

**КОМПЛЕКСНЫЕ  
(КООРДИНАЦИОННЫЕ  
) СОЕДИНЕНИЯ**



- ▣ **Современная координационная химия связана с именем швейцарского химика А. Вернера, сформулировавшего основные положения координационной теории (1893 г.).**



# ВЕРНЕР АЛЬФРЕД

(12.XII.1866–15.XI.1919)

Швейцарский химик. Основоположник химии комплексных (координационных) соединений. Выдвинул и развил (1893) координационную теорию строения комплексных соединений, опровергающую представления о постоянстве чисел валентности. Предсказал (1899) существование оптически активных изомеров, не имеющих асимметрического углеродного атома. Нобелевская премия (1913).



□ ***Комплексными*** называют соединения, содержащие в одном из агрегатных состояний группу ионов или нейтральных молекул (*лигандов*), в определенном порядке размещенных (координированных) вокруг атома (иона) – комплексообразователя.



Комплексы это соединения, образованные при координировании одним атомом одного или более ионов или молекул

Соединения, содержащие одну или несколько координационных сфер, называются комплексными

Комплексы это ионы и молекулы, состоящие из центральной частицы и координированных вокруг нее лигандов (аддендов)

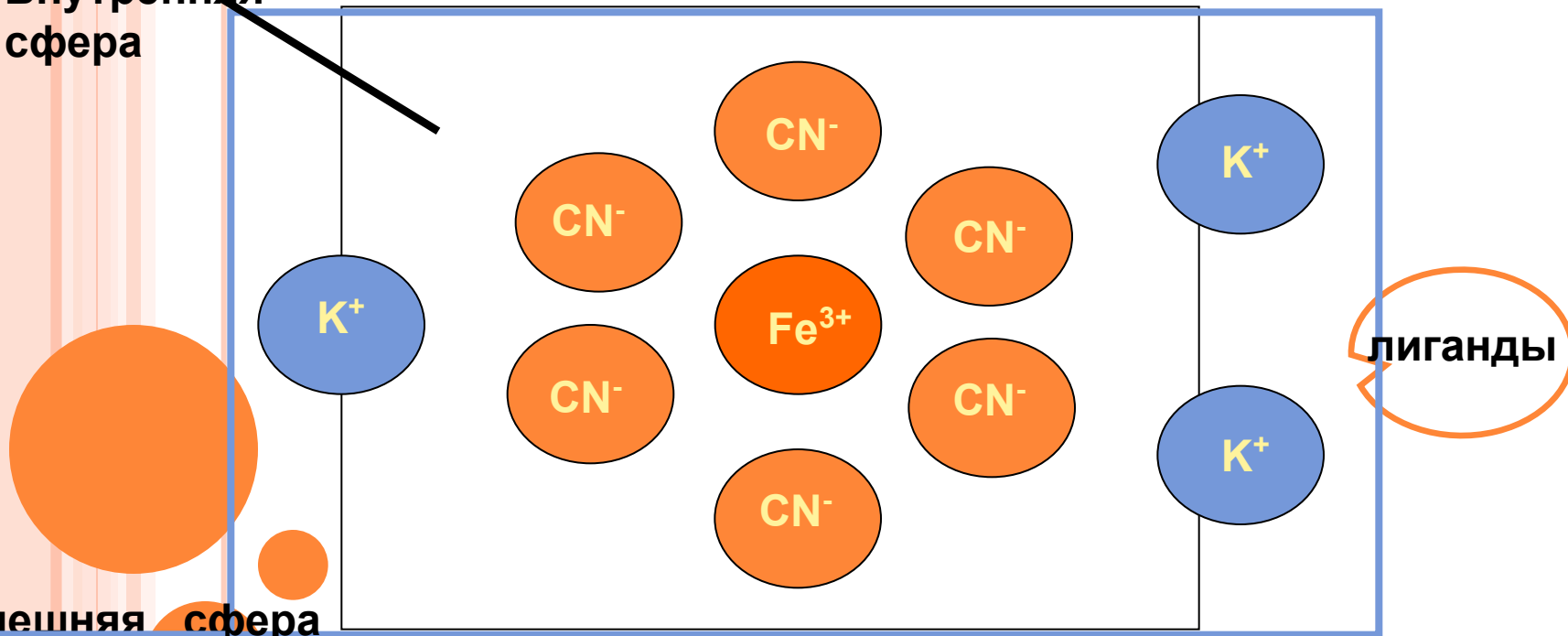
Комплекс это центральный атом, окруженный набором лигандов

Комплексными называют соединения, в узлах кристаллов которых находятся комплексы, способные к самостоятельному существованию в растворе

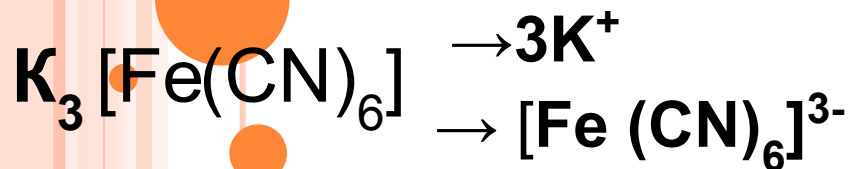


# СТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Внутренняя  
сфера



Внешняя сфера

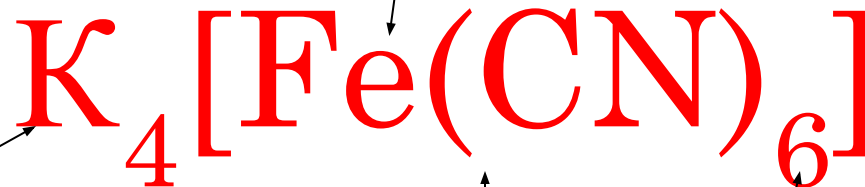


Ион  
комплексообразователя

Калий гексацианоферрат (III)

Центральный атом

Лиганды



Внешняя сфера    Внутренняя сфера

Координационное число



□ **Формула** комплексного иона или молекулы записывается, как правило, слева направо в следующей последовательности: центральный атом (ион), анионные, затем нейтральные лиганды с указанием их числа в виде правого нижнего индекса:  **$[ML_mX_n]_q$** .





- **Система комплексообразователь–лиганды** называется внутренней координационной сферой, обычно отделяемой квадратными скобками от внешней координационной сферы:  $K_4[Fe(CN)_6]$ ,  $[Cr(NH_3)_6]Cl_3$ ,  $[PtCl_2(NH_3)_2]$ ,  $[Cr(CO)_6]$ .



- где  $M$  – нейтральный атом, положительно или отрицательно заряженный условный ион, объединяющий (координирующий) вокруг себя другие атомы, ионы или молекулы  $L$ . Атом  $M$  получил название **комплексообразователя** или **центрального атома**.



□ В комплексных ионах  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ,  $[\text{SiF}_6]^{2-}$ ,  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ ,  $[\text{BF}_4]^-$  комплексообразователями являются медь(II), кремний(IV), железо(II), бор(III).

Чаще всего комплексообразователем служит атом элемента в положительной степени окисления.

Отрицательные условные ионы (т.е. атомы в отрицательной степени окисления) играют роль комплексообразователей сравнительно редко.

Это, например, атом азота(-III) в катионе аммония  $[\text{NH}_4]^+$  и т.п. Атом-  
4 комплексообразователь может обладать нулевой степенью окисления.

Так, карбонильные комплексы никеля и железа, имеющие состав



# ЛИГАНДЫ

□ Лигандами могут быть различные неорганические и органические **ионы** и **молекулы**. Важнейшими лигандами являются ионы  $\text{CN}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ , молекулы  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}$ , карбамида ( $\text{NH}_2$ ) $_2\text{CO}$ , органических соединений

– этилендиамина  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ , а-

аминоуксусной кислоты  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$  и

этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА).

$$\begin{array}{c} \text{HOOC-CH}_2 \qquad \qquad \qquad \text{H}_2\text{C-COOH} \\ \diagdown \qquad \qquad \qquad \diagup \\ \text{N-CH}_2\text{-CH}_2\text{-N} \\ \diagup \qquad \qquad \qquad \diagdown \\ \text{HOOC-CH}_2 \qquad \qquad \qquad \text{H}_2\text{C-COOH} \end{array}$$


□ **Координационным числом** называют число атомов лигандов, непосредственно присоединенных к центральному атому. Лиганды характеризуются **дентатностью** (от английского «dent» – зуб). К лигандам, способным занимать только одно координационное место (**монодентатным**), относятся  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$  – пиридин (py), другие полярные молекулы, однозарядные анионы  $\text{CN}^-$ ,  $\text{Hal}^-$ ,  $\text{OH}^-$  и т. п. Некоторые лиганды могут занимать более одного координационного места, если содержат два и более донорных (со свободной электронной парой) атома. Такие лиганды называют **многодентатными**:  
 $\text{NH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—NH}_2$  (en) – этилендиамин,  
 $\text{NH}_2\text{—CH}_2\text{—COO}^-$  (gly) – глицинат.



