**Лекция №3**

**Тема «Основные классы неорганических веществ»**

План:

1. Классификация неорганических веществ

- оксиды

- гидроксиды (гидраты оксидов)

- кислоты

- соли

1. Общие химические свойства и способы получения основных классов неорганических веществ
2. Понятие о комплексных соединениях
3. Генетическая связь между классами неорганических веществ

*Конспект лекции*

1. **Классификация неорганических веществ**

В настоящее время известно более 100 тысяч неорганических веществ. Все неорганические вещества можно разделить на классы. Каждый класс объединяет вещества, сходные по свойствам и составу.*(см. таблицу)*

Все неорганические вещества делятся на**простые и сложные.**

Простые вещества подразделяются на **металлы, неметаллы и инертные газы** (в настоящее время их всё чаще относят к неметаллам, т.к. для многих из них был синтезирован ряд химических соединений).

Важнейшими классами сложных неорганических веществ являются **оксиды, основания, кислоты, амфотерные гидроксиды, соли.**

**Оксиды** – это соединения двух элементов, один из которых кислород в степени окисления -2.

Общая формула оксидов **ЭmОn**

Примеры оксидов: K2O, CaO, SO2, P2O5

Все оксиды делятся на**солеобразующие и несолеобразующие (индифферентные).**

**Несолеобразующие оксиды** – это оксиды, которые не образуют солей при взаимодействии с кислотами и основаниями. Их немного, запомните четыре несолеобразующих оксида: CO, SiO, NO, N2O.

**Солеобразующие оксиды** – это оксиды, которые образуют соли при взаимодействии с кислотами или основаниями. Например,

Na2O + 2HCl = 2NaCl + H2O

SO2 + 2NaOH = Na2SO4 + H2O

Многие солеобразующие оксиды могут взаимодействовать с водой. Продукты взаимодействия оксидов с водой называются **гидратами оксидов (или гидроксидами).** Например,

Na2O + H2O = 2NaОН

SO2 + H2O = Н2SO4

Некоторые оксиды с водой не взаимодействуют, но им соответствуют гидроксиды, которые можно получить косвенным путем. Любой гидроксид содержит гидроксидные группы – ОН.

В зависимости от характера соответствующих гидратов все солеобразующие оксиды делятся на три типа: основные, кислотные, амфотерные.

**Основные оксиды** — это оксиды, гидраты которых явля­ются основаниями. Например: Na2O → NaOH, CaO → Ca(OH)2, CuO → Cu(OH)2.

Все основные оксиды являются оксидами металлов. Основные оксиды образуют все одновалентные металлы, большинство двухвалентных металлов (искл.BeO, ZnO, PbO, SnO – амфот.).

**Кислотные оксиды** — это оксиды, гидраты которых яв­ляются кислотами. Например: CO2 → H2CO3, SO3 → H2SO4, P2O5 → H3PO4.

Большинство кислотных оксидов являются оксидами не­металлов. Кислотными оксидами являются также оксиды некоторых металлов с высокой валентностью. Например: CrO3 (VI), Mn2O7 (VII).

**Амфотерные оксиды** — это оксиды, которым соответству­ют амфотерные гидроксиды. Например: ZnO → Zn(OH)2 = H2ZnO2

A12O3 → A1(OH)3 = H3A1O3

Все амфотерные оксиды являются оксидами металлов, преимущественно III-IV валентных

Следовательно, неметаллы образуют только кислотные оксиды; металлы образуют все основные, все амфотерные и некоторые кислотные оксиды.

**Гидроксиды** могут быть **основаниями** или **кислородсодержащими кислотами**. Некоторые гидроксиды являются **амфотерными**.

**Основания** – это сложные вещества, молекулы которых состоят из атома металла и одной или нескольких гидроксогрупп – ОН. Общая формула оснований **Ме (ОН)х,** где х – число гидроксильных групп, равное валентности металла.

Примеры оснований: NaOH, Са(ОН)2, Al(OH)3

По числу гидроксогрупп в молекуле основания делятся на:

- однокислотные, молекулы которых содержат одну гидроксогруппу: NaOH, KOH и др.

- многокислотные (двухкислотные, трехкислотные), молекулы которых содержат более одной гидроксогруппы: Cа(OH)2, Fe(OH)3 и др.

По растворимости в воде основания делятся на:

- растворимые (щелочи): NaOH, KOH, Ba(OH)2 и др.

- нерастворимые: Cu(OH)2, Fe(OH)3 и др.

