



Урок 11 класса.  
Комплексные соли



## День открытых дверей

### ДЕНЬ ОТКРЫТЫХ ДВЕРЕЙ ДЛЯ ВСЕХ ФАКУЛЬТЕТОВ

15 января 2017 года Московский университет приглашает на [ДЕНЬ ОТКРЫТЫХ ДВЕРЕЙ](#), который будет проходить в Главном здании МГУ на Ленинских горах

*С 10:00 работают выставки-презентации всех факультетов МГУ в фойе Актового зала Главного здания МГУ.*

*В 12:00 — выступление ректора МГУ академика В.А. Садовниченко в Актовом зале Главного здания МГУ и ответы на вопросы абитуриентов.*

*Вы узнаете об истории Московского университета, о перспективах развития и новых образовательных стандартах, о правилах приема в 2017 году, а также сможете задать свои вопросы ректору и деканам факультетов.*

*Планируется прямая трансляция из Актового зала МГУ на <http://msu.broadcastnow.ru/>.*

### Расписание ДНЕЙ ОТКРЫТЫХ ДВЕРЕЙ НА ФАКУЛЬТЕТАХ

**14 января 2017 года в 11:00**

— факультет ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ (Ломоносовский корпус, ауд. Д-3);

**15 января 2017 года (воскресенье) в 15:00**



Комплексные соединения - это сложные вещества, в состав которых входят комплексный катион и анион, либо катион и комплексный анион.

Они состоят из внутренней и внешней сфер, комплексообразователя, лигандов.





Комплексные соединения / координационные 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.





**Комплексообразователь** – это d-элемент, обладающий достаточным количеством свободных орбиталей ( $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Pt}^{+4}$ ,  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$ ,  $\text{Co}^{+2}$ ,  $\text{Co}^{+3}$ ,  $\text{Co}^{+2}$ )

**Лиганд** - ион или молекула имеющие свободные электронные пары ( $\text{OH}^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ), которые будут взаимодействовать с комплексообразователем.

**Координационное число** – количество лигандов в комплексном ионе.

**Внешняя сфера** – состоит из атома-комплексообразователя и лигандов, вместе получается заряженный ион.

**Внешняя сфера** – сложена ионами дополняющими комплекс, т.е. противоположного знака.



# Координационное число зависит:

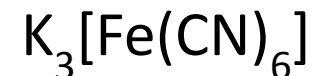
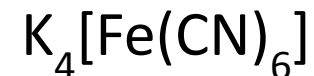
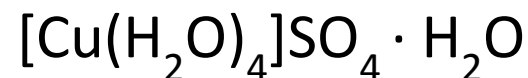
❖ От заряда иона

Заряд иона	Координационное число
+1	2
+2	4, 6
+3	4, 6
+4	8

❖ От размера комплексообразователя

❖ От природы лигандов

❖ От условий образования





- **Катионные**  
 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$
- **Анионные**  
 $[\text{CoF}_6]^{3-}$
- **нейтральные**  
 $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{OH})_3]$

## Соединения с комплексными анионами:

$\text{K}_2[\text{PtCl}_4]$  - тетрахлороплатинат (II) калия

$\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$  - тетрагидроксоцинкат натрия

$\text{Na}[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_2\text{F}_4]$  - тетрафтородиаквахромат (III) натрия

## Соединения с комплексными катионами:

$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$  – хлорид диамминсеребра

$[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_5\text{OH}]\text{SO}_4$  – сульфат гидроксопентаакваалюминия

$[\text{Pt}(\text{H}_2\text{O})(\text{NH}_3)_2\text{OH}]\text{NO}_3$  – нитрат гидроксодиамминакваплатины (II)

## Соединения без внешней сферы

$[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{OH})_3]$  - тригидроксотриакваалюминий

$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  – дихлородиамминплатина (II)

$[\text{Co}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]$  – трихлоротриамминкобальт (III)



## Название

**1** – сначала указывается координационное число и лиганды

**2** – название комплексообразователя (если нужно указываем степень окисления/валентность)

В названиях комплексных катионов используются русские названия металлов;

НО в названиях комплексных анионов используются латинские названия металлов: Al – алюминат, Cr – хромат, Fe – феррат;

Название комплексной части начинают с указания состава внутренней сферы. Во внутренней сфере прежде всего называют лиганды — анионы, прибавляя к их латинскому названию окончание «о». Например: Cl<sup>-</sup> — хлоро, CN<sup>-</sup> — циано.