Координационное число	Ионы
2	$\text{Cu}^+$ , $\text{Ag}^+$ , $\text{Au}^+$
4	$\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Hg}^{2+}$ , $\text{Sn}^{2+}$ , $\text{Pt}^{2+}$ , $\text{Pb}^{2+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ , $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ , $\text{Au}^{3+}$ , $\text{Al}^{3+}$
6	$\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Co}^{3+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ , $\text{Cr}^{3+}$ , $\text{Sn}^{4+}$ , $\text{Pt}^{4+}$



# НОМЕНКЛАТУРА

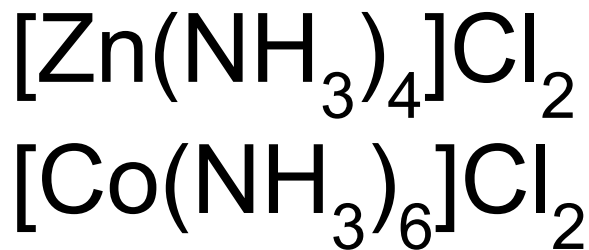
1. Использование традиционных названий:  
 $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4][\text{PtCl}_4]$  – зеленая соль Магнуса  
 $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  – желтая кровяная соль  
 $\text{NH}_4[\text{Cr}(\text{NCS})_4(\text{NH}_3)_2]$  – соль Рейнеке
2. Формула по ЮПАК:  
квадратные скобки – центральный атом – анионные лиганды  
по алфавиту – катионные и нейтральные лиганды по алфавиту  
– мостиковые лиганды в порядке увеличения емкости
3. Название по ЮПАК:  
координационная сфера – центральный атом – мостиковые  
лиганды – анионные лиганды по алфавиту – нейтральные  
лиганды по алфавиту – суффикс для анионного комплекса –  
степень окисления центрального атома



# Классификация комплексных соединений

## По заряду комплекса

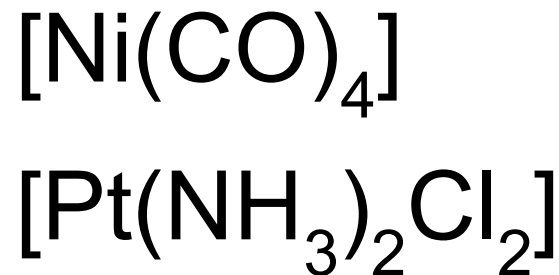
### Катионные комплексы



### Анионные комплексы



### Нейтральные комплексы



## По природе лиганда

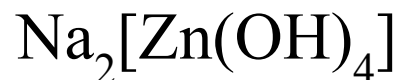
### Аммиакаты



### Аквакомплексы



### Гидроксокомплексы



### Ацидокомплексы



# Номенклатура

1) В названии комплексного соединения первым указывают отрицательно заряженную часть — **анион**, затем положительную часть — **катион**.

2) Название КОМПЛЕКСНОЙ ЧАСТИ прежде всего называют лиганды — **анионы**, прибавляя к их латинскому названию окончание «о». Например:  $\text{Cl}^-$  - хлоро,  $\text{CN}^-$  — циано,  $\text{SCN}^-$  — тиоцианато,  $\text{NO}_3^-$  — нитрато,  $\text{SO}_3^{2-}$  — сульфито,  $\text{OH}^-$  — гидроксо и т. д.

При этом пользуются терминами: для координированного аммиака — аммин, для воды - аква, для оксида углерода (II) — карбонил.



3) Затем называют комплексообразователь, используя корень его латинского названия и окончание -ат, после чего римскими цифрами указывают (в скобках) степень окисления комплексообразователя.

4) После обозначения состава внутренней сферы называют внешнюю сферу.

5) В названии нейтральных комплексных частиц комплексообразователь указывается в именительном падеже, а степень его не указывается, так как она однозначно определяется, исходя из электронейтральности комплекса.

$K_3[Fe(CN)_6]$ - гексоцианоферрат (III) калия

$[Li(H_2O)_4]NO_3$  - нитрат тетрааквалития

$[Co(NH_3)_3Cl(NO_2)_2]$  —

динитритохлоротриамминкобальт

**Название комплексного соединения электролита начинается с аниона, употребляемого в именительном падеже, затем следует название катиона в родительном падеже. Число лигандов каждого вида обозначается греческими приставками ди-, три-тетра-, пента-, гекса-. Название комплексного аниона составляется из перечисления лигандов, корня латинского наименования центрального атома и суффикса -ат; в скобках римской цифрой обозначается степень его окисления или заряд координационного иона.**



$\text{CH}_3\text{COO}^-$ – ацетато	$\text{NO}^-$ – нитрозо
$\text{CN}^-$ – циано	$\text{NO}_2^-$ – нитро
$\text{CO}_3^{2-}$ – карбонато	$\text{O}_2^{2-}$ – пероксо
$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ – оксалато	$\text{OH}^-$ – гидроксо
$\text{Cl}^-$ – хлоро	$\text{SO}_3^{2-}$ – сулфито
$\text{H}^-$ – хидридо	$\text{SO}_3\text{S}^{2-}$ – тиосулфато



$H_2O$ – аква	$NH_3$ – аммин
$NO$ – нитрозил	$CO$ – карбонил
$SO_2$ – диоксосуера	$PF_3$ – трифторофосфор

$NH_2CH_2CH_2NH_2$ (этилендиамин) – <i>en</i>	$P(C_2H_5)_3$ (триэтилфосфин) – <i>PEt_3</i>
$(NH_2)_2CO$ (карбамид) – <i>ur</i>	$C_5H_5N$ (пиридин) – <i>py</i>

$N_2H_5^+$ – гидразиний	$NO_2^+$ – нитроиллий
$NO^+$ – нитрозилий	$H^+$ – гидро

- $\text{K}_2[\text{CuCl}_4]$
- $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$
- $[\text{Co}(\text{NO}_2)_2(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}$
- $[\text{PtCl}_4(\text{H}_2\text{O})_2]$
- $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6][\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- $\text{K}_3[\text{AlF}_6]$
- $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- $[\text{CoN}_3(\text{NH}_3)_5]\text{SO}_4$



- $\text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$
- $[\text{Ru}(\text{HSO}_3)_2(\text{NH}_3)_4]$
- $[\text{CrCl}_2(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}$
- $\text{K}_4[\text{Ni}(\text{CN})_4]$
- $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$
- $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$
- $\text{K}[\text{AgF}_4]$
- $\text{K}[\text{Au}(\text{OH})_4]$
- $\text{K}_2[\text{Cr}(\text{CN})_2\text{O}_2(\text{O}_2)\text{NH}_3]$



# НАИМЕНОВАНИЕ ФОРМУЛЫ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ:

- Дицианоаргентат калия
- Гексанитрокобальтат (III) калия
- Хлорид гексаамминникеля (II)
- Гексацианохромат (III) натрия
- Бромид гексаамминкобальта (III)
- Сульфат тетраамминкарбонатхрома (III)
- Нитрат диакватетраамминникеля (II)
- Трифторогидроксобериллат магния



# ВИДЫ

- **Комплексные соединения бывают**  
*катионные*  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)]\text{Cl}_3$ , *анионные*  
 $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , *катион-анионные*  
 $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6][\text{Fe}(\text{CN})_6]$  и *нейтральные*  
 $[\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2]$ .





## ***Положения метода валентных связей***

**1.** В комплексе связь между комплексообразователем и лигандами координационная (ковалентная, донорно-акцепторная).

Ионы внешней и внутренней сферы связаны ионной связью.

Донор электронов - лиганд с неподеленными электронными парами.

Акцептор электронов – комплексообразователь со свободными орбиталями.

Степень перекрывания орбиталей - мера прочности связи.

**2.** В образовании связей участвуют гибридизованные орбитали комплексообразователя, что определяет геометрию комплекса.

**3.** Магнитные свойства определяются наличием неспаренных электронов.

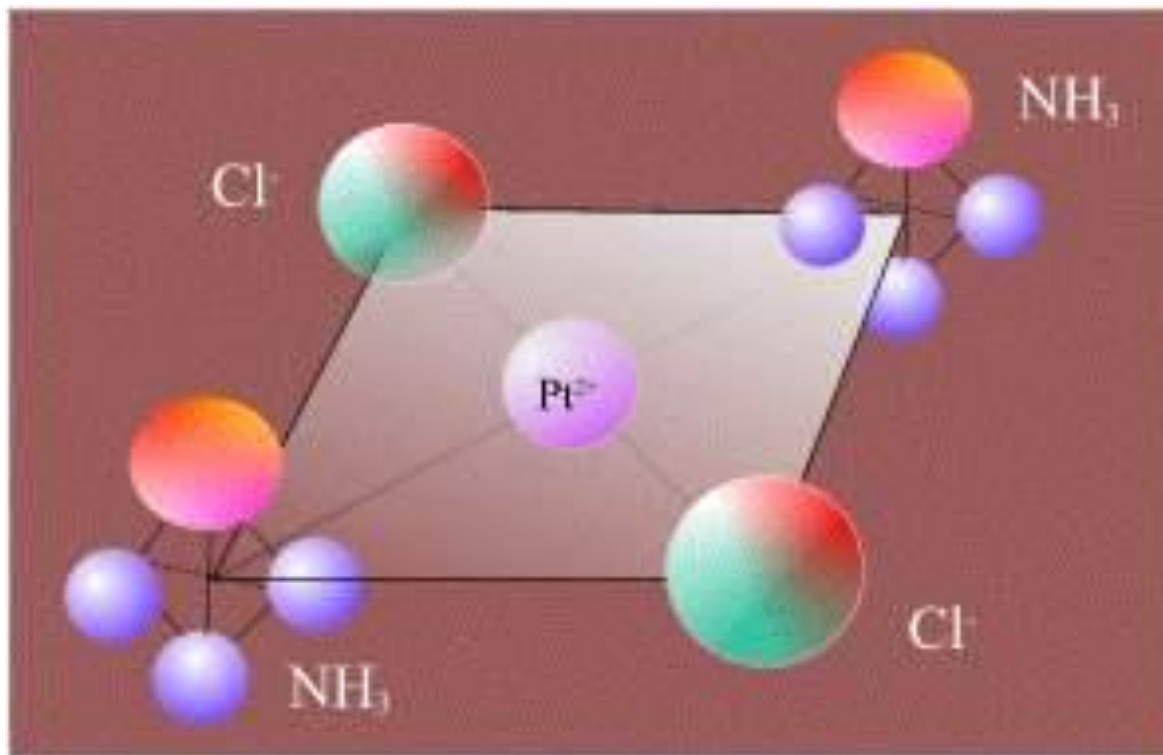


Тип гибридизации	КЧ	Геометрия комплекса	Примеры
$sp$	2	линейная	$[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$
$sp^2$	3	треугольная	$[\text{HgI}_3]^-$
$sp^3$	4	тетраэдр	$[\text{Be}(\text{OH})_4]^{2-}$ $[\text{MnCl}_4]^{2-}$ $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$