**Кислоты** – это сложные вещества, содержащие атомы водорода, которые могут замещаться атомами металлов. Общая формула кислот: Нх(Ас), где Ас – кислотный остаток (от англ. acid – кислота), х – число атомов водорода, равное валентности кислотного остатка.

Примеры кислот: HCl, H2SO4, H3PO4

По числу атомов водорода в молекуле кислоты делятся на:

- одноосновные, молекулы которых содержат один атом водорода: HCl, HNO3 и др.

- многоосновные (двухосновные, трехосновные), молекулы которых содержат более одно атома водорода: H2SO4, H3PO4 и др.

По содержанию атомов кислорода в молекуле кислоты делятся на:

- кислородсодержащие: H2SO4, H3PO4 и др.

- бескислородные: HCl, H2S, HCN и др.

**Амфотерные гидроксиды -** это сложные вещества, которые имеют свойства кислот и свойства оснований. Поэтому формулы амфотерных гидроксидов можно записывать в форме оснований и в форме кислот.

Примеры амфотерных гидроксидов:

Zn(OH)2 = H2ZnO2

AI(OH) = H3AIO3

Каждому амфотерному гидроксиду можно дать название как основанию и как кислоте: Zn(OH)2 гидроксид цинка = H2ZnO2 цинковая кислота

**Соли -** это сложные вещества, которые являются продуктами замещения атомов водорода в молекулах кислот атомами металла или продуктами замещения гидроксидных групп в молекулах оснований кислотными остатками. Например:

HCI→ NaCI

Ca(OH)2 → Ca(NO3)2

Состав **нормальных солей** выражается общей формулой

**Mex(Ac)y**

где х – число атомов металла, y – число кислотных остатков.

Например, Na2CO3, KCl, Al2(SO4)3

**Кислые соли** – это продукты неполного замещения атомов водорода в молекулах многоосновных кислот атомами металла.

Например, NaHCO3, KHS

**Основные соли** – это продукты неполного замещения гидроксидных групп в молекулах многокислотных оснований кислотными остатками. Например, MgOHNO3, FeOHCl2

**2. Общие химические свойства и способы получения основных классов неорганических веществ**

Можно представить в виде обобщающей таблице.

**Пояснения к таблице:**

Только щелочные и щелочноземельные металлы (I и II группа главная подгруппа, кроме Ве и Mg)

2Na + 2H2O → 2NaOH + H2

Менее активные металлы в ряду активности до водорода при t0С

t0

Zn + H2O → ZnO + H2

Только оксиды щелочных и щелочноземельных металлов

CaO + H2O → Ca(OH)2

Искл. оксидкремния (IV) SiO2

SO3 + H2O → H2SO4

Основания растворимые в воде – щелочи

2NaOH + CO2 → Na2CO3 + H2O

Металлы, стоящие в ряду напряжения до водорода. Искл. – конц. серная кислота H2SO4 и азотная кислота HNO3 любой концентрации

Zn + 2HCl → ZnCl2 + H2↑

Cu + 2H2SO4 (конц.) → CuSO4 +SO2 + 2H2O

Более активный металл вытесняет менее активный из раствора его соли согласно ряду активности металлов. Не следует брать щелочные и щелочноземельные металлы, т.к. они активно взаимодействуют с водой

CuSO4 + Fe → Cu + FeSO4

Основания растворимые в воде – щелочи

AlCl3 + 3NaOH → Al(OH)3↓ +3NaCl

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Металл | Вода | Оксид металла | Основание | Соль |
| Неметалл | соль  оксид | - | - | - | - |
| Вода | щелочь + Н21  оксид + Н22 | - | щелочь 3 | - | гидролиз некоторых солей |
| Оксид неметалла | - | кислота 4 | соль | соль + Н2О 5 | - |
| Кислота | соль + Н2 6 | - | соль + Н2О | соль + Н2О | другая соль + другая кислота  (↓ или ↑) |
| Соль | другая соль + другой металл 7 | гидролиз некоторых солей | - | другая соль + другое основание↓ 8 | две новые соли  (↓) |

**3. Понятие о комплексных соединениях**

**Комплексными соединениями** называются определённые химические соединения, образованные сочетанием отдельных компонентов и представляющие собой сложные ионы или молекулы, способные существовать как в кристаллическом, так и в растворённом состоянии.

