

## Практическое занятие № 20

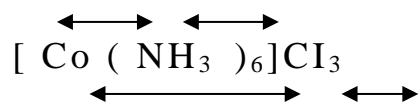
### Комплексные соединения

**Примеры решения задач** В реакциях  $\underline{\text{CoCl}}_3 + 6\underline{\text{NH}}_3 = [\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  и  $2\underline{\text{KCl}} + \underline{\text{PtCl}}_2 = \text{K}_2[\text{PtCl}_4]$  сложные соединения  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  и  $\text{K}_2[\text{PtCl}_4]$  называются *комплексными соединениями*.

Такие соединения образуются, если исходные молекулы могут проявлять «дополнительную» валентность за счет образования ковалентной связи по донорно-акцепторному типу. Для этого одна из молекул должна содержать атом со свободными орбиталями, а другая молекула - иметь атом с неподеленной парой валентных электронов.

**Состав комплексных соединений.** Согласно координационной теории А.Вернера в комплексных соединениях различают *внутреннюю и внешнюю сферы*. Внутренняя сфера (комплексный ион или комплекс), как правило, выделяется в квадратные скобки, и состоит из *комплексообразователя* (атома или иона) и окружающих его *лигандов*:

комплексообразователь    лиганды



внутренняя сфера    внешняя сфера

Комплексообразователями служат атомы или ионы, имеющие вакантные валентные орбитали. Наиболее распространенными комплексообразователями служат атомы или ионы d – элементов.

Лигандами могут быть молекулы или ионы, предоставляющие неподеленные пары валентных электронов для координации с комплексообразователем.

Число координируемых лигандов определяется *координационным числом* комплексообразователя и *дентатностью лигандов*. *Координационное число* равно общему числу  $\sigma$ -связей между комплексообразователем и лигандами, оно *определяется числом свободных (вакантных) атомных орбиталей комплексообразователя*, которые он предоставляет для донорных пар электронов лигандов.

**Правило:**

*координационное число комплексообразователя равно его удвоенной степени окисления.*

*Дентатность лиганда* – это число всех  $\sigma$ -связей, которые лиганд может образовать с комплексообразователем; эта величина *определяется как число донорных пар электронов*, которые лиганд может предоставить для взаимодействия с центральным атомом. По этой характеристике различают моно-, ди- и поли-дентатные лиганды. Например, этилендиамин  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ , ионы  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  - бидентатные лиганды. Следует учитывать, что лиганды не всегда проявляют свою максимальную дентатность.

В случае монодентатных лигандов (какими являются в рассматриваемых примерах молекулы аммиака  $\text{:NH}_3$  и хлорид-ионы  $\text{Cl}^-$ ) индекс, указывающий на число лигандов, совпадает с координационным числом комплексообразователя. Примеры других лигандов и их названия приведены далее в таблице.

**Определение заряда комплексного иона (внутренней сферы).** Заряд комплексного иона равен алгебраической сумме зарядов комплексообразователя и лигандов, или *равен заряду внешней сферы, взятому с обратным знаком* (правило электронейтральности). В соединении  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  внешнюю сферу образуют три иона хлора ( $\text{Cl}^-$ ) с общим зарядом внешней сферы  $3-$ , тогда по правилу электронейтральности внутренняя сфера имеет заряд  $3+$ :  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ .

В комплексном соединении  $\text{K}_2[\text{PtCl}_4]$  внешнюю сферу образуют два иона калия ( $\text{K}^+$ ), общий заряд которых равен  $2+$ , тогда заряд внутренней сферы будет  $2-$ :  $[\text{PtCl}_4]^{2-}$ .

#### **Определение заряда комплексообразователя.**

Термины «заряд комплексообразователя» и «степень окисления комплексообразователя» здесь тождественные.

В комплексе  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$  лигандами являются электронейтральные молекулы, следовательно, заряд комплекса ( $3+$ ) определяется зарядом комплексообразователя -  $\text{Co}^{3+}$ .