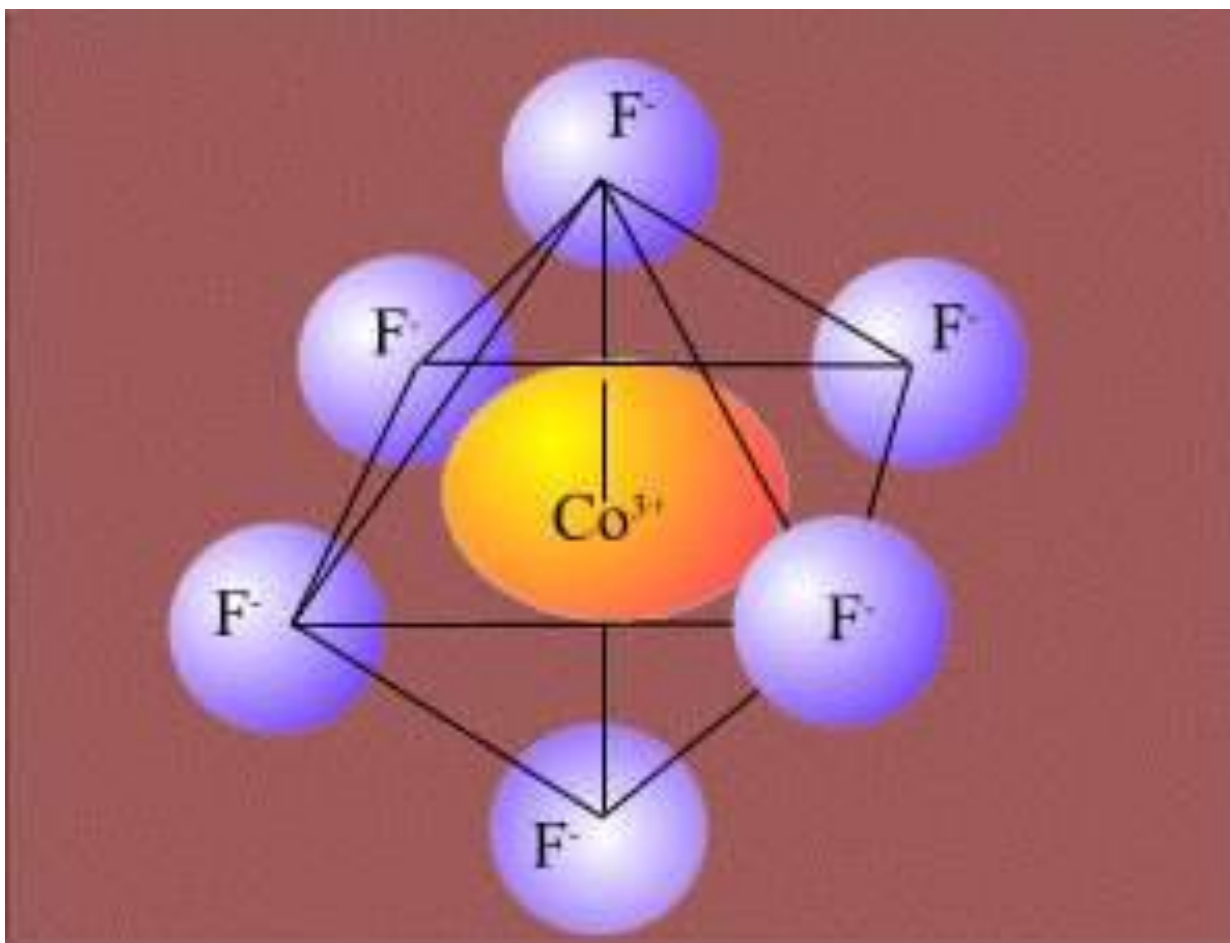
$dsp^2$	4	квадрат	$[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ $[\text{PtCl}_4]^{2-}$ $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]^0$
$sp^3d(z^2)$	5	тригональная бипирамида	$[\text{Fe}(\text{CO})_5]$
$sp^3d(x^2-y^2)$	5	квадратная пирамида	$[\text{MnCl}_5]^{3-}$ $[\text{Ni}(\text{CN})_5]^{3-}$

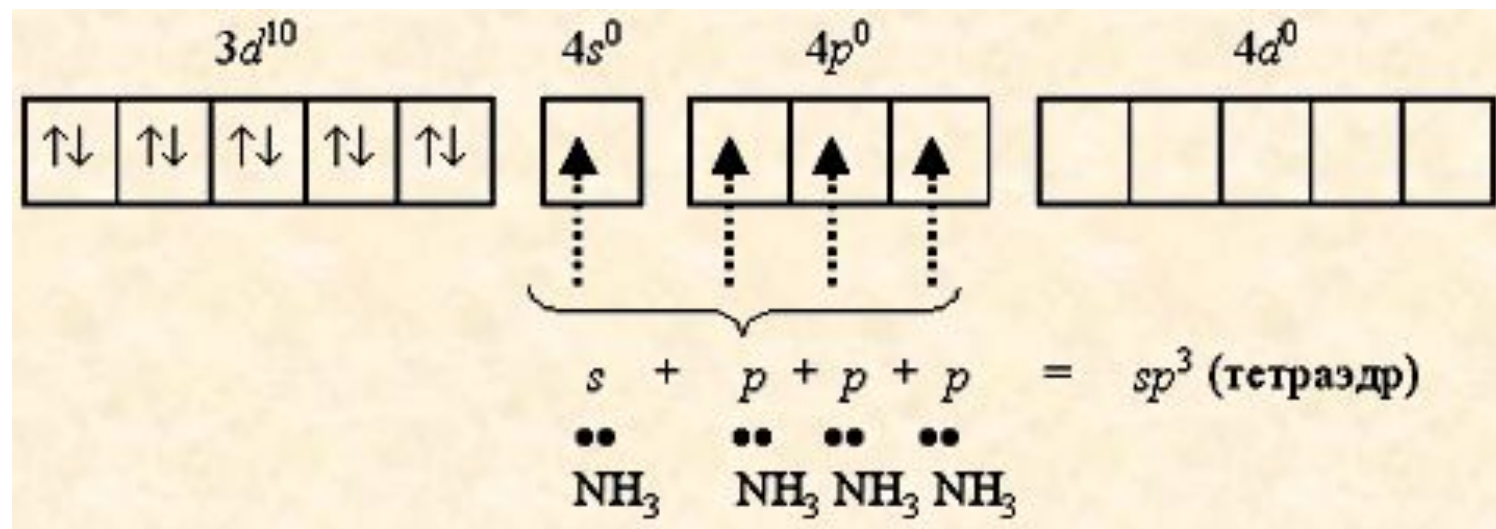
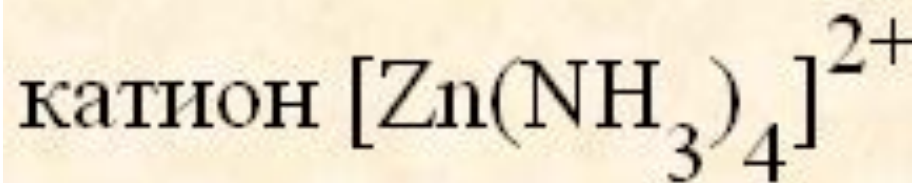
$sp^3 d^2,$ $d^2 sp^3$	6	октаэдр	$[Al(H_2O)_6]^{3+}$ $[SnCl_6]^{2-}$ $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ $[Fe(CN)_6]^{3-}$
$sp^3 d^3$	7	пентагональная бипирамида	$[V(CN)_7]^{4-}$ $[ZrF_7]^{3-}$

# КВАДРАТНЫЙ КОМПЛЕКС [Pt(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>]

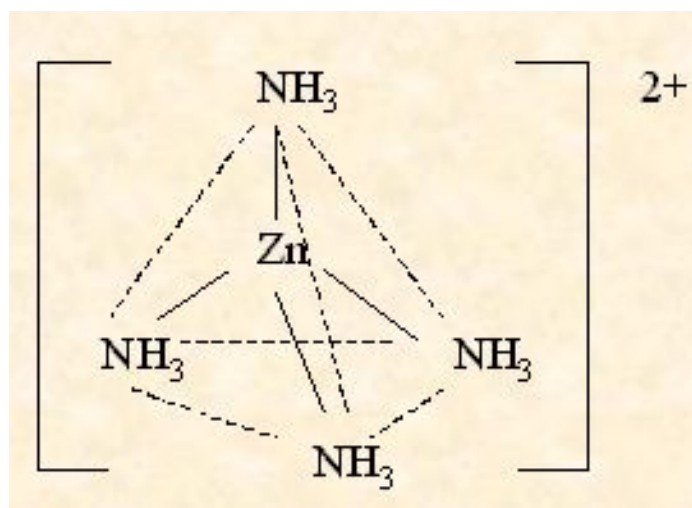


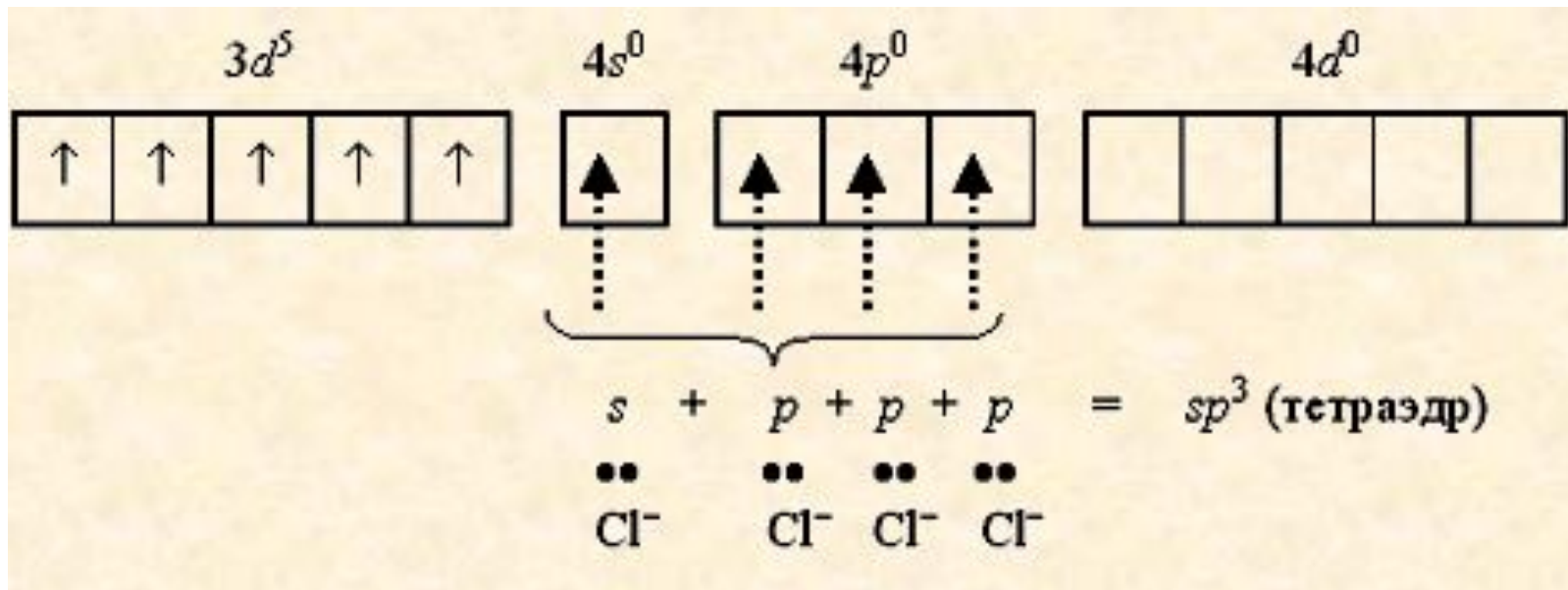
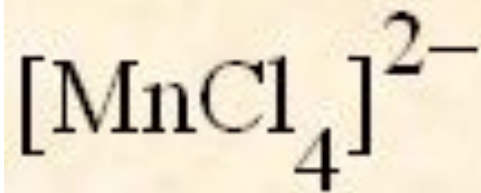
# ОКТАЭДРИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКСНЫЙ ИОН $[\text{CoF}_6]^{3-}$





