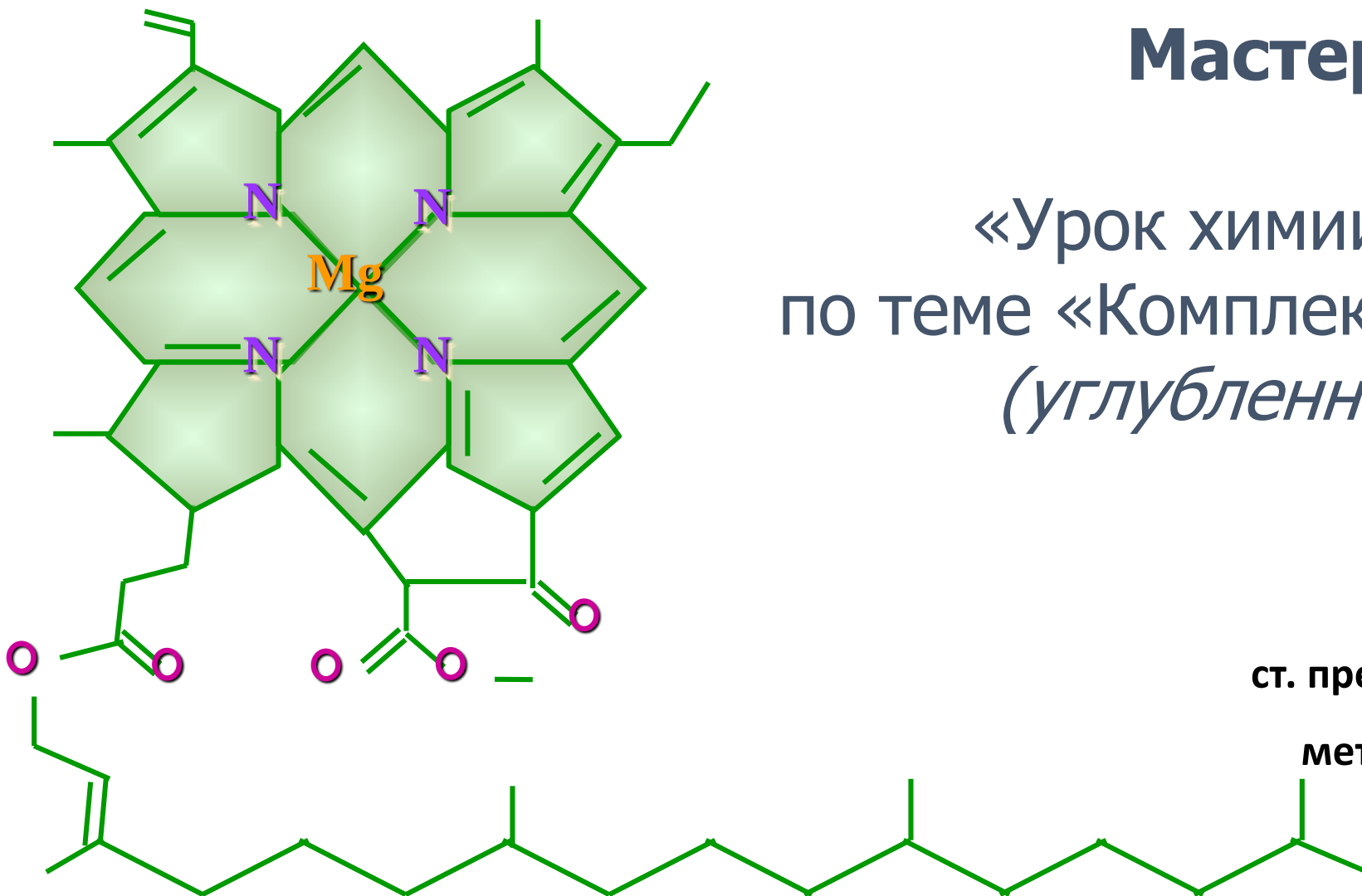




Мастер-класс

«Урок химии в 11 классе
по теме «Комплексные соединения»
(углубленный уровень)»