В комплексе  $[\text{PtCl}_4]^{2-}$  заряд внутренней сферы ( $2-$ ) равен алгебраической сумме зарядов комплексообразователя и лигандов:  $-2 = x + 4 \cdot (-1)$ ; заряд комплексообразователя (степень окисления)  $x = +2$ , т.е. центром координации в этом комплексе является  $\text{Pt}^{2+}$ .

Катионы или анионы за пределами внутренней сферы, связанные с ней электростатическими силами ион – ионного взаимодействия, образуют внешнюю сферу комплексного соединения.

#### **Номенклатура комплексных соединений.**

Название соединений определяется типом комплексного соединения в зависимости от заряда внутренней сферы: например:

$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  – относится к катионным комплексным соединениям, т.к. внутренняя сфера (комплекс)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$  является катионом;

$\text{K}_2[\text{PtCl}_4]$  – анионное комплексное соединение, внутренняя сфера  $[\text{PtCl}_4]^{2-}$  является анионом;

$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]^0$  и  $[\text{Ni}(\text{CO})_4]^0$  относятся к электронейтральным комплексным соединениям, они не содержат внешней сферы, т.к. внутренняя сфера - с нулевым зарядом.

#### Общие правила и особенности в названии комплексных соединений.

Общие правила:

1) во всех типах комплексных соединений сначала называют анионную, затем – катионную часть соединения;

2) *во внутренней сфере* всех типов комплексов число лигандов указывается с помощью греческих числительных: *ди, три, тетра, пента, гекса* и т.д.;

2а) если во внутренней сфере комплекса находятся разные лиганды (это смешанные или разнолигандные комплексы), указываются сначала числа и названия отрицательно заряженных лигандов с прибавлением окончания *-о* ( $\text{Cl}^-$  - *хлоро*,  $\text{OH}^-$  - *гидроксо*,  $\text{SO}_4^{2-}$  - *сульфато* и т.п. (см. таблицу), затем указывают числа и названия нейтральных лигандов, причем вода называется *аква*, а аммиак – *амин*;

2б) последним *во внутренней сфере* называют комплексообразователь. Особенность: Название комплексообразователя определяется тем, входит ли он в комплексный катион (1), комплексный анион (2) или нейтральный комплекс (3).

(1). Комплексообразователь - в комплексном катионе.

После названия всех лигандов во внутренней сфере комплекса дается русское название элемента- комплексообразователя в родительном падеже. Если элемент проявляет различную степень окисления, она указывается после его названия в скобках цифрами. Используется также номенклатура с указанием для комплексообразователя не степени окисления, а его валентности (римскими цифрами).

**Пример.** Назовите комплексное соединение  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}]\text{Cl}$ .

а). Определим заряд внутренней сферы по правилу: заряд внутренней сферы равен по величине, но противоположен по знаку заряду внешней сферы; заряд внешней сферы (его определяет ион хлора  $\text{Cl}^-$ ) равен -1, следовательно, внутренняя сфера имеет заряд +1 ( $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}]^+$ ) и это - *комплексный катион*.

б). Вычислим степень окисления комплексообразователя (это платина), поскольку в названии соединения должна указываться его степень окисления. Обозначим ее через  $x$  и вычислим из уравнения электронейтральности (алгебраическая сумма степеней окисления всех атомов элементов в молекуле равна нулю):  $x \cdot 1 + 0 \cdot 3 + (-1) \cdot 2 = 0$ ;  $x = +2$ , т.е.  $\text{Pt}(2+)$ .

в). Название соединения начинаем с аниона – *хлорид*.

г). Далее называем катион  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}]^+$  - это комплексный катион, который содержит разные лиганды – и молекулы ( $\text{NH}_3$ ), и ионы ( $\text{Cl}^-$ ), поэтому называем в первую очередь заряженные лиганды, прибавляя окончание *-о-*, т.е. –*хлоро*, затем называем лиганды-молекулы (это аммиак  $\text{NH}_3$ ), их 3, для этого используем греческое числительное и название лиганда – *триаммин*, далее называем по-русски в родительном падеже комплексообразователь с указанием его степени окисления – *платины(2+)*;

д). Объединив последовательно названия (даны жирным курсивом), получим название комплексного соединения  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}]\text{Cl}$  - *хлорид хлоротриамминплатины(2+)*.