**3** – многие из соединений имеют тривиальные названия.

Лиганд	Название
NH <sub>3</sub>	аммин
H <sub>2</sub> O	аква
CO	карбонил
F <sup>-</sup>	фторо
Cl <sup>-</sup>	хлоро
CN <sup>-</sup>	циано
OH <sup>-</sup>	гидроксо
CNS <sup>-</sup>	тиоцианато
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	нитрато
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	нитро





$K_4[Fe(CN)_6]$  – гексацианоферрат (II) калия (жёлтая кровяная соль)

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

$Na_2[Zn(OH)_4]$  – тетрагидроксоцинкат (II) натрия

$[Ag(NH_3)_2]Cl$  – хлорид диамминсеребра (I)

$[Cu(NH_3)_4]SO_4$  – сульфат тетраамминмеди (II)

$[Cu(H_2O)_4]SO_4 \cdot H_2O$  – сульфат тетрааквамеди (II)  
(медный купорос)

$K_2[BeF_4]$  – тетрафторобериллат(II) калия

$Li[AlH_4]$  – тетрагидридоалюминат(III) лития

Лиганд	Название
$NH_3$	аммин
$H_2O$	аква
CO	карбонил
$F^-$	фторо
$Cl^-$	хлоро
$CN^-$	циано
$OH^-$	гидроксо
$CNS^-$	тиоцианато
$NO_3^-$	нитрато
$NO_2^-$	нитро



## Диссоциация ступенчатая

$\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] \rightarrow 2\text{Na}^+ + [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$  (первая ступень – необратимо)

$[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} \leftrightarrow \text{Zn}^{2+} + 4\text{OH}^-$  (вторая ступень – обратимо)

$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  – гексацианоферрат (II) калия (жёлтая кровяная соль)

$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  – гексацианоферрат (III) калия (красная кровяная соль)

$\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$  – тетрагидроксоцинкат (II) натрия

$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$  – хлорид диамминсеребра (I)

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

$[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  – сульфат тетрааквамеди (II) (медный купорос)

Лиганд	Название
$\text{NH}_3$	аммин
$\text{H}_2\text{O}$	аква
CO	карбонил
$\text{F}^-$	фторо
Cl	хлоро
$\text{CN}^-$	циано
$\text{OH}^-$	гидроксо
$\text{CNS}^-$	тиоцианато
$\text{NO}_3^-$	нитрато
$\text{NO}_2^-$	нитро



Цис- транс-  
изомерия



*цис*-[CoCl<sub>2</sub>(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>+</sup>



*транс*-[CoCl<sub>2</sub>(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>+</sup>



*Гран- (fac-) граневой-*  
[CoCl<sub>3</sub>(NH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>]



*Ос- (mer-) реберный-*  
[CoCl<sub>3</sub>(NH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>]

трихлоротриамминкобал  
ьт



# Оптическая изомерия



$\Lambda$ -[Fe(ox)<sub>3</sub>]<sup>3-</sup>



$\Delta$ -[Fe(ox)<sub>3</sub>]<sup>3-</sup>



$\Lambda$ -цис-[CoCl<sub>2</sub>(en)<sub>2</sub>]<sup>+</sup>



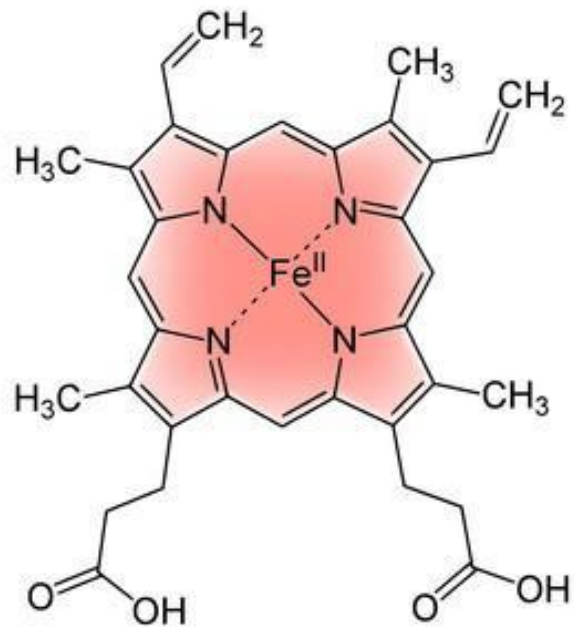
$\Delta$ -цис-[CoCl<sub>2</sub>(en)<sub>2</sub>]<sup>+</sup>