Представления о координационном строении комплексных соединений были выдвинуты А. Вернером в 1891-1893 г.г. (Швейцарский химик, профессор медицинского института в Цюрихе, лауреат Нобелевской премии).

**Основные положения координационной теории.**

1. В соответствии с координационной теорией комплексные соединения состоят из *внутренней и внешней сферы.*

2. Во *внутреннюю сферу* входит *центральный ион-комплексообразователь,* окруженный связанными с ним *лигандами*. Внутреннюю сферу обозначают квадратными скобками.

Ионами-комплексообразователями являются ионы металлов. Наибольшую склонность к комплексообразованию имеют ионы d-элементов.

3. Вокруг центрального иона-комплексообразователя находятся противоположно заряженные ионы или нейтральные молекулы, которые называются *лигандами( от лат. liqo- связываю) или аддендами.*

Важнейшие лиганды

*Анионы:*

I- - иодо, Cl- - хлоро, Br- - бромо, CN- - циано, OH- - гидроксо, NO-2 – нитро, SO4 –сульфато,

*Нейтральные молекулы:*

NH03 – аммин, H2O0 – аква, СО0 – карбонил и т.д.

4. Число лигандов (аддендов), которые координируются вокруг центрального иона-комплексообразователя, называется *координационным числом*. Координационное число зависит от центрального иона, и, как правило, в 2 раза больше него.

Координационные числа некоторых комплексообразователей представлены в таблице:

|  |  |
| --- | --- |
| Координационное  число | Ионы-комплексообразователи |
| 2 | Cu+ , Ag+ , Au+ |
| 4 | Cu2+, Co2+ , Zn2+ , Pb2+ , Pt2+ , Al3+ , Au3+ |
| 6 | Fe2+ , Fe3+ , Co3+ , Ni2+ , Al3+ , Cr3+ , Pt4+ , Pb4+ |

5. Заряд внутренней сферы (комплексного иона) равен алгебраической сумме зарядов иона-комплексообразователя и лигандов. Если лигандами являются нейтральные молекулы, то заряд комплексного иона равен заряду комплексообразователя.

6. Ионы, не вошедшие во внутреннюю сферу, образуют *внешнюю сферу.* Если комплексный ион - катион, то во внешней сфере находятся анионы. Если комплексный ион - анион, то во внешней сфере находятся катионы. Катионами являются ионы щелочных и щелочноземельных металлов или катион аммония.

Рассмотрим строение следующих комплексных соединений:

Na+[Al3+(OH)-4]- тетрагидроксоалюминат натрия

*внешняя внутренняя*

*сфера сфера*

*Al3+- ион-комплексообразователь*

*OH- - лиганды*

*координационное число = 4.*

[Cu(NH3)04]2+SO42*-*сульфат тетрааммин меди (II)

*внутренняя внешняя*

*сфера сфера*

*Cu2+ - ион-комплексообразователь*

*NH3 0 - лиганды*

*координационное число = 4*

**Классификация комплексных соединений**

1. Комплексные соединения бывают:

- анионные (содержат комплексный анион), например, K3+[Fe(CN)6]3-

- катионные (содержат комплексный катион), например, [Cu(NH3)4]2+SO42-

- катионно-анионные ( содержат комплексный катион и анион), например, [Cu(NH3)4]2+[PtCl4]2-

- нейтральные (комплексная группа нейтральна), например,[Fe(CО)5]0

2. Комплексные соединения могут относиться к

- кислотам H[AuCl4]

- основаниям [Aq(NH3)2]OH

- солям K3[Fe(CN)6], Na3[AlF6]

- электролитам K3[Fe(CN)6]

**-** неэлектролитам [Pt(NH3)2Cl2]0

**Номенклатура комплексных солей**

*Соль содержит комплексный катион*

Называют анион соли (сульфат, фосфат, хлорид и т.д.)

Называют входящие во внутреннюю сферу лиганды-анионы с окончанием на «о» (ОН- - гидроксо, Сl- - хлоро, NO2- - нитро и т.д.). После этого называют лиганды, представляющие собой нейтральные молекулы (NН3 – аммин, Н2О – аква). Если одинаковых лигандов во внутренней сфере больше одного, то их количество указывают греческими числительными (2 - ди, 3 – три, 4 – тетра, 5- пента, 6- гекса и т. д.)

Называют центральный ион – комплексообразователь в русской транскрипции в родительном падеже. Если центральный атом имеет переменную валентность, её указывают римской цифрой в скобках после названия комплексообразователя.