Примеры соединений с комплексными катионами и их названия:

- 1)  $[\text{V}(\text{NH}_3)_5\text{NO}_2]\text{Br}_2$  - бромид нитро**пентааммин**ванадия(3+);
- 2)  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_4\text{CO}_3]\text{Cl}$  - хлорид карбонато**тетрааммин**хрома(3+);
- 3)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{ClO}_4)_2$  – перхлорат **тетрааммин**меди(2+);
- 4)  $[\text{Ru}(\text{NH}_3)_5\text{Br}]\text{SO}_4$  – сульфат бром**пентааммин**рутения(3+);
- 5)  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Br}_2]\text{ClO}_4$  – перхлорат **дибромотетрааква**кобальта(3+).

Таблица. Формулы и названия отрицательно заряженных лигандов

$F^-$	- фторо-	$CO_3^{2-}$	- карбонато-
$OH^-$	- гидроксо-	$C_2O_4^{2-}$	- оксалато-
$NO_2^-$	- нитро-(или нитрито-)	$CN^-$	- циано-
$Cl^-$	- хлоро-	$CNS^-$	- тиоцианато-
$Br^-$	- бромо-	$PO_4^{3-}$	- фосфато-
$I^-$	- иодо-	$H^-$	- гидридо-

(2). Комплексообразователь - в комплексном анионе.

После названия лигандов называют комплексообразователь; используется латинское название элемента, к нему прибавляется **суффикс – am** (отличительный признак комплекса анионного типа) и указывается в скобках валентность или степень окисления комплексообразователя. Затем называют катион внешней сферы в родительном падеже. Индекс, указывающий на число катионов в соединении, определяется валентностью комплексного аниона и в названии не отображается.

**Пример.** Назовите комплексное соединение  $(NH_4)_2[Pt(OH)_2Cl_4]$ .

а). Определим заряд внутренней сферы, он равен по величине, но противоположен по знаку заряду внешней сферы; заряд внешней сферы (его определяют ионы аммония  $NH_4^+$ ) равен +2, следовательно, внутренняя сфера имеет заряд -2 и это - комплексный анион  $[Pt(OH)_2Cl_4]^{2-}$ .

б). Степень окисления комплексообразователя (это платина) (обозначим через x) вычислим из уравнения электронейтральности:  $(+1) \cdot 2 + x \cdot 1 + (-1) \cdot 2 + (-1) \cdot 4 = 0$ ;  $x = +4$ , т.е. Pt(4+).

в). Название соединения начинаем с аниона -  $[Pt(OH)_2Cl_4]^{2-}$  (комплексный анион), который содержит разные лиганды-ионы:  $(OH^-)$  и  $(Cl^-)$ , поэтому к названию лигандов прибавляем окончание *-о-*, а их количество обозначаем числительными: - **тетрахлородигидроксо** -, далее называем комплексообразователь, используя латинское название элемента, к нему прибавляем **суффикс –am** (отличительный признак комплекса анионного типа) и указываем в скобках валентность или степень окисления комплексообразователя -**платинат** (4+).

г). Последним называем катион в родительном падеже – **аммония**.

д). Объединив последовательно названия (даны жирным курсивом), получим название комплексного соединения  $(NH_4)_2[Pt(OH)_2Cl_4]$  - **тетрахлородигидроксоплатинат(4+) аммония**.

Примеры соединений с комплексными анионами и их названия:

- 1)  $Mg[Al(OH)F_3]_2$  – **трифторогидроксоалюминат(3+)** магния;
- 2)  $K_2[Cu(NH_3)_2(S_2O_3)_2]$  - **дитиосульфатодиаминокупрат(2+)** калия;
- 3)  $K_2[HgJ_4]$  – **тетраиодомеркурат(2+)** калия.

