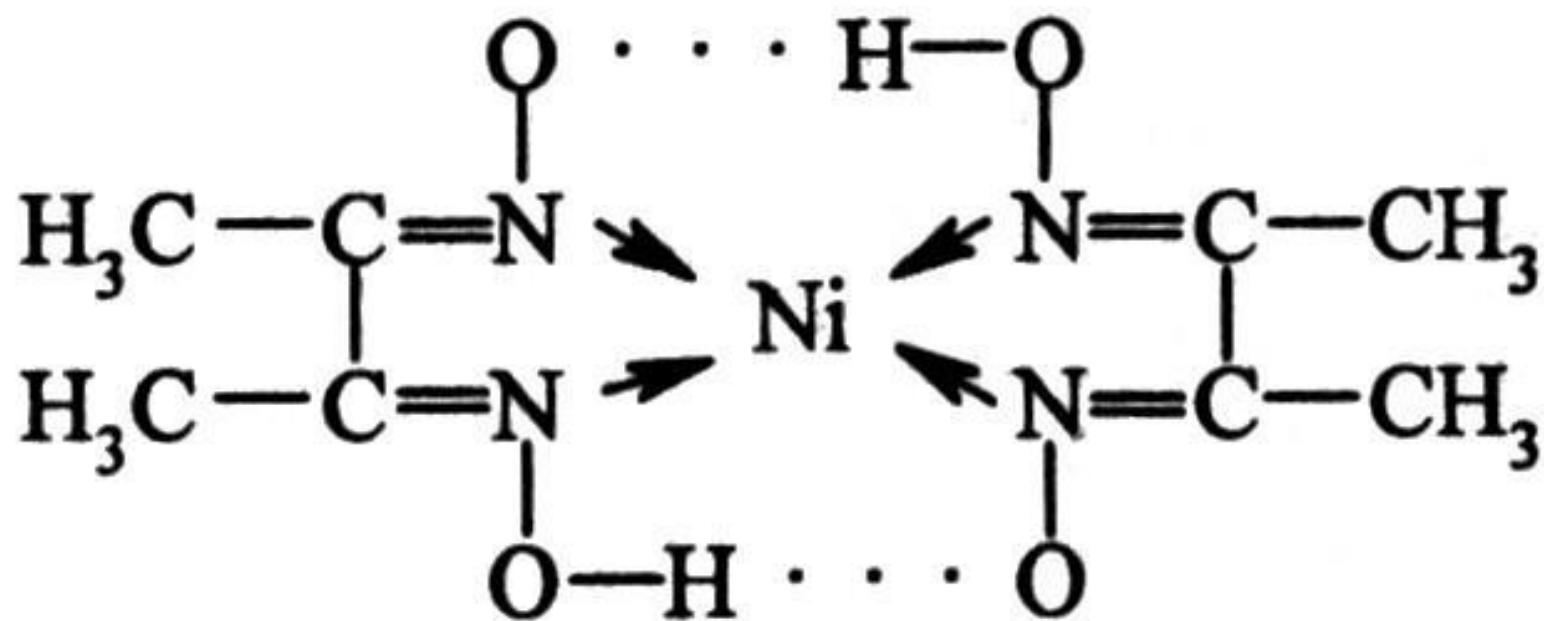
**Все биокомплексы – хелатные соединения. Биолиганды – аминокислоты, белки, нуклеиновые кислоты, ферменты и др.**

**Гемоглобин, металлоферменты, витамин В-12, хлорофилл – хеоатные соединения.**

# Правила циклов Л.А. ЧУГАЕВА

1) Наиболее устойчивы и прочны 5- и 6-членные циклы с участием комплексообразователя.

2) Чем больше циклов с участием комплексообразователя, тем более прочный комплекс.



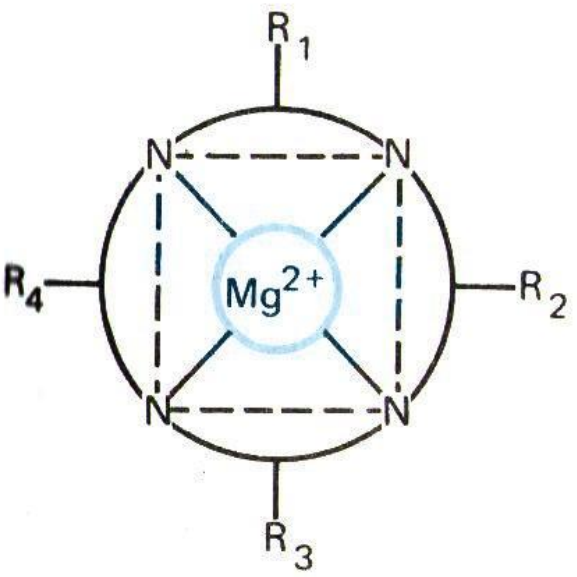
# Полидентантными лигандами являются:

1. Этилендиаминтетраацетат натрия (комплексон III, Трилон Б).
2. Валиномицин (антибиотик) – 18-краун-6 с  $K^+$
3. Макроциклические соединения «гость-хозяин»