Горшкова Н.Н.,
ст. преподаватель КОО ГАУ ДПО ЯО ИРО,
методист МУ ДПО «ИОЦ» г. Рыбинска

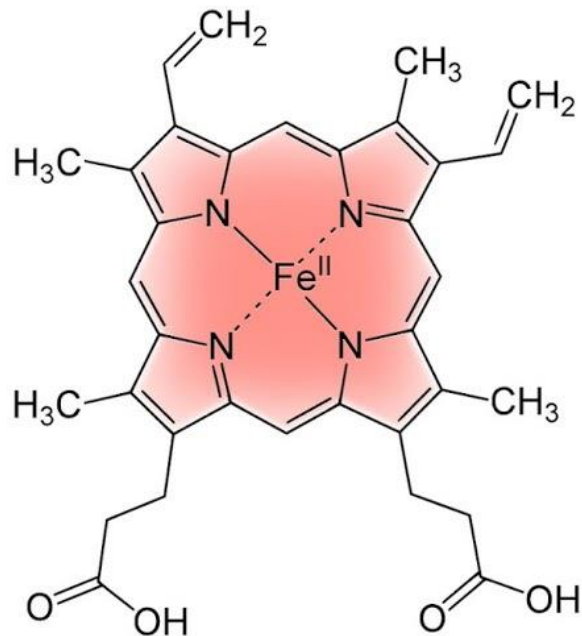
I. Актуализация знаний

- Механизмы образования ковалентной связи.
- Какие существуют механизмы образования ковалентной связи (К.С.)? (Обменный и донорно-акцепторный)
- Показать обменный механизм на примере молекулы воды.
- Показать донорно-акцепторный механизм на примере катиона аммония. *(Ответы учащихся у доски)*

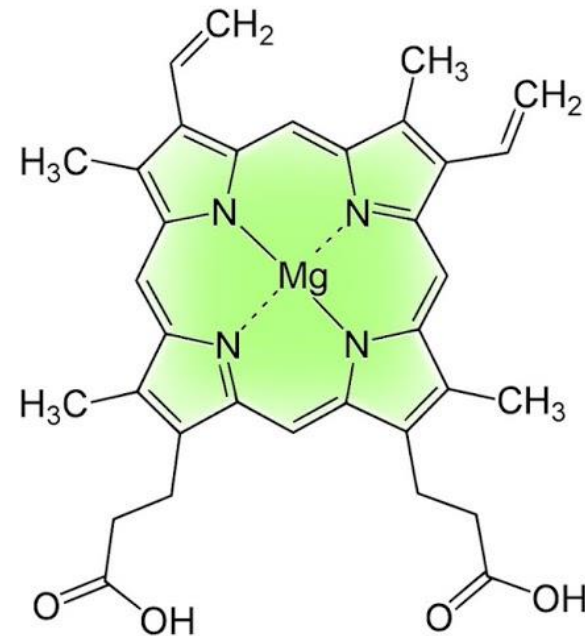
II. Введение новых понятий и знаний

- Понятие комплексных соединений.
- Координационная теория А. Вернера.
- Основные положения координационной теории.
- Определение суммарного заряда комплексного иона. *(Включение элементов беседы: определение заряда иона самими учащими)*
- Определение С.О. комплексообразователя. *(Включение элементов беседы: определение С.О. комплексообразователя самими учащими)*
- Строение комплексов. Донорно-акцепторный механизм.
- Строение иона комплексообразователя.
- Классификация комплексов по трем признакам (по заряду комплекса, по составу внешней сферы, по виду лигандов).
- Номенклатура комплексов. *(Включение элементов беседы: составление названий комплексов и их классификация силами учащих)*

Комплексные соединения (КС) – это вещества, в состав которых входят сложные ионы, существующие как в кристалле, так и в растворе



Формула гемоглобина



Формула хлорофилла

В 1893 г. швейцарским химиком-неоргаником **Альфредом Вернером** была сформулирована координационная теория, которая позволила понять строение и свойства КС. Поэтому комплексные соединения часто называют координационными



Пример

а



б



Состав КС

Согласно теории Вернера центральное положение в КС занимает, как правило, ион металла, который называют центральным ионом, или комплексообразователем

Комплексообразователь – это атом, ион или молекула, координирующая (располагающая) вокруг себя другие ионы или молекулы. Обычно имеет положительный заряд, является d-элементом, проявляет амфотерные свойства, но могут быть и атомы неметаллов (N, Si, B и др.)