(3). Комплексообразователь – в нейтральном комплексе.

После названия всех лигандов последним называют комплексообразователь в именительном падеже, а степень его окисления не указывают, так как она определяется электронейтральностью комплекса.

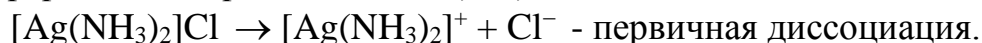
Примеры нейтральных комплексов и их названия:

- 1)  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)(\text{H}_2\text{O})\text{Cl}_2]$  – дихлороакваамминплатина;
- 2)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_3\text{Br}_3]$  – трибромотриамминкобальта;
- 3)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]$  – трихлоротриамминкобальт.

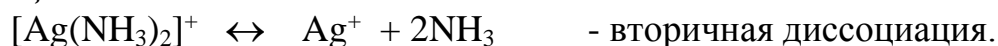
Таким образом, **сложная часть названия всех типов комплексных соединений всегда соответствует внутренней сфере комплекса.**

Поведение комплексных соединений в растворах. Равновесия в растворах комплексных соединений. Рассмотрим поведение в растворе комплексного соединения хлорида диамминсеребра  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ .

Ионы внешней сферы ( $\text{Cl}^-$ ) связаны с комплексным ионом в основном силами электростатического взаимодействия (**ионной связью**), поэтому в растворе, подобно ионам сильных электролитов, происходит практически полный *распад комплексного соединения на комплекс и внешнюю сферу - это внешнесферная или первичная диссоциация* комплексных солей:



Лиганды во внутренней сфере комплекса связаны с комплексообразователем донорно-акцепторными **ковалентными связями**; их отщепление (отрыв) от комплексообразователя протекает в большинстве случаев в незначительной степени, как у слабых электролитов, поэтому носит обратимый характер. *Обратимый распад внутренней сферы - это вторичная диссоциация комплексного соединения:*



В результате этого процесса устанавливается равновесие между комплексной частицей, центральным ионом и лигандами. Она протекает ступенчато с последовательным отщеплением лигандов.

*Константа равновесия процесса вторичной диссоциации называется константой нестойкости комплексного иона:*

$$K_{\text{нест.}} = [\text{Ag}^+][\text{NH}_3]^2/[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+] = 6,8 \cdot 10^{-8}.$$

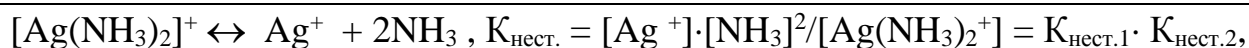
Она служит мерой устойчивости внутренней сферы: **чем устойчивее комплексный ион, тем меньше его константа нестойкости, тем меньше концентрация ионов, образующихся при диссоциации комплекса.** Значения констант нестойкости комплексов являются табличными величинами.

Константы нестойкости, выраженные через концентрации ионов и молекул, называются концентрационными. Константы нестойкости, выраженные через активности ионов и молекул, не зависят от состава и ионной силы раствора. Например, для комплекса в общем виде  $\text{MeX}_n$  (уравнение диссоциации  $\text{MeX}_n \leftrightarrow \text{Me} + n\text{X}$ ) константа нестойкости имеет вид:

$$K_{\text{нест.}} = a_{\text{Me}} \cdot a_{\text{X}}^n / a_{\text{MeX}_n}.$$

При решении задач в случае достаточно разбавленных растворов допускается использование концентрационных констант, полагая, что коэффициенты активности компонентов системы практически равны единице.

Приведенное уравнение вторичной диссоциации – это суммарная реакция ступенчатого процесса диссоциации комплекса с последовательным отщеплением лигандов:



где  $K_{\text{нест.1}}$  и  $K_{\text{нест.2}}$  – ступенчатые константы нестойкости комплекса.