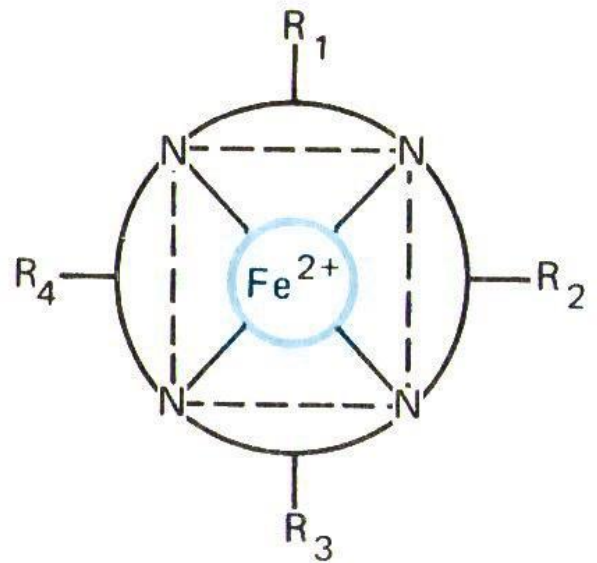
# Полидентантными лигандами являются:

4. **Металлоцены** – образуются за счет взаимодействия вакантных орбиталей центрального атома с  $\pi$ -электронами ароматических или сопряженных систем (ферроцен)
5. **Гемоглобин** – комплекс гем, белок – глобин. Это металлопорфириновый комплекс  $Fe^{2+}$ . Лиганд – порфин, центральный ион –  $Fe^{2+}$ .