Лиганды (адденды) – это молекулы или ионы, которые удерживает комплексообразователь и имеющие неподеленные электронные пары

Названия лигандов

- ✓ H_2O – аква
- ✓ NH_3 – аммин
- ✓ CO – карбонил
- ✓ OH^- – гидроксо
- ✓ F^- – фторо
- ✓ Cl^- – хлоро
- ✓ Br^- – бромо
- ✓ I^- – йодо
- ✓ CN^- – циано
- ✓ SO_4^{2-} – сульфато
- ✓ SO_3^{2-} – сульфито
- ✓ NO_3^- – нитрато
- ✓ SCN^- – родано или тиоцианато
- ✓ S^{2-} – тио
- ✓ H^- – гидридо
- ✓ NO^- – нитрозо
- ✓ NO – нитрозил
- ✓ CH_3COO^- – ацетато
- ✓ $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ – оксалато
- ✓ PO_4^{3-} – фосфато и т.д.

Координационное число (КЧ) – это цифра, показывающая количество лигандов, удерживающихся комплексообразователем. Чаще принимает значения 4 и 6, но все зависит от заряда центрального иона

Заряд центрального иона	КЧ	Пример
+	2	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$, $\text{Na}[\text{Hg}(\text{CN})_2]$
2+	4, реже 6	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
3+	6, реже 4	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ $\text{Li}[\text{Al}(\text{OH})_4]$
4+	6, реже 8	$\text{H}_2[\text{SiF}_6]$

Номенклатура КС

- 1. Вещества всегда называют справа налево, указывая сначала анион, затем катион;*
- 2. Указывая количество лигандов, используют греческие числительные;*
- 3. Затем называют центральный ион, используя латинские названия элементов;*
- 4. В скобках указывают валентность центрального иона, по модулю равную заряду*

- ✓ Fe – феррат
- ✓ Cu – купрат
- ✓ Ag – аргентат
- ✓ Au – аурат
- ✓ Hg - меркурат
- ✓ Zn - цинкат
- ✓ Al - алюминат
- ✓ Co- кобальтат
- ✓ Pd – палладат
- ✓ As - арсенат

- ✓ Sn – станнат
- ✓ Pb - плюмбат
- ✓ Cr – хромат
- ✓ Be – бериллат
- ✓ V - ванадат
- ✓ W- вольфраMAT
- ✓ Mo - молибдат
- ✓ Re- реннат
- ✓ B - борат
- ✓ Si - силикат

Классификация КС

1. По составу



2. По типу координируемых лигандов

а) **Аквакомплексы** – лигандами являются молекулы H_2O . Их образуют катионы металлов со степенью окисления +2 и больше, причем способность к образованию аквакомплексов у металлов одной группы периодической системы уменьшается сверху вниз

Примеры аквакомплексов:
 $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$, $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6](\text{NO}_3)_3$

б) *Гидроксокомплексы* —лигандами являются гидроксид-ионы . Комплексообразователями являются металлы, склонные к проявлению амфотерных свойств – Be, Zn, Al, Cr
Например: $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$, $\text{Ba}[\text{Zn}(\text{OH})_4]$

в) *Аммиакаты* —лигандами являются молекулы аммиака. Комплексообразователями являются *d*-элементы.
Например: $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$

г) *Ацидокомплексы* – лигандами являются анионы неорганических и органических кислот