*Общая константа нестойкости комплекса равна произведению ступенчатых констант нестойкости.*

Из приведенных уравнений ступенчатой диссоциации комплекса следует, что в растворе могут присутствовать продукты промежуточной диссоциации; **при избыточной концентрации лиганда**, благодаря обратимости этих процессов, равновесие реакций сдвигается в сторону исходных веществ и в растворе, в основном, присутствует недиссоциированный комплекс.

Для характеристики прочности комплекса, кроме константы нестойкости комплекса, используется обратная ей величина – константа устойчивости комплекса  $\beta_{\text{уст.}} = 1 / K_{\text{нест.}}$ .  $\beta_{\text{уст.}}$  также является справочной величиной.

### Контрольные задания

181. Для приведенного комплексного соединения укажите название, степень окисления (заряд) иона-комплексообразователя, координационное число. Напишите уравнения электролитической диссоциации этого соединения и выражение для константы нестойкости комплекса  $[\text{PtCl}_2(\text{H}_2\text{O})(\text{NH}_3)_3]\text{Cl}_2$ ,  $[\text{PdCl}(\text{H}_2\text{O})(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ .

182\*.  $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_3\text{H}_2\text{O}]\text{SO}_4$ ,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2$ .

183\*.  $\text{K}_2[\text{CuCl}_2(\text{H}_2\text{O})(\text{NH}_3)](\text{NO}_3)_2$ ,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ .

184\*.  $\text{Na}[\text{Zn}(\text{CN})_3(\text{H}_2\text{O})]$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})]\text{Cl}_3$ .

185\*.  $\text{Ba}[\text{Fe}(\text{CN})_5(\text{H}_2\text{O})]$ ,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ .

186\*.  $(\text{NH}_4)[\text{PdCl}_3(\text{H}_2\text{O})]$ ,  $[\text{CoCN}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})]\text{Br}_2$ .

187\*.  $\text{Na}_3[\text{MnF}_6]$ ,  $[\text{CoSO}_4(\text{NH}_3)_5]\text{NO}_3$ .

188\*.  $[\text{TiF}_2(\text{H}_2\text{O})_4]\text{SO}_4$ ,  $\text{K}[\text{Co}(\text{NO}_2)_4(\text{NH}_3)_2]$ .

189\*.  $[\text{V}(\text{CN})(\text{H}_2\text{O})_5]\text{Cl}_2$ ,  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ .

190\*.  $[\text{Pb}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ ,  $[\text{PtCl}(\text{NH}_3)_3]\text{Cl}$ .

**Пример 1.** Определить заряд комплексного иона, координационное число комплексообразователя (к.ч.) и степень окисления комплексообразователя в соединениях: а)  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ , б)  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , в)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ .

**Решение.** Заряд комплексного иона равен заряду внешней сферы, но противоположен ему по знаку. Координационное число комплексообразователя равно числу лигандов, координирующихся вокруг него. Степень окисления комплексообразователя определяется так же, как степень окисления атома в любом соединении, исходя из того, что сумма степеней окисления всех атомов в молекуле равна нулю. Заряды нейтральных молекул ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ) равны нулю. Заряды кислотных остатков определяют из формул соответствующих кислот. Отсюда: заряд иона а) +1, б) -3, в) +2; к.ч. а) 6, б) 6, в) 4; степень окисления а) +3, б) +3, в) +2

**Пример 2.** Назвать комплексные соли:  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ ,  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{NO}_2)_2]\text{Cl}$ ,  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{Na}_2[\text{Pt}(\text{OH})_5\text{Cl}]$ ,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ ,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2(\text{SCN})_2]$ .

**Решение.** При составлении названия комплексного соединения первым в именительном падеже называется анион, в потом в родительном – катион, независимо, который из них является комплексным.