диамагнитен





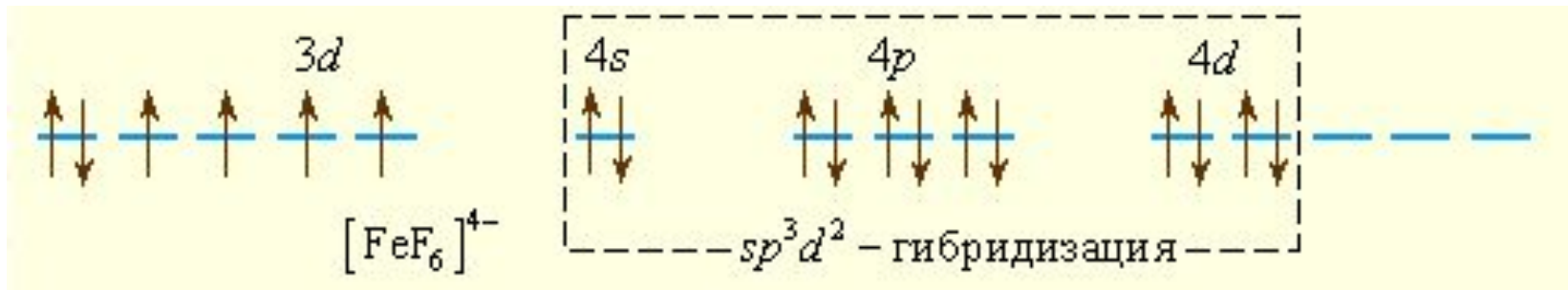
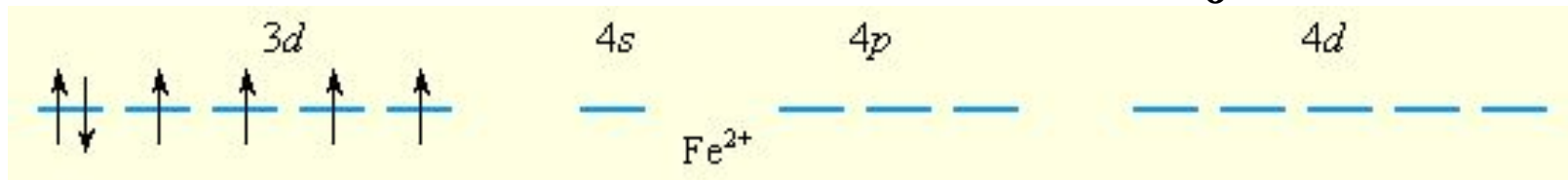
□ Парамагнитен





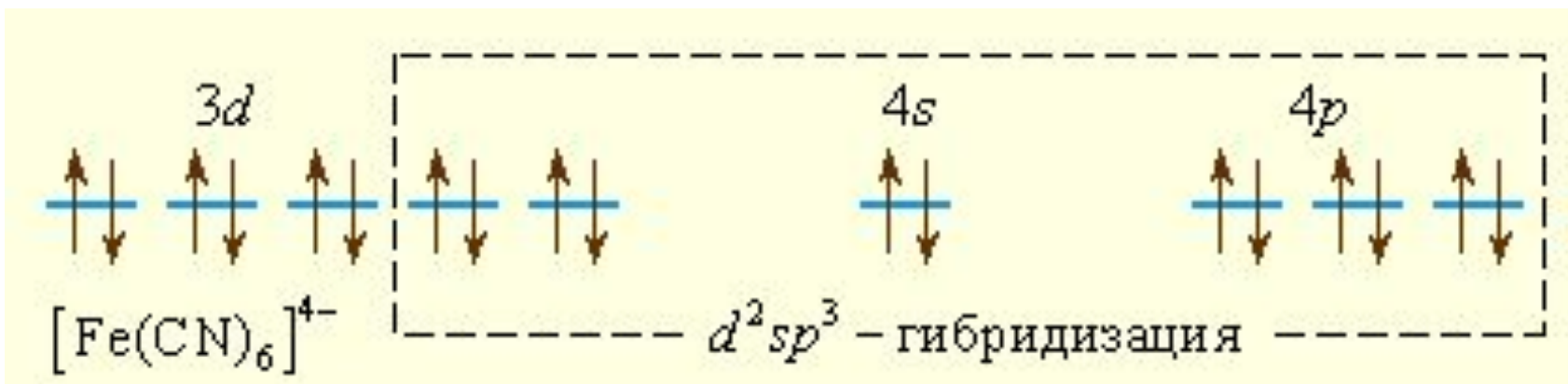
# ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ В КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

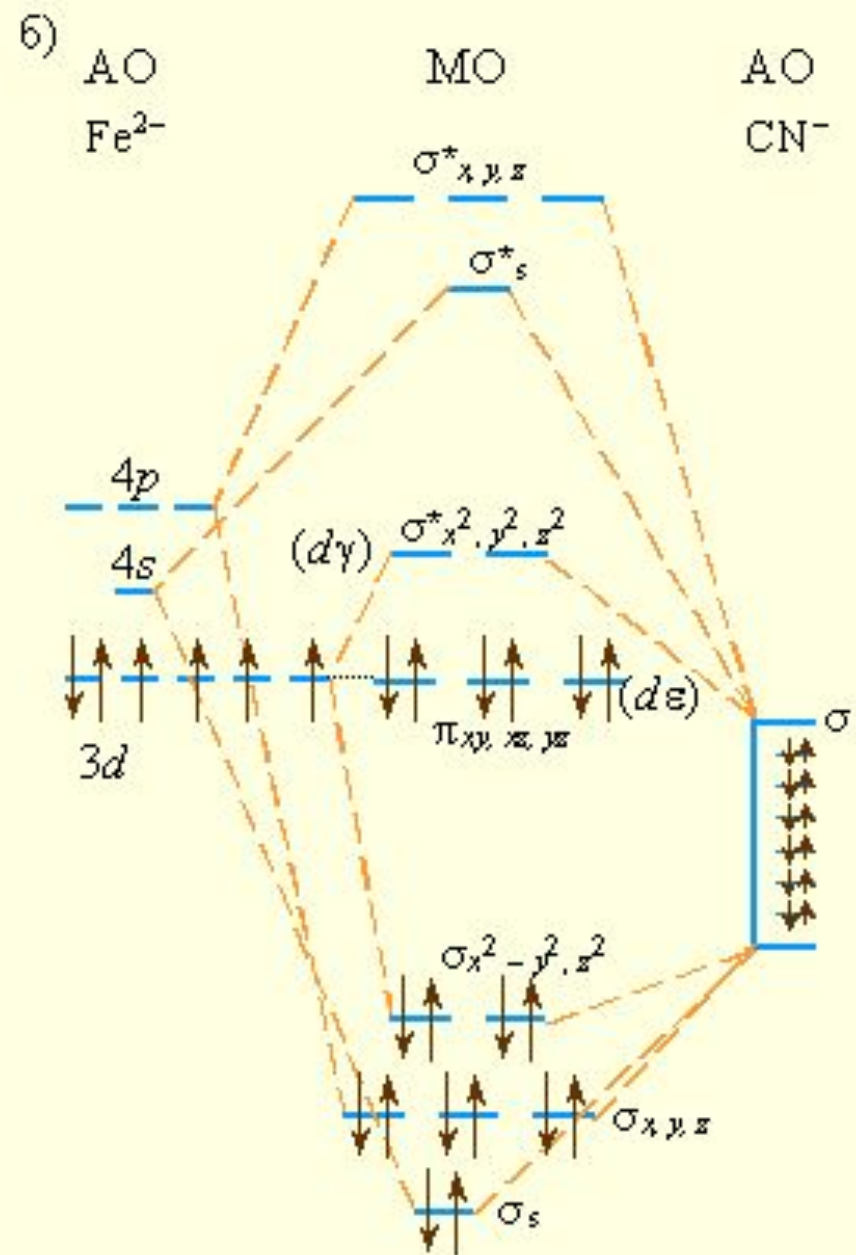
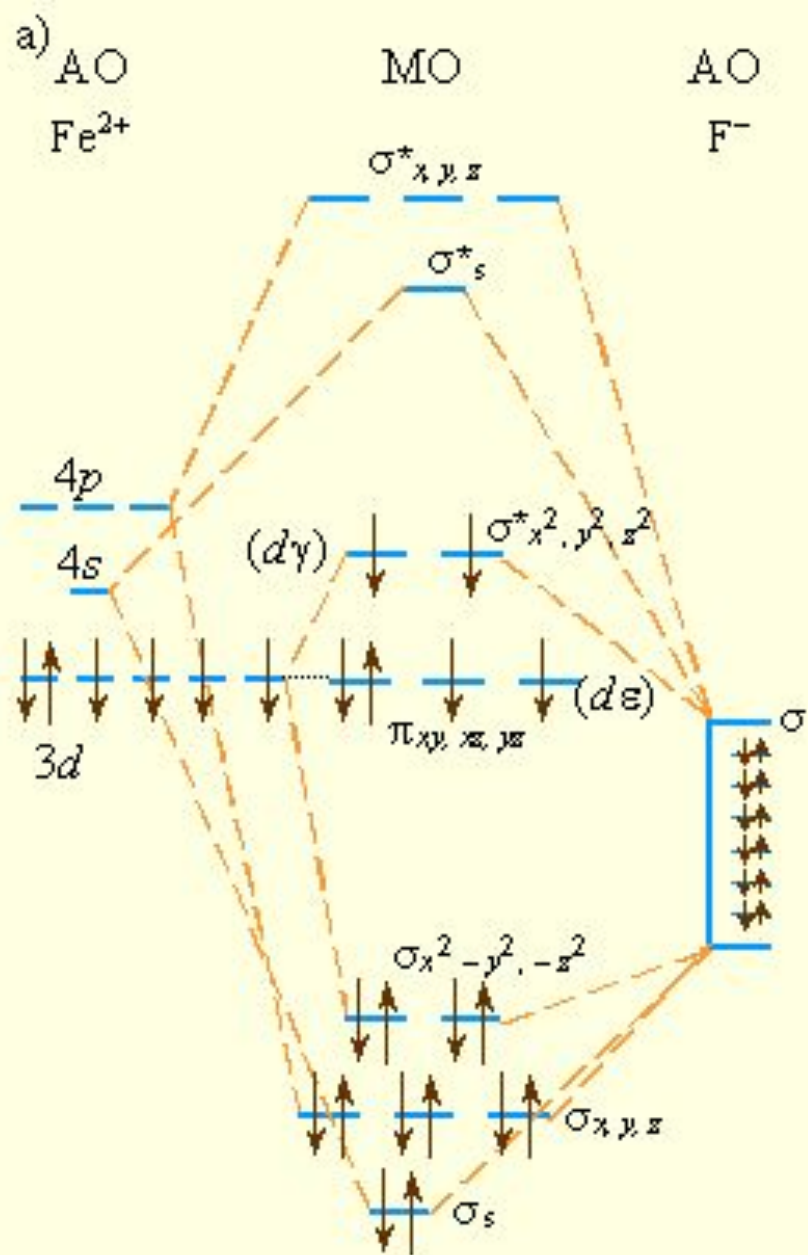
- Образование парамагнитного иона  $[\text{FeF}_6]^{4-}$



# ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ В КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

- Ионы  $\text{CN}^-$  значительно сильнее взаимодействуют с ионом железа (II), следствием чего является спаривание  $d$ -электронов центрального иона и образование низкоспинового комплекса  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  с  $d^2sp^3$ -гибридизацией.





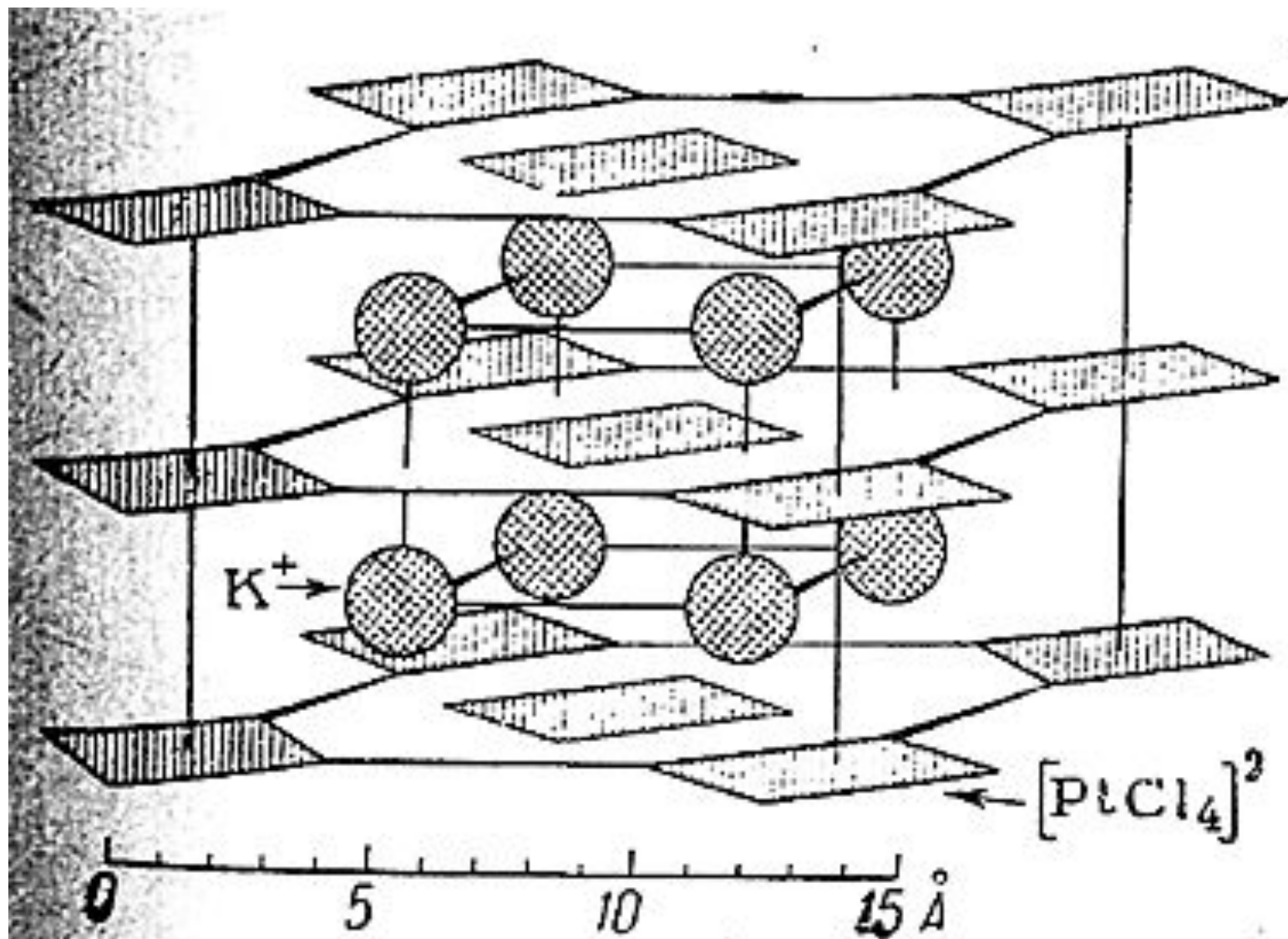


Рис. 200. Кристаллическая структура  $K_2[PtCl_6]$ .



# ИЗОМЕРИЯ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

- ▣ **Гидратная (сольватная) изомерия** обусловлена различным расположением молекул воды и анионных лигандов между внутренней и внешней сферами. Например,  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  существует по крайней мере в трех изомерных формах:
- $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$  – фиолетового цвета,  
 $[\text{CrCl}(\text{H}_2\text{O})_5]\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  – сине-зеленого цвета,  
 $[\text{CrCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4]\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  — зеленого цвета.



# ИЗОМЕРИЯ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

- **Ионизационная изомерия** характеризуется различным распределением ионов между внешними и внутренними сферами комплексных соединений и, как следствие этого, различным характером диссоциации на ионы. Например, для соединения  $\text{CoBrSO}_4 \cdot 5\text{NH}_3$  известны два изомера:  $[\text{CoBr}(\text{NH}_3)_5]\text{SO}_4^-$  – красно-фиолетового цвета и  $[\text{CoSO}_4(\text{NH}_3)_5]\text{Br}$  – красного цвета.



# ИЗОМЕРИЯ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

- **Координационная изомерия** заключается в различном распределении лигандов во внутренних координационных сферах.
- По-разному взаимодействуют с  $\text{AgNO}_3$  два изомера –  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6] \cdot [\text{Cr}(\text{CN})_6]$  и  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6] \cdot [\text{Co}(\text{CN})_6]$ . Первое соединение дает осадок  $\text{Ag}_3[\text{Cr}(\text{CN})_6]$ , а второе – осадок  $\text{Ag}_3[\text{Co}(\text{CN})_6]$ .

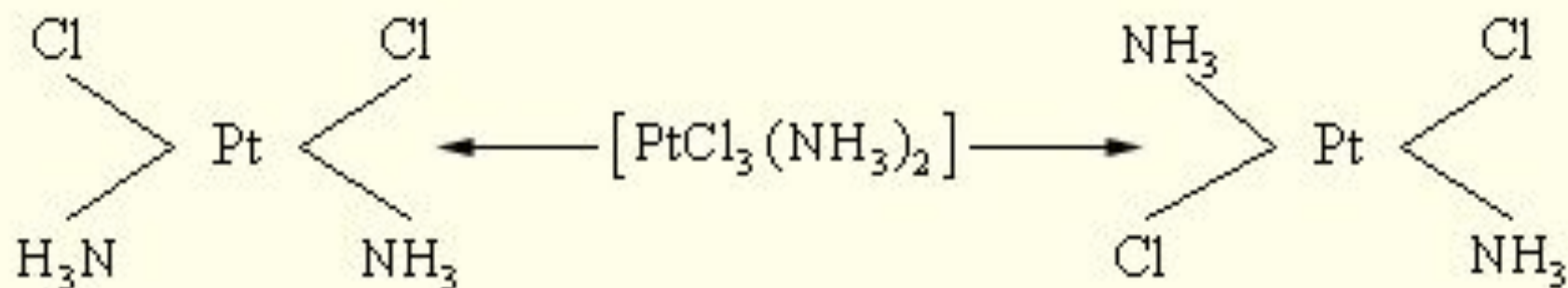


# ИЗОМЕРИЯ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

- ▣ **Геометрическая изомерия** (цис-транс изомерия) состоит в различном пространственном расположении лигандов вокруг центрального атома. Так,  $[\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2]$  существует в виде двух изомерных форм, отличающихся друг от друга рядом свойств.