Например: $K_3[Al(C_2O_4)_3]$, $Na_2[Zn(CN)_4]$,
 $K_4[Fe(CN)_6]$

д) *Разнолигандные комплексы* – включают
разные лиганды

Например: $\text{K}[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]$, $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_3\text{Br}_3]$,
 $\text{NH}_4[\text{Cr}(\text{SCN})_4(\text{NH}_3)_2]$

e) Карбонильные комплексы (карбонилы) –
лигандами являются молекулы угарного
газа

Например: $[\text{Ru}(\text{CO})_5]$, $[\text{Mo}(\text{CO})_6]$, $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$

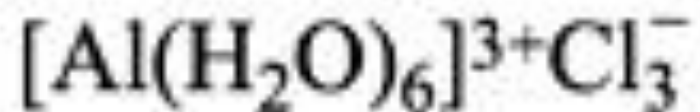
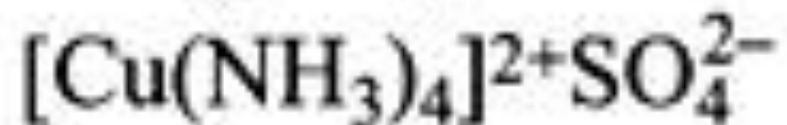
3. По заряду внутренней сферы

Комплексные соединения

```
graph TD; A[Комплексные соединения] --> B[Комплексный катион]; A --> C[Комплексный анион]; B --> D[Катионно-анионные]; B --> E[Нейтральные]; C --> D; C --> E;
```

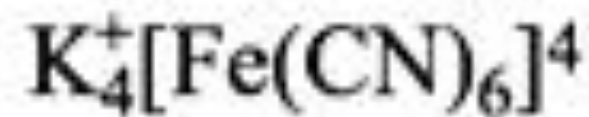
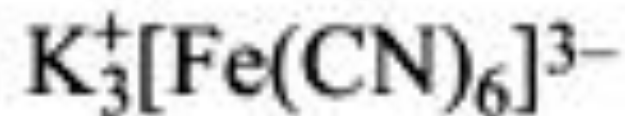
Комплексный катион

Примеры:

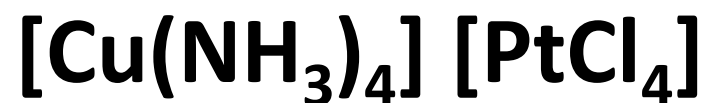


Комплексный анион

Примеры:



Катионно-анионные



Нейтральные



Химические свойства

1. В растворе комплексные соединения ведут себя как сильные электролиты, т.е. полностью диссоциируют на ионы внутренней и внешней сферы (основания, кислоты и соли)

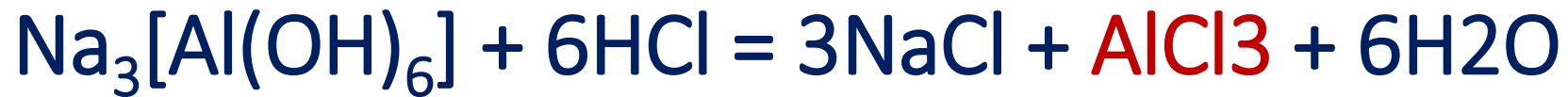


2. Кислоты разрушают гидроксокомплексы

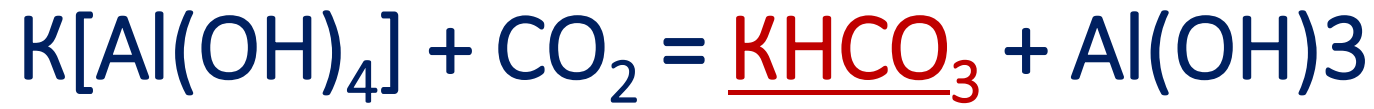
а) при недостатке кислоты



б) при избытке кислоты



в) при действии угольной кислоты ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$)



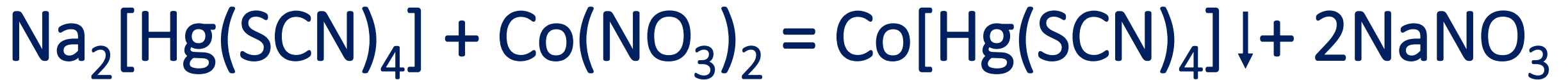
г) при действии сероводородной кислоты



3. Аммиакаты, аквакомплексы и гидроксокомплексы разлагаются при нагревании (термолиз)