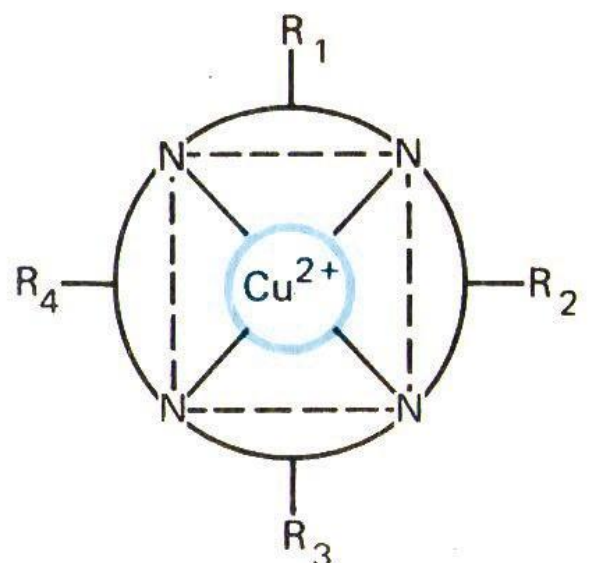




активный центр  
хлорофилла



активный центр  
гемоглобина

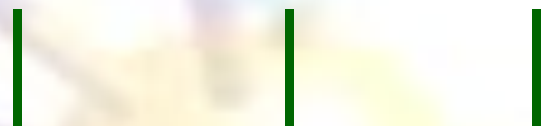


активный центр  
гемоцианина

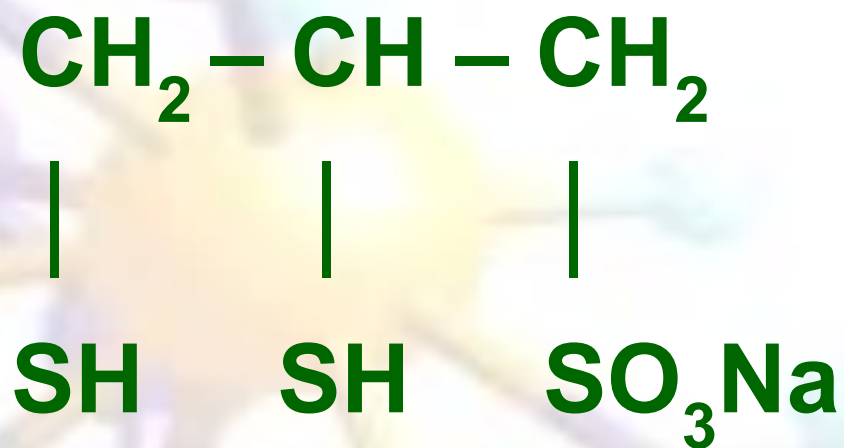
# **ХЕЛАТОТЕРАПИЯ**

**- применение антидотов-лигандов для выведения токсичных d- и p-элементов из организма.**

# 1) БАЛ – британский антилюзит



## 2) Унитиол – растворимое соединение



**3) Тетацин кальций**



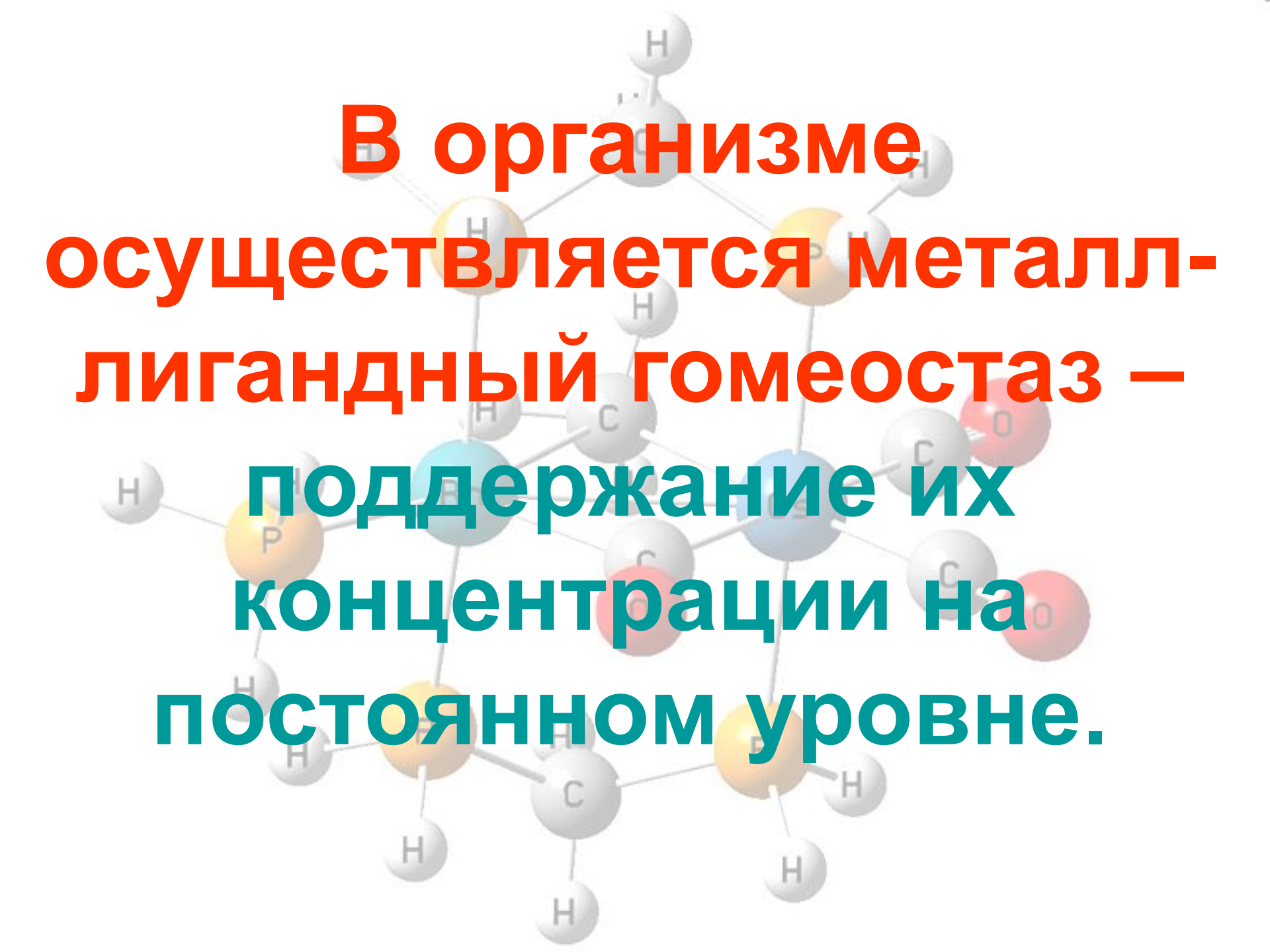
**4) Цис-изомер дихлородиаммин  
платины**



# **В биолигандах 2 вида комплексов:**

- 1. Роль Me высокоспецифична. Замена его даже на близкий ион приводит к полной утрате физиологической активности (гемоглобин)**
- 2. Малопрочные комплексы образуются только на то время, которое нужно для выполнения их функций (например, металлоферменты – катализ).**





**В организме  
осуществляется металл-  
лигандный гомеостаз –  
поддержание их  
концентрации на  
постоянном уровне.**

# Причины нарушения гомеостаза:

1. Поступление из окружающей среды ионов-токсикантов.
2. Поступление микроэлементов, необходимых для жизни, в значительно больших количествах, чем нужно (Ni – Урал, Си – Башкирия).
3. Недостаточное поступление необходимых микроэлементов (Си – Тюмень)

# Причины нарушения гомеостаза:

4. Поступление в организм токсичных лигандов (средства бытовой химии и химические средства защиты растений).
5. Образование «фальшивых лигандов». «Красная волчанка» - незапланированный гидролиз пептидаз с образованием лигандов, конкурирующих с ферментами за  $\text{Cu}^{2+}$ .

# Принципы хелатотерапии

1. Эффект связывать ионы-токсиканты с антидотами должен быть более прочным, чем в организме.
2. Не разрушать жизненно важные комплексные соединения, т.е. соединения антидота или иона-токсиканта должны быть менее прочными, чем комплексы с жизненно важными комплексными соединениями.

# ТОКСИЧНЫЕ ИОНЫ:

$\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ , U, As, Cr, Bi,  
РЗЭ, плутоний,  
радиоактивные металлы