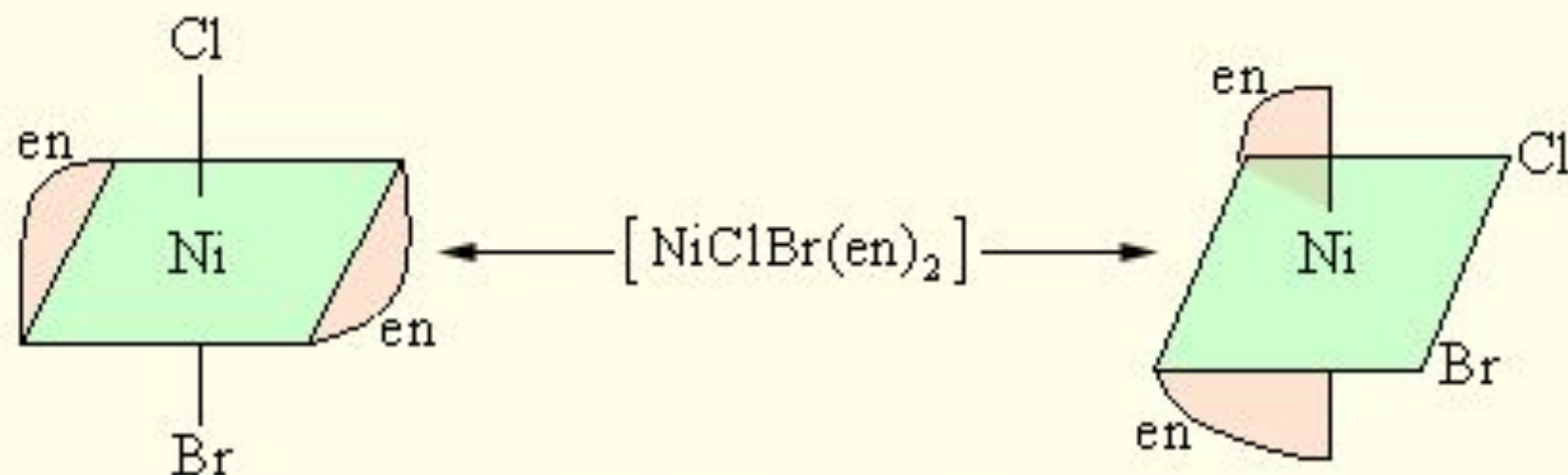




цис-

диаминдихлорплатина

транс-



транс-

диэтилендиамин-  
бромхлороникель

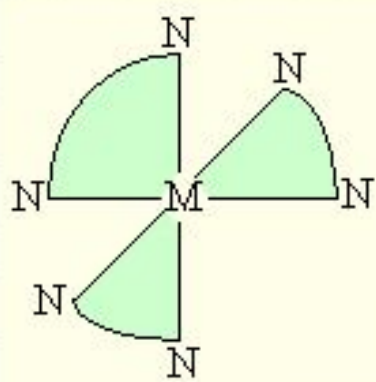
цис-

# ИЗОМЕРИЯ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

- ▣ **Оптическая изомерия.** Оптическая изомерия характеризуется способностью вращать плоскость поляризации плоскополяризованного света. Два изомера отличаются друг от друга направлением вращения плоскости поляризации: один называют правым, другой – левым изомером. Правые и левые изомеры оказываются зеркальными изображениями друг друга и не могут быть совмещены в пространстве.

Из двух геометрических изомеров диэтилендиаминбромохлороникеля (II) только цис-изомер может существовать в виде двух оптических модификаций. Изомеры такого рода называются **энантиомерами.**

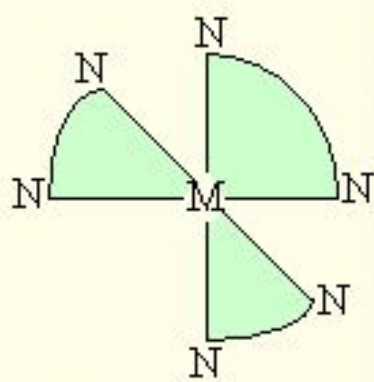




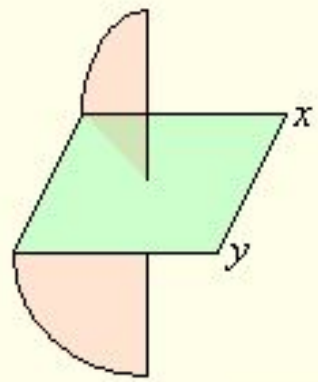
(l)



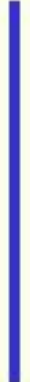
(d)



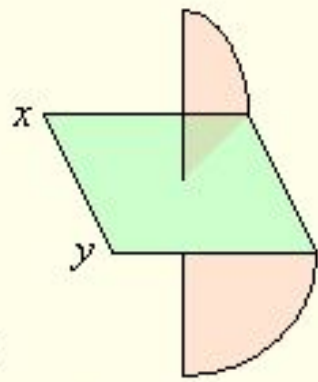
зеркальная плоскость



(l)



(d)



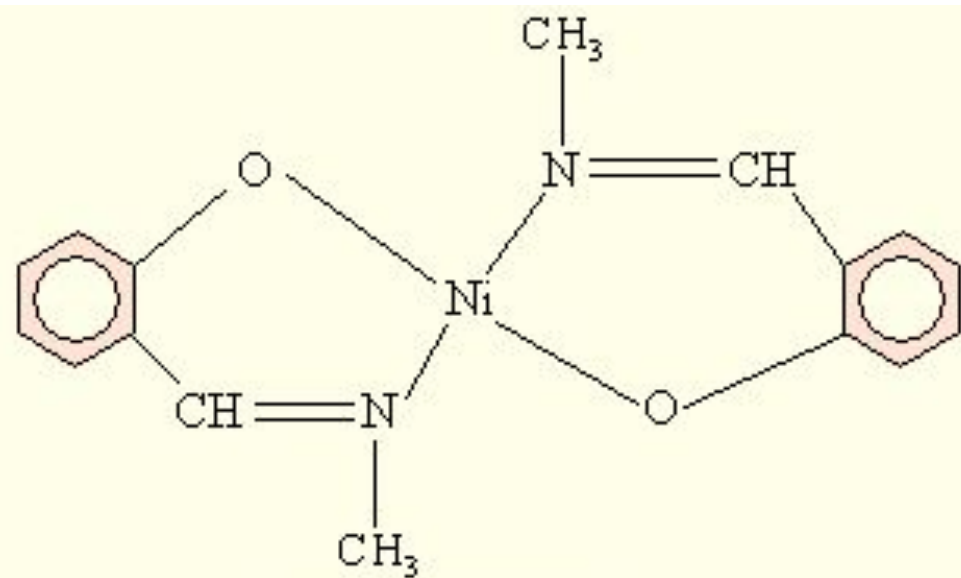
зеркальная плоскость



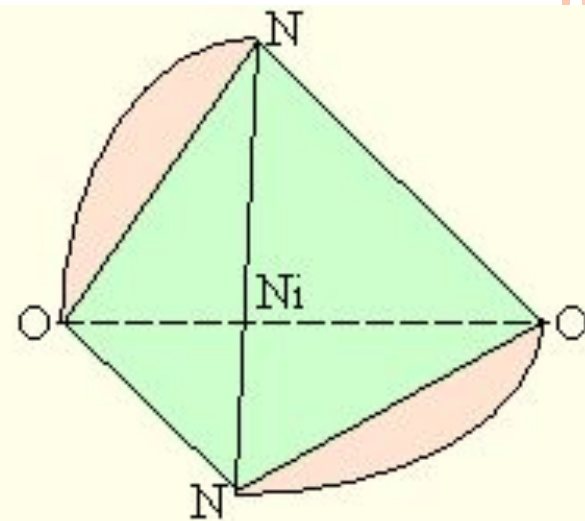
# ИЗОМЕРИЯ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

- ▣ **Структурная изомерия.** Структурными называют такие координационные изомеры, в которых происходит изменение симметрии (стереохимии) координационной сферы. Так, у бис (N-метилсалицилиденамината) никеля (II) наблюдается равновесие между плоским и псевдотетраэдрическим строением.





плоский ( $S = 0$ )

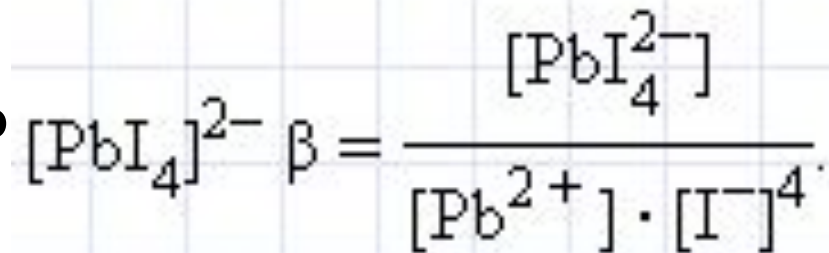


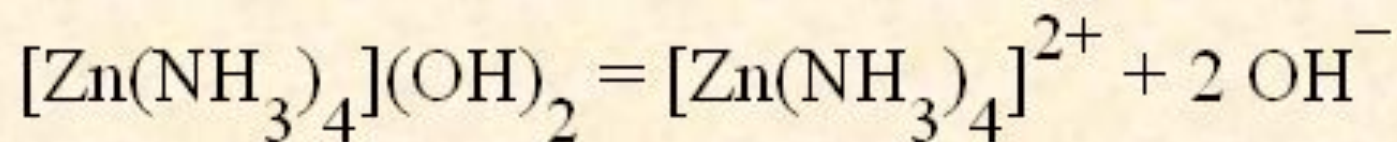
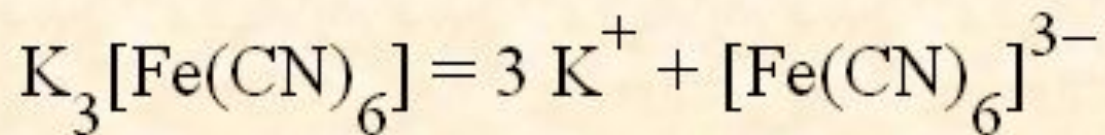
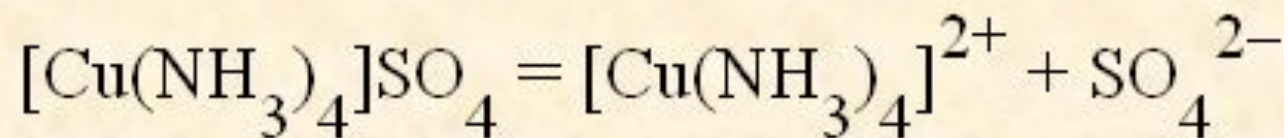
псевдотетраэдрический ( $S = 1$ )