Например, [Aq(NH3)2]Cl – хлорид дааммин серебра (I)

[Co(NH3)4Cl2]Cl - хлорид дихлоротетрааммин кобальта (III)

*Соль содержит комплексный анион*

Называют входящие во внутреннюю сферу лиганды-анионы с окончанием на «о» (ОН- - гидроксо, Сl- - хлоро, NO2- - нитро и т.д.). После этого называют лиганды, представляющие собой нейтральные молекулы (NН3 – аммин, Н2О – акво). Если одинаковых лигандов во внутренней сфере больше одного, то их количество указывают греческими числительными (2 - ди, 3 – три, 4 – тетра, 5- пента, 6- гекса и т. д.)

Называют центральный ион – комплексообразователь в латинской транскрипции с прибавлением суффикса – «ат» ( Fe –феррат, Cu – купрат, Ag – аргентат, Zn – цинкат, Hg – меркурат,Co – кобальтат, Cr – хромат и т.д.) Если центральный атом имеет переменную валентность, её указывают римской цифрой в скобках после названия комплексообразователя.

Называют катион внешней сферы русским названием в родительном падеже.

Например, K4[Fe(CN)6]– гесацианоферрат (II) калия

Na[Al(OH)4 ] – тетрагидроксоалюминат натрия

**Химические свойства комплексных соединений**

1. *Диссоциация.* Ионы, находящиеся во внешней сфере, связаны с комплексным ионом в основном силами электростатического взаимодействия и в растворах легко отщепляются подобно ионам сильных электролитов.

[Cu(NH3)4]SO4 ↔ [Cu(NH3)4]2+ + SO42-

Лиганды, находящиеся во внутренней сфере комплекса, связаны с комплексообразователем ковалентными связями, и их диссоциация в растворе осуществляется, как правило, в незначительной степени. Поэтому с помощью с качественных химических реакций обычно обнаруживаются ионы внешней сферы.

2. *Реакции по внешней сфере:*

4FeCl3 + 3K4[Fe(CN)6] → Fe4 [Fe(CN)6]3↓ + 12KCl (темно-синий осадок, «берлинская лазурь»)

[Cu(NH3)4]SO4 + BaCl2 → [Cu(NH3)4]Cl2 + BaSO4↓

3. *Реакции с участием лигандов:*

[Cu(NH3)4]SO4 + 4HCl → 4NH4Cl + CuSO4

4. *Реакции по центральному иону:*

▪ обменные

[Aq(NH3)2]Cl +KI → AgI↓ + KCl + 2NH3

▪ окислительно-восстановительные

2[Aq(NH3)2]OH + R – COH → 2Ag↓ + RCOONH4 + H2O + 3NH3

**Значение комплексных соединений**

Изучение комплексных соединений – одна из интереснейших областей химии, в том числе биологической химии. Комплексные соединения в живых организмах выполняют специфические функции в обмене веществ. Огромна роль природных комплексных соединений в процессах фотосинтеза, биологического окисления, дыхания и ферментативном катализе. Например, хлорофилл, ответственный за фотосинтез в растениях, является комплексным соединением магния, а гемоглобин, снабжающий кислородом клетки животных организмов, - комплексом железа, где ион железа Fe2+ - комплексообразователь, а лиганды – четыре кольца пиррола, имеющие боковые цепи. Витамин В12 – это комплексное соединение кобальта.

**4. Генетическая связь между классами неорганических веществ**

Связь между классами неорганических соединений, которая основана на получении веществ одного класса из веществ другого класса, называется *генетической связью.* Представленная ниже схема иллюстрирует эту связь:

**неметалл**

**основной оксид**

**основание**

**кислотный оксид**

**кислота**

**соль**

**металл**

**Контрольные вопросы для закрепления:**

1. Осуществить превращения

Ca → CaO → Ca(OH)2

CaCO3

C → CO2 → H2CO3

**Рекомендуемая литература**

- обязательная;

1. Ерохин Ю.М. Химия. Учебник для студ. Сред проф.образ.-М.: Академия, 2006. Гл. 1, § 4, с 15-31.

- дополнительная;

1. Пустовалова Л. М. Неорганическая химия: Уч. пос.- Ростов на Дону: Феникс, 2005.-352с.

- электронные ресурсы.

1. Открытая химия: полный интерактивный курс химии для уч-ся школ, лицеев, гимназий, колледжей, студ. технич.вузов: версия 2.5-М.: Физикон, 2006 г.