4. Реакции обмена ионами внешней сферы с образованием слабого электролита:



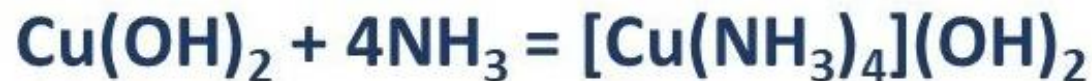
5. Образование малорастворимого
соединения с ионом
комплексообразователем:



Примеры комплексных соединений различных цветов						
	Fe ^{II}	Fe ^{III}	Co ^{II}	Cu ^{II}	Al ^{III}	Cr ^{III}
Гидратированный ион	[Fe(H ₂ O) ₆] ²⁺ Бледно-зелёный	[Fe(H ₂ O) ₅ (OH)] ²⁺ Жёлто-коричневый	[Co(H ₂ O) ₆] ²⁺ Розовый	[Cu(H ₂ O) ₆] ²⁺ Серо-голубой	[Al(H ₂ O) ₆] ³⁺ Бесцветный	[Cr(H ₂ O) ₆] ³⁺ Бледно-зелёный
ОН ⁻ , разбавленный раствор	[Fe(H ₂ O) ₄ (OH) ₂] Светло-зелёный	[Fe(H ₂ O) ₃ (OH) ₃] Коричневый	[Co(H ₂ O) ₄ (OH) ₂] Голубой	[Cu(H ₂ O) ₄ (OH) ₂] Синий	[Al(H ₂ O) ₃ (OH) ₃] Белый	[Cr(H ₂ O) ₃ (OH) ₃] Зелёный
ОН ⁻ , концентрированный раствор	[Fe(H ₂ O) ₄ (OH) ₂] Светло-зелёный	[Fe(H ₂ O) ₃ (OH) ₃] Коричневый	[Co(H ₂ O) ₄ (OH) ₂] Голубой	[Cu(H ₂ O) ₄ (OH) ₂] Синий	[Al(OH) ₄] ⁻ Бесцветный	[Cr(OH) ₆] ³⁻ Бледно-зелёный
NH ₃ , разбавленный раствор	[Fe(H ₂ O) ₄ (OH) ₂] Светло-зелёный	[Fe(H ₂ O) ₃ (OH) ₃] Коричневый	[Co(H ₂ O) ₄ (OH) ₂] Голубой	[Cu(H ₂ O) ₄ (OH) ₂] Синий	[Al(H ₂ O) ₃ (OH) ₃] Белый	[Cr(H ₂ O) ₃ (OH) ₃] Зелёный
NH ₃ , концентрированный раствор	[Fe(H ₂ O) ₄ (OH) ₂] Светло-зелёный	[Fe(H ₂ O) ₃ (OH) ₃] Коричневый	[Co(NH ₃) ₆] ²⁺ Жёлтый	[Cu(NH ₃) ₄ (H ₂ O) ₂] ²⁺ Темно-синий	[Al(H ₂ O) ₃ (OH) ₃] Белый	[Cr(NH ₃) ₆] ³⁺ Бледно-зелёный
CO ₃ ²⁻	FeCO ₃ Светло-зелёный	[Fe(H ₂ O) ₃ (OH) ₃] Коричневый	CoCO ₃ Розовый	CuCO ₃ Голубой		

Получение аммиакатов

Аммиакаты — продукты взаимодействия солей с аммиаком, комплексные соединения, содержащие в качестве лигандов молекулы аммиака. Аммиакаты получают взаимодействием гидроксида аммония с водорастворимыми солями, оксидами, содержащими комплексообразователь(Cu,Ag).