1. Соль содержит **комплексный катион**. Название комплексного катиона составляют следующим образом: сначала указывают числа (*ди, три, тетра, пента, гекса* и т.д.) и названия отрицательно заряженных лигандов с окончанием «о» ( $\text{Cl}^-$  - *хлоро*,  $\text{SO}_4^{2-}$  - *сульфато*,  $\text{OH}^-$  - *гидроксо*,  $\text{CN}^-$  - *циано*.  $\text{SCN}^-$  – *родано*,  $\text{NO}_2^-$  - *нитро* и т.п.); затем указывают числа и названия нейтральных лигандов, причем вода называется *аква*, аммиак – *аммин*; последним называют комплексообразователь, указывая его степень окисления (в скобках римскими цифрами после названия комплексообразователя). Например,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$  – сульфат тетраамминмеди (II);  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{NO}_2)_2]\text{Cl}$  – хлорид динитротетрааквакобальта (III).

2. Соль содержит **комплексный анион**. Название комплексного аниона составляют аналогично названию катиона и заканчивают суффиксом «ат». Например,  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  – гексацианоферрат (II) калия;  $\text{Na}_2[\text{Pt}(\text{OH})_5\text{Cl}]$  – хлоропентагидроксоплатинат (IV) натрия.

3. Наименование **нейтральных комплексов** образуют так же, как и катионов, но комплексообразователь называют в именительном падеже, а его степень окисления не указывают. Например,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  – дихлородиаминоплатина;  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2(\text{SCN})_2]$  – дироданодиаминомеди.

### Задачи для самостоятельного решения

301. Определите, чему равны заряд комплексного иона, степень окисления и координационное число комплексообразователя в соединениях  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$ ,  $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$ . Напишите уравнения диссоциации этих соединений в водных растворах.

302. Составьте координационные формулы следующих комплексных соединений платины:  $\text{PtCl}_4 \cdot 6\text{NH}_3$ ;  $\text{PtCl}_4 \cdot 4\text{NH}_3$ ;  $\text{PtCl}_4 \cdot 2\text{NH}_3$ . Координационное число платины (+4) равно шести. Напишите уравнения диссоциации этих соединений в водных растворах. Какое из них является комплексным неэлектролитом?

303. Составьте координационные формулы следующих комплексных соединений кобальта:  $\text{CoCl}_3 \cdot 6\text{NH}_3$ ;  $\text{CoCl}_3 \cdot 5\text{NH}_3$ ;  $\text{CoCl}_3 \cdot 4\text{NH}_3$ . Координационное число кобальта (+3) равно шести. Напишите уравнения диссоциации этих соединений в водных растворах.

304. Определите, чему равны заряд комплексного иона, степень окисления и координационное число сурьмы в соединениях  $\text{Rb}[\text{SbBr}_6]$ ;  $\text{K}[\text{SbCl}_6]$ ;  $\text{Na}[\text{Sb}(\text{SO}_4)_2]$ . Как диссоциируют эти соединения в водных растворах?

305. Составьте координационные формулы следующих комплексных соединений серебра:  $\text{AgCl} \cdot 2\text{NH}_3$ ;  $\text{AgCN} \cdot \text{KCN}$ ;  $\text{AgNO}_2 \cdot \text{NaNO}_2$ . Координационное число серебра(+1) равно двум. Напишите уравнения диссоциации этих соединений в водных растворах.

306. Определите, чему равны заряд комплексного иона, степень окисления и координационное число комплексообразователя в соединениях  $\text{K}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ;  $\text{K}_4[\text{TiCl}_8]$ ;  $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$ . Как диссоциируют эти соединения в водных растворах?

307. Из сочетания частиц  $\text{Co}^{3+}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2^-$  и  $\text{K}^+$  можно составить семь координационных формул комплексных соединений кобальта, одна из которых  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6](\text{NO}_2)_3$ . Составьте формулы других шести соединений и напишите уравнения их диссоциации в водных растворах.

308. Определите, чему равен заряд следующих комплексных ионов:  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]$ ;  $[\text{HgBr}]$ ;  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , если комплексообразователями являются  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ . Напишите формулы соединений, содержащих эти

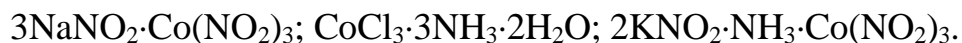


комплексные ионы.