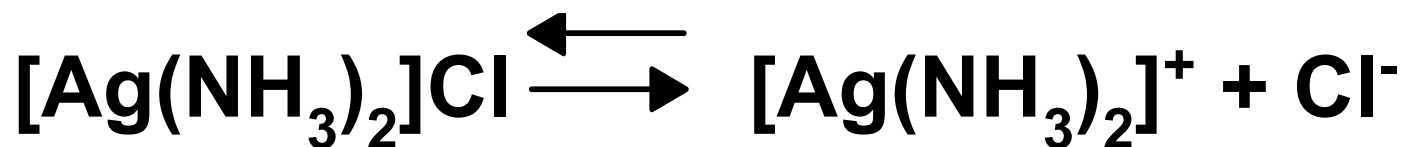
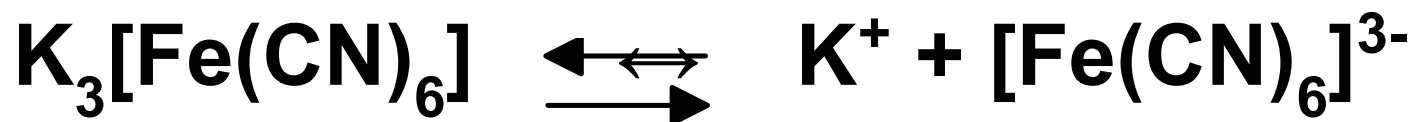
# УСТОЙЧИВОСТЬ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ В РАСТВОРАХ

- **Химические свойства комплексного иона с известной электронной конфигурацией и геометрическим строением определяются двумя факторами: а) способностью равновесной системы при определенных условиях к превращениям; б) скоростью с которой могут происходить превращения, ведущие к достижению равновесного состояния системы.**



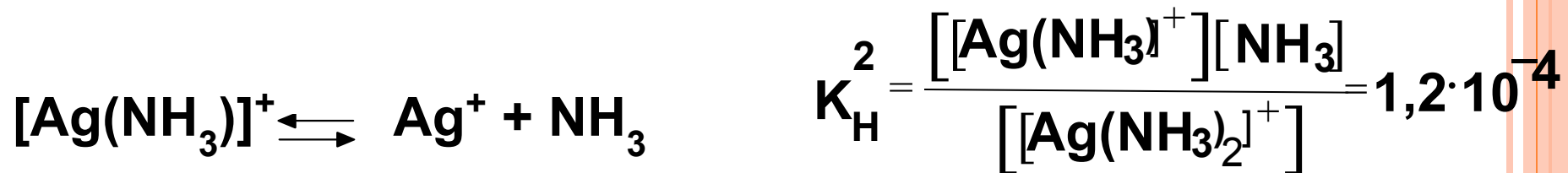


**Диссоциация КС  
по внешней сфере  
(первичная диссоциация)**

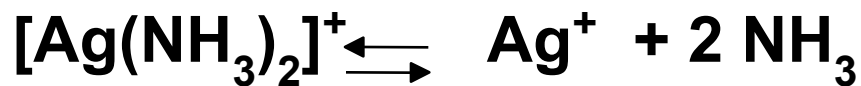




## Диссоциация КС по внутренней сфере (вторичная диссоциация)



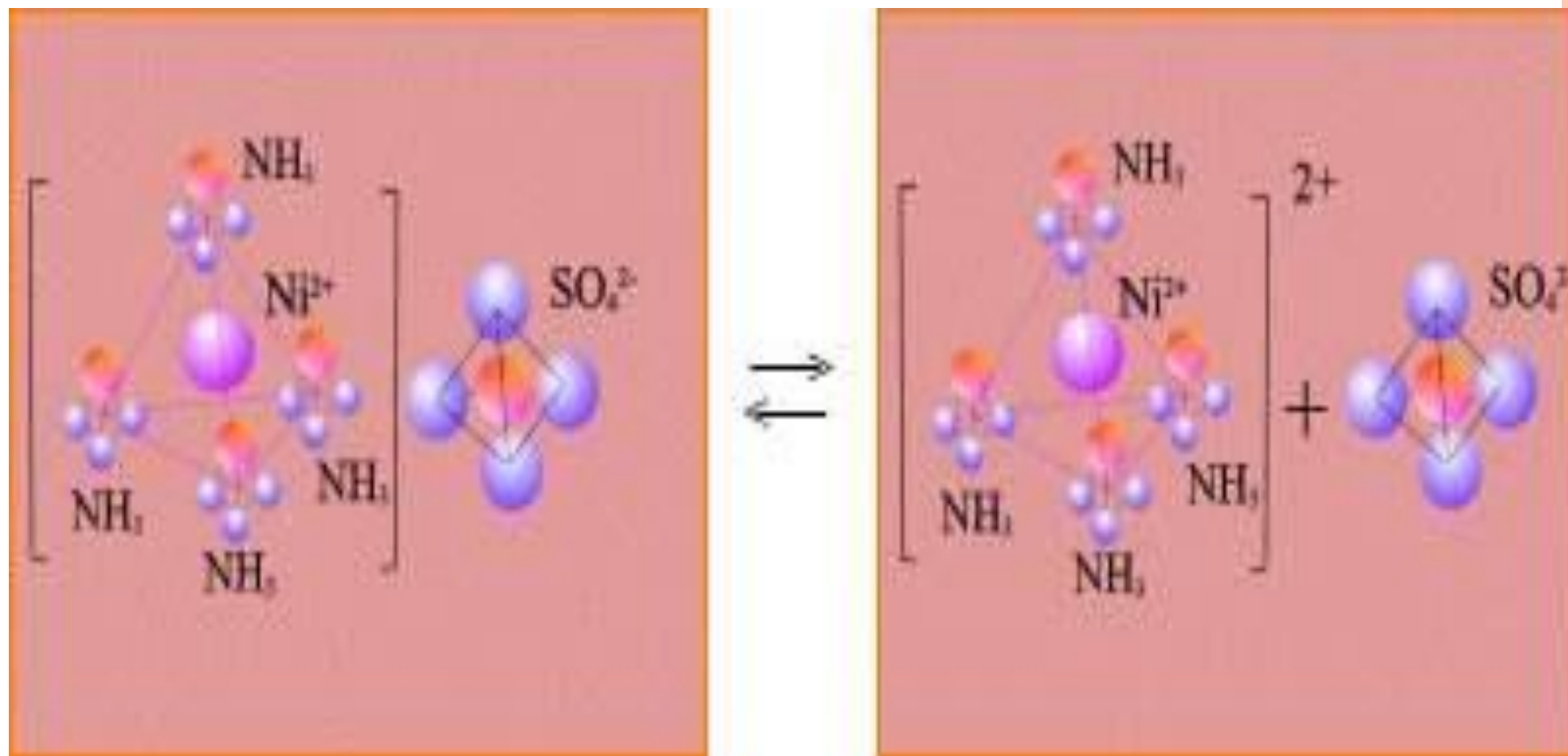
$$K_{\text{H}}^1 = \frac{[\text{Ag}^+][\text{NH}_3]}{[\text{Ag}(\text{NH}_3)^+]} = 4,8 \cdot 10^{-4}$$



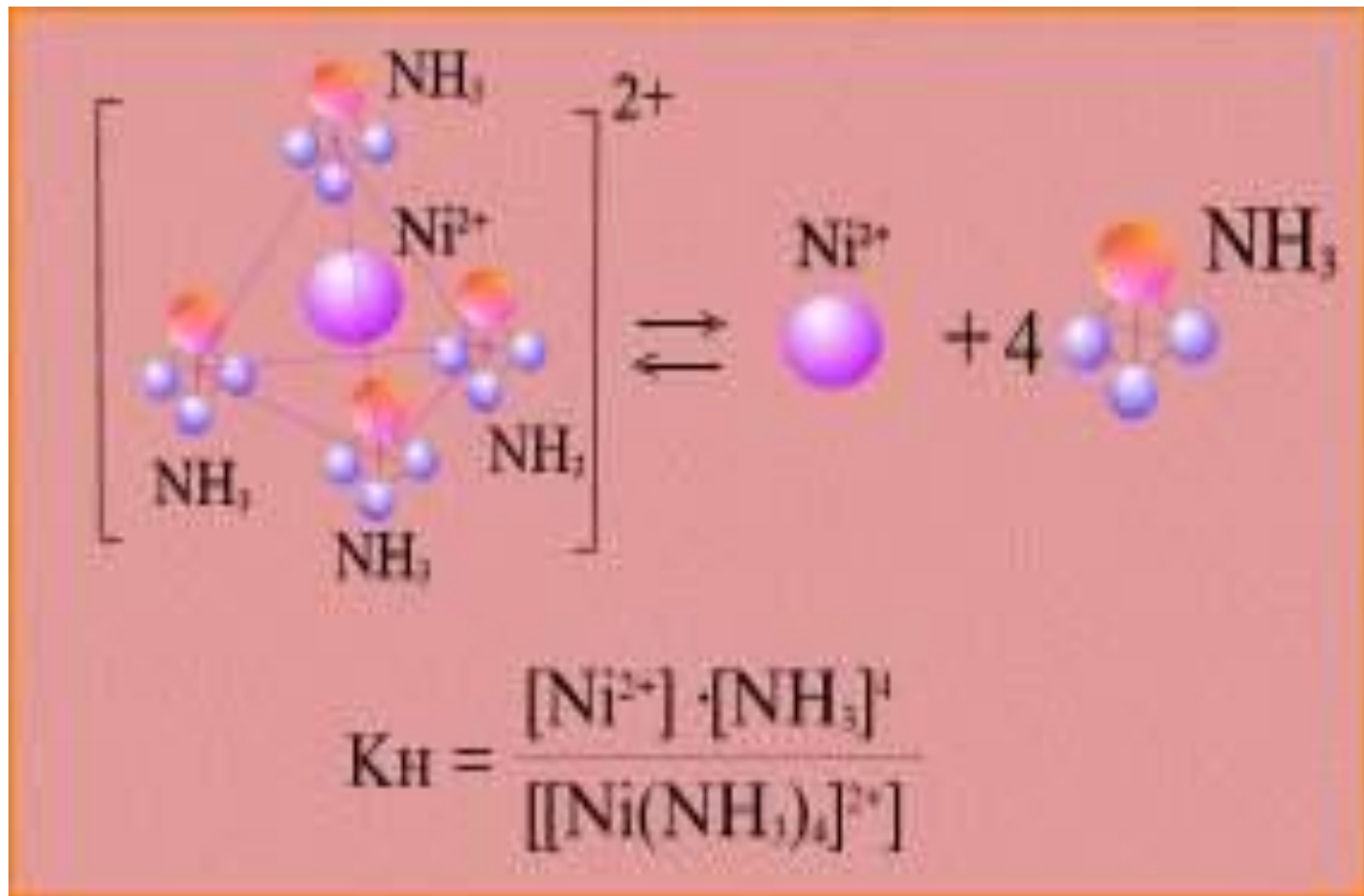
$$K_{\text{уст}} = \frac{1}{K_{\text{H}}} \quad K_{\text{H}}^{\text{общ}} = \frac{[\text{Ag}^+][\text{NH}_3]^2}{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+} = 5,8 \cdot 10^{-8}$$