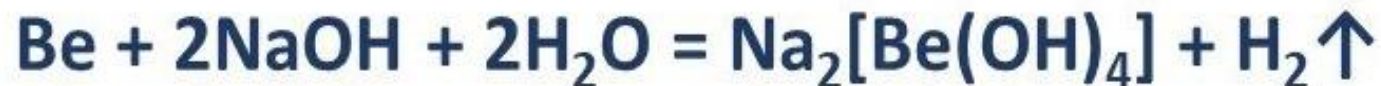
Получение гидроксокомплексов

Условием образования гидроксокомплексов является амфотерный характер металла комплексообразователя

1. Взаимодействие амфотерных оксидов и гидроксидов, водорастворимых солей металлов, соединения которых проявляют амфотерные свойства с растворами щелочей:



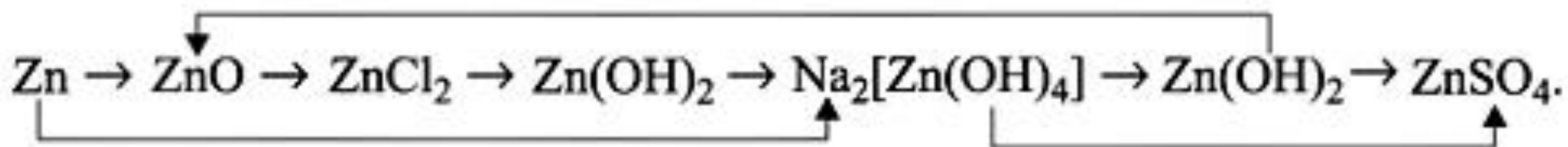
2. Взаимодействие металлов, которые в ряду напряжений стоят до водорода, а их оксиды и гидроксиды амфотерны. К таким металлам относятся: Zn, Al, Be, Sn, Pb и некоторые другие:



3. Нитраты восстанавливаются до аммиака с образованием гидроксокомплексов с Al, Zn:

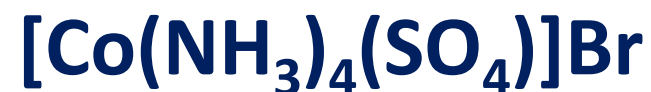
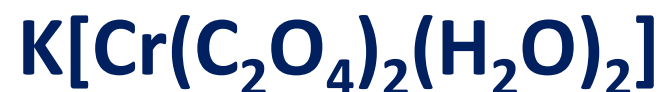
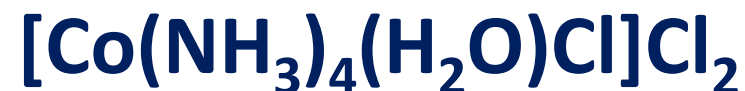
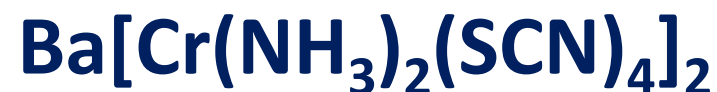
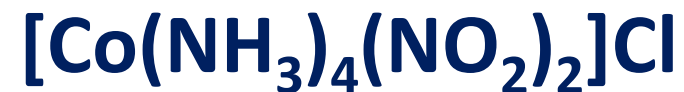
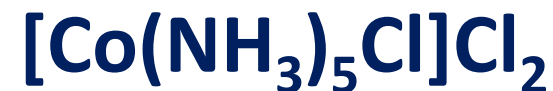
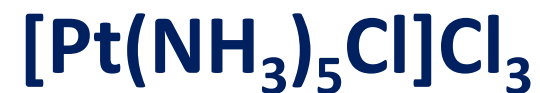
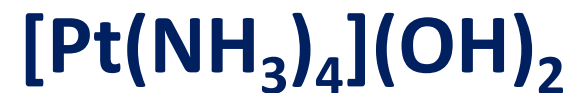