309. Определите, чему равен заряд следующих комплексных ионов:  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_5\text{NO}_3]$ ;  $[\text{Pd}(\text{NH}_3)\text{Cl}_3]$ ;  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]$ , если комплексообразователями являются  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Pd}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ . Напишите формулы комплексных соединений, содержащих эти ионы.

310. Из сочетания частиц  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Cl}^-$  и  $\text{K}^+$  можно составить семь координационных формул комплексных соединений хрома, одна из которых  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ . Составьте формулы других шести соединений и напишите уравнения их диссоциации в водных растворах.

311. Составьте координационные формулы следующих комплексных соединений кобальта:



Координационное число кобальта (+3) равно шести. Напишите уравнения диссоциации этих соединений в водных растворах.

312. Напишите выражения для констант нестойкости комплексных ионов  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ ;  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ ;  $[\text{PtCl}_6]^{2-}$ . Чему равны степень окисления и координационное число комплексообразователей в этих ионах?

313. Константы нестойкости комплексных ионов  $[\text{Co}(\text{CN})_4]^{2-}$ ;  $[\text{Hg}(\text{CN})]^{2-}$ ;  $[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$  соответственно равны:  $8 \cdot 10^{-20}$ ;  $4 \cdot 10^{-41}$ ;  $1,4 \cdot 10^{-17}$ . В каком растворе, содержащем эти ионы (при равной молярной концентрации), ионов  $\text{CN}^-$  больше? Напишите выражения для констант нестойкости указанных комплексных ионов.

314. Напишите выражения для констант нестойкости следующих комплексных ионов:  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ ;  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ ;  $[\text{Ag}(\text{NCS})_3]^-$ . Зная, что они соответственно равны  $1,0 \cdot 10^{-21}$ ;  $6,8 \cdot 10^{-8}$ ;  $2,0 \cdot 10^{-11}$ , укажите, в каком растворе, содержащем эти ионы (при равной молярной концентрации), больше ионов  $\text{Ag}^+$ .

315. При прибавлении раствора  $\text{KCN}$  к раствору  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)]\text{SO}_4$  образуется растворимое комплексное соединение  $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{CN})_4]$ . Напишите молекулярное и ионное уравнения реакции. Константа нестойкости какого иона:  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  или  $[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$  больше? Почему?

316. Напишите уравнения диссоциации солей  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  и  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  в водном растворе. К каждой из них прилили раствор щелочи. В каком случае выпадает осадок гидроксида железа? Напишите

молекулярное и ионное уравнения реакции. Какие комплексные соединения называются двойными солями?

317. Составьте координационные формулы следующих комплексных соединений платины (+2), координационное число которой равно четырем:  $\text{PtCl}_2 \cdot 3\text{NH}_3$ ;  $\text{PtCl}_2 \cdot \text{NH}_3 \cdot \text{KCl}$ ;  $\text{PtCl}_2 \cdot 2\text{NH}_3$ . Напишите уравнения диссоциации этих соединений в водных растворах. Какое из них является комплексным неэлектролитом?

318. Хлорид серебра растворяется в растворах аммиака и тиосульфата натрия. Дайте этому объяснение и напишите молекулярные и ионные уравнения соответствующих реакций.

319. Какие комплексные соединения называются двойными солями? Напишите уравнения диссоциации солей  $\text{K}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  и  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  в водном растворе. В каком случае выпадает осадок гидроксида железа, если к каждой из них прилить раствор щелочи? Напишите молекулярное и ионное уравнения реакции.

320. Константы нестойкости комплексных ионов  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ ;  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ ;  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  соответственно равны:  $6,2 \cdot 10^{-36}$ ;  $1,0 \cdot 10^{-37}$ ;  $1,0 \cdot 10^{-44}$ . Какой из этих ионов является более прочным? Напишите выражения для констант нестойкости указанных комплексных ионов и формулы соединений, содержащих эти ионы.