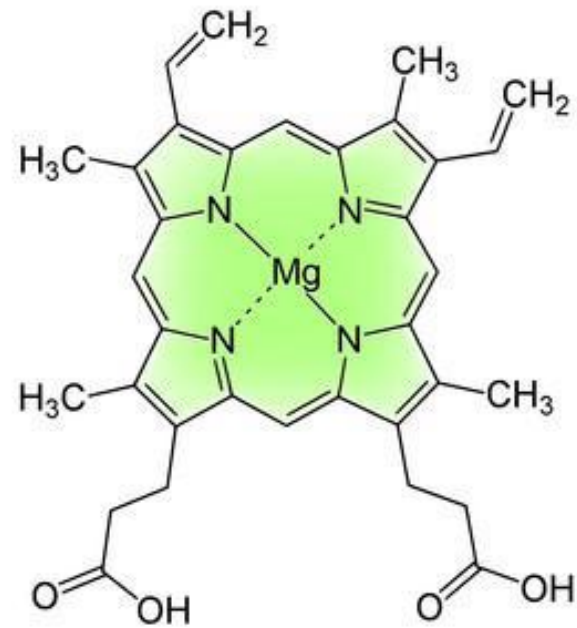
Часто комплексные соли имеют сильную окраску

Примеры комплексных соединений различных цветов

	Fe <sup>II</sup>	Fe <sup>III</sup>	Co <sup>II</sup>	Cu <sup>II</sup>	Al <sup>III</sup>	Cr <sup>III</sup>
Гидратированный ион	[Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup> Бледно-зелёный	[Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>3+</sup> Жёлто-коричневый	[Co(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup> Розовый	[Cu(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup> Серо-голубой	[Al(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>3+</sup> Бесцветный	[Cr(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>3+</sup> Бледно-зелёный
OH <sup>-</sup> , разбавленный раствор	[Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ] Светло-зелёный	[Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>3</sub> (OH) <sub>3</sub> ] Коричневый	[Co(H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ] Голубой	[Cu(H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ] Синий	[Al(H <sub>2</sub> O) <sub>3</sub> (OH) <sub>3</sub> ] Белый	[Cr(H <sub>2</sub> O) <sub>3</sub> (OH) <sub>3</sub> ] Зелёный
OH <sup>-</sup> , концентрированный раствор	[Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ] Светло-зелёный	[Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>3</sub> (OH) <sub>3</sub> ] Коричневый	[Co(H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ] Голубой	[Cu(H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ] Синий	[Al(OH) <sub>4</sub> ] <sup>-</sup> Бесцветный	[Cr(OH) <sub>6</sub> ] <sup>3-</sup> Бледно-зелёный
NH <sub>3</sub> , разбавленный раствор	[Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ] Светло-зелёный	[Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>3</sub> (OH) <sub>3</sub> ] Коричневый	[Co(H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ] Голубой	[Cu(H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ] Синий	[Al(H <sub>2</sub> O) <sub>3</sub> (OH) <sub>3</sub> ] Белый	[Cr(H <sub>2</sub> O) <sub>3</sub> (OH) <sub>3</sub> ] Зелёный
NH <sub>3</sub> , концентрированный раствор	[Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ] Светло-зелёный	[Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>3</sub> (OH) <sub>3</sub> ] Коричневый	[Co(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup> Жёлтый	[Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> ] <sup>2+</sup> Темно-синий	[Al(H <sub>2</sub> O) <sub>3</sub> (OH) <sub>3</sub> ] Белый	[Cr(NH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ] <sup>3+</sup> Бледно-зелёный
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	FeCO <sub>3</sub> Светло-зелёный	[Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>3</sub> (OH) <sub>3</sub> ] Коричневый	CoCO <sub>3</sub> Розовый	CuCO <sub>3</sub> Голубой		



Формула гемоглобина



Формула хлорофилла