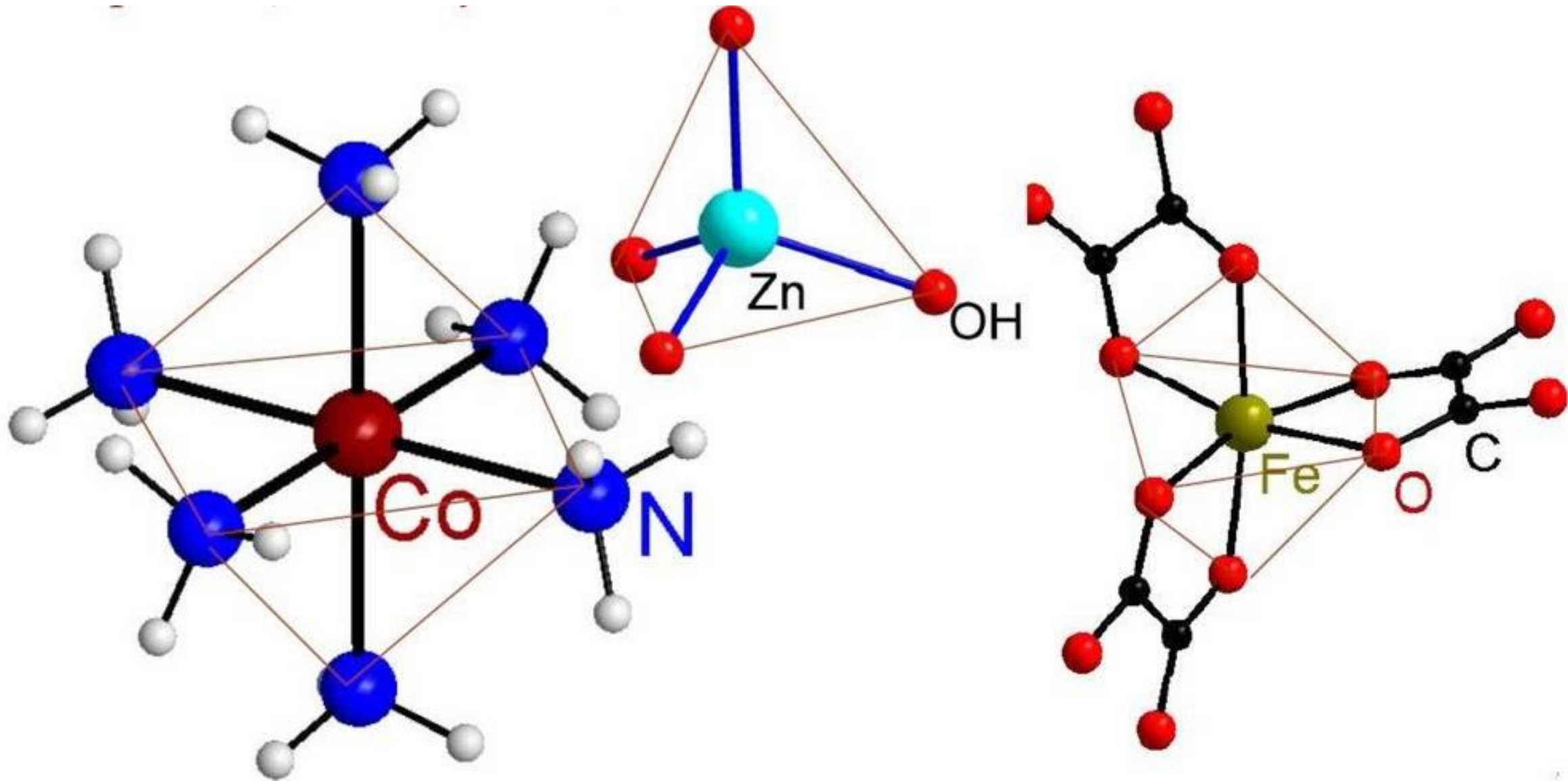
Осуществить цепочку превращений



Оксид цинка массой 16,2 г нагрели в атмосфере угарного газа, объемом 1,12 л (н.у.). При этом угарный газ прореагировал полностью. Полученный твердый остаток растворили в 60 г 40%-ного раствора едкого натра. Определите массовую долю гидроксида натрия в полученном растворе.

Назовите соединения





Спасибо за внимание