# ДИССОЦИАЦИЯ КОМПЛЕКСНОГО СОЕДИНЕНИЯ $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ



# ДИССОЦИАЦИЯ КОМПЛЕКСНОГО ИОНА И ЗАПИСЬ ВЫРАЖЕНИЯ КОНСТАНТЫ НЕСТОЙКОСТИ

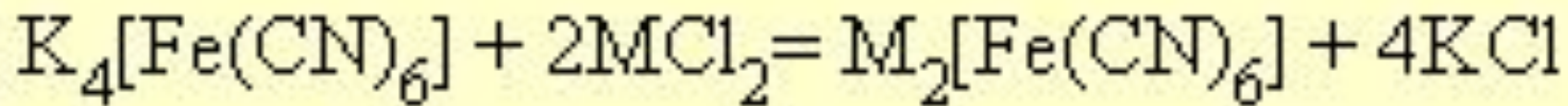


# РЕАКЦИИ С УЧАСТИЕМ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

- **Реакции с участием координационных соединений делятся на четыре основных типа: 1) присоединение, замещение или отщепление лиганда; 2) изомеризации координационного полиэдра; 3) реакции связанного лиганда; и 4) реакции электронного переноса.**



- **Комплексные ионы участвуют в реакциях обмена с образованием более прочного или менее растворимого соединения:**

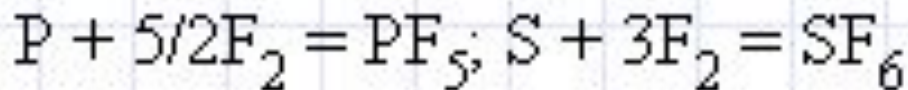


где M — Ni, Cu, Zn, Pb.

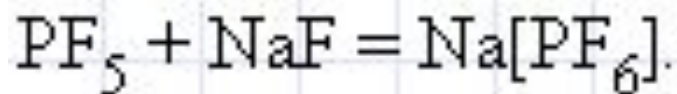
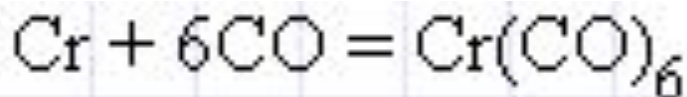


# ПРИСОЕДИНЕНИЕ, ЗАМЕЩЕНИЕ ИЛИ ОТЩЕПЛЕНИЕ ЛИГАНДА

1а. Присоединение лиганда сопровождается изменением степени окисления реагирующих центрального атома и лигандов

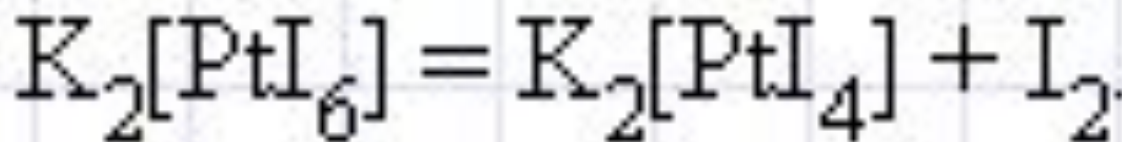


или с их сохранением



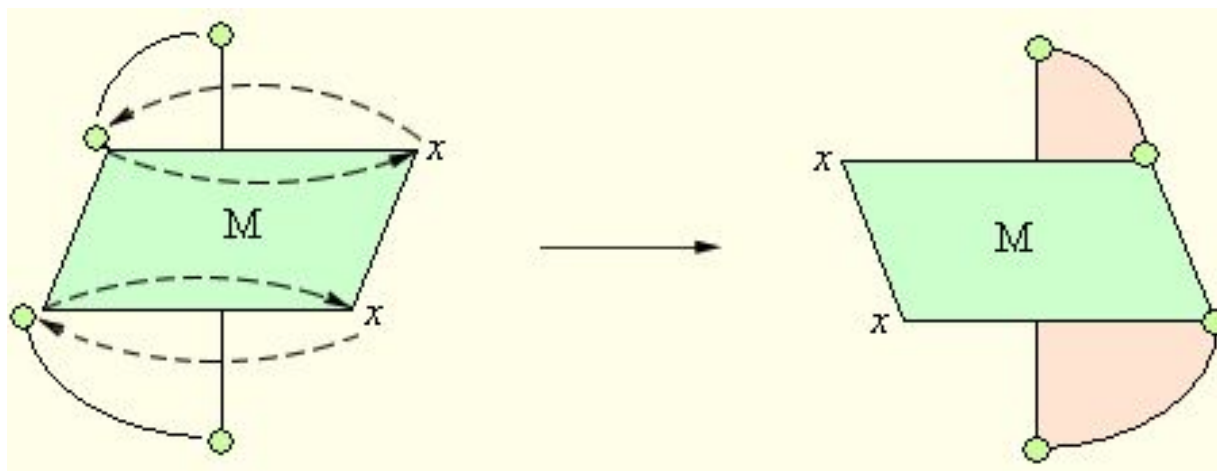
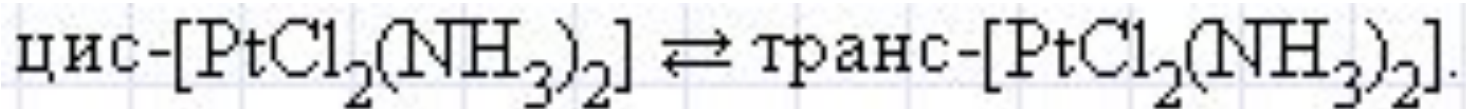
1б. Замещение лиганда с разрывом связи металл–донорный атом кинетически совпадает с повышением их констант образования.

1в. Отщепление лиганда с разрывом связи сопровождается внутримолекулярным окислительно-восстановительным взаимодействием



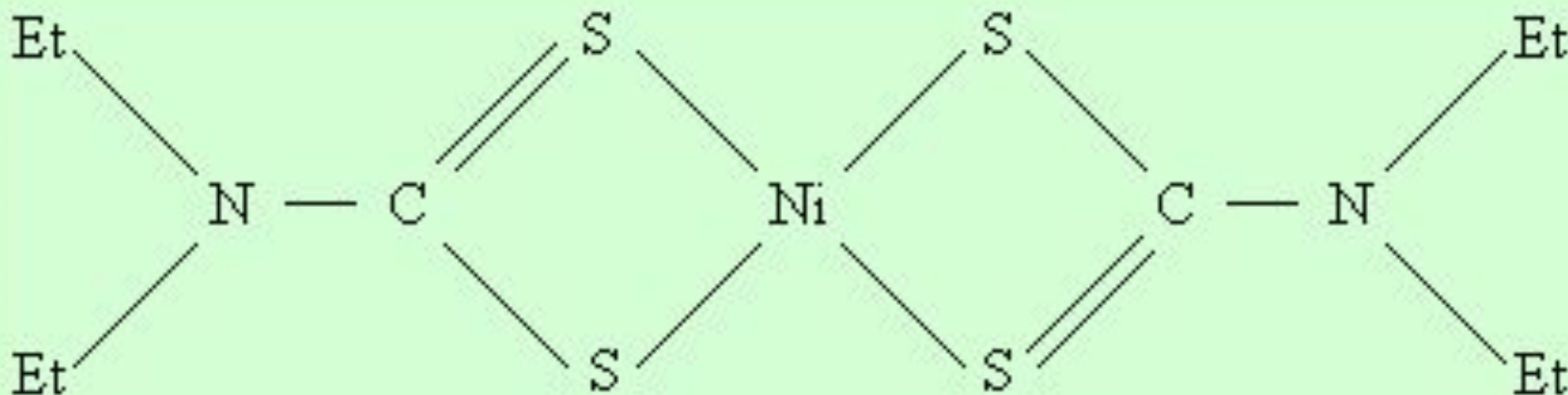
# ИЗОМЕРИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНЫХ ПОЛИЭДРА

- Изомеризация – весьма распространенное явление среди геометрических и оптических изомеров:



# РЕАКЦИИ СВЯЗАННОГО ЛИГАНДА

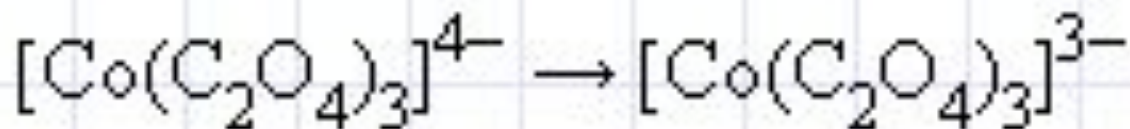
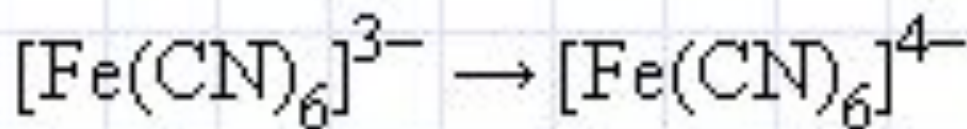
- ▣ Реакции связанного лиганда многообразны и в некоторых случаях служат основой получения новых органических и неорганических соединений.





# РЕАКЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ПЕРЕНОСА

□ Реакции электронного переноса сопровождаются изменением степени окисления центрального иона и вызваны образованием более устойчивых электронных конфигураций за счет увеличения энергии стабилизации кристаллическим полем (ЭСКП).



## **Процессы образования и разрушения комплексов используются:**

- в аналитической химии;**
- при выделении химических элементов;**
- в гальванотехнике;**
- в борьбе с коррозией металлов;**
- в производстве ядерного горючего;**
- в практике дезактивации;**
- при индикации токсических соединений**
- при производстве веществ с заранее заданными свойствами в качестве катализаторов и т.д.**

