**Лекция на тему «Водородная связь. Комплесксообразование»**

**План.**

**I. Водородная связь**

1.Определение понятия

2.Механизм образования

3. Классификация: межмолекулярная и внутримолекулярная

4. Тип кристаллической решетки соединений с водородной связью

5. Физические свойства веществ с водородной связью

6.Биологическая роль с водородных связей в организации структур биополимеров

**II.Комплексообразование**

1.Понятие о комплексных соединениях.

2.Координационное число комплексообразователя.

3.Внутренняя и внешняя сфера комплексов.

4.Номенклатура комплексных соединений.

5.Значение комплексных соединений.

**I. Водородная связь**

1.Определение понятия

**Водородная связь –** это связь между положительно поляризованными атомами водорода (Нδ+) одной молекулы или отдельной части молекулы и отрицательно поляризованным атомом другой молекулы или другой части молекулы.

2.Механизм образования

**Механизм возникновения** водородной связи носит характер частично электростатический, частично донорно-акцепторный.

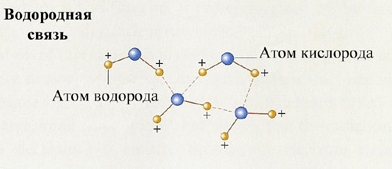
3. Классификация: межмолекулярная и внутримолекулярная

Примеры **межмолекулярной водородной** связи:

1)…Нδ+―Оδ-… Нδ+―Оδ+… Нδ+―Оδ-… ( Н2О)n

∣ ∣ ∣

Нδ+ Нδ+ Нδ+



2)…Нδ+―Оδ-… Нδ+―Оδ+… Нδ+―Оδ-… (C2H5ОН)n

∣ ∣ ∣

C2H5  C2H5 C2H5

3)Водородная связь может возникать и между разными молекулами, например, воды и этанола:

…Оδ-―Нδ+… Оδ-―Нδ+… Оδ-―Нδ+…

∣ ∣ ∣

Нδ+ C2H5  Нδ+

Водородная связь, возникшая между молекулами, называется межмолекулярной. Молекулы воды образуют ассоциаты (Н2О)2, (Н2О)3, (Н2О)4; спирта (C2H5ОН)4. Этим и объясняется увеличение температуры кипения спиртов по сравнению с углеводородами, Наблюдается хорошее растворение метанола и этанола в воде.

Опыт.

В равных объемах воды хорошо растворяются низкомолекулярные спирты, так как возникает водородная связь. Наблюдается выделение энергии и конечный объем меньше суммы исходных объемов воды и спирта.

Водородная связь может быть не только межмолекулярной, но и внутримолекулярной. **Внутримолекулярные водородные связ**и имеются в многоатомных спиртах, углеводах, белках и других органических веществах. Например, в молекуле салициловой кислоты

HO

/

HC ― C― C

// \\ \\

HC C Oδ-

\ / \ : ←внутримолекулярная связь

HC = CH O― Hδ+

Внутримолекулярная водородная связь в молекуле салициловой кислоты возникла за счет наличия в гидроксильной группе –ОН водорода с частично положительным зарядом (Нδ+) и в карбоксильной группе –СООН кислорода, имеющего неподеленные электронные пары, с частично отрицательным зарядом.

4. Тип кристаллической решетки соединений с водородной связью.

Вещества с водородной связь имеют молекулярные кристаллические решетки, в узлах которой находятся молекулы. Например, лед состоит из молекул воды, удерживаемых в кристаллической решетке водородными связями. Каждая молекула воды связана водородными связями с четырьмя другими окружающими ее молекулами. Водородная связь в структуре льда объясняет не только его высокую температуру плавления, но также его малую плотность. При плавлении водородные связи частично разрушаются, и молекулы воды получают возможность упаковываться плотнее. В качестве других примеров молекулярных структур можно указать структуры кристаллов йода, хлора, брома, «сухого льда» (твердый диоксид углерода), твердого аммиака, твердых органических веществ, например, метана, бензола, фенола, нафталина, белков и т.д.

5. Физические свойства веществ с водородной связью

При наличии такой химической связи даже самые низкомолекулярные вещества могут быть при обычных условиях жидкостями (этанол, метанол, вода) или сжижающимися газами (аммиак, фтороводород).

6.Биологическая роль с водородных связей в организации структур биополимеров.

Наибольшее значение внутримолекулярная водородная связь имеет в образовании природной структуры биополимеров: вторичная структура белка, двойная спираль ДНК.

ДНК – биополимер, в котором сконцентрирована наследственная информация живых организмов. Биополимер ДНК состоит из нуклеотидов, располагающихся в полимерных цепях в строгом порядке. При образовании двойной спирали между ними возникают водородные связи и соблюдается принцип комплементарности: А – Т, Г- Ц.

Большие пуриновые основания с малыми пиримидиновыми образуют водородные связи, это энергетически выгодно.

Рекомендуется использовать плакат, где представлены формулы нуклеотидов и как они образуют внутримолекулярные водородные связи.

Водородная связь показывается тремя точками (…), она в 15-20 раз слабее ковалентной связи

*II.Комплексообразование*

1.Понятие о комплексных соединениях.

**Комплексные соединения** – это соединения, в состав которых входят сложные частицы, построенные за счет координации одним атомом или ионом нескольких противоположно заряженных ионов или нейтральных молекул.

Комплексные соединения – это сложные вещества, в которых можно выделить **центральный атом** (**комплексообразователь**) и связанные с ним молекулы и ионы – **лиганды** (адденды). Центральный атом (комплексообразователь) образует **комплекс** (**внутреннюю сферу**), который при записи формулы комплексного соединения заключают в квадратные скобки. Число лигандов во внутренней сфере называется **координационным числом**. Молекулы и ионы, окружающие комплекс, образуют **внешнюю сферу**.

Строение комплексных соединений:

1. катионного типа **K3[Fe+3 (CN)-1 6] –** гексацианоферрат (III) калия, где

[Fe(CN)6]3- это внутренняя сфера

К+ это внешняя сфера

Fe+3 это комплексообразователь (центральный атом)

CN-это лиганд (адденд)

6 это координационноечисло

**2)**анионного типа**[Cu(NH3)4]SO4** – сульфат тетраамминмеди, где

[Cu(NH3)4]2+ это внутренняя сфера

SO42- это внешняя сфера

Cu+2 это комплексообразователь (центральный атом)

NH3 это лиганд (адденд), нейтральная частица

4 это координационноечисло

2.Координационное число комплексообразователя.

**Координационное число** показывает число лигандов, связанных с комплексообразователем, и может иметь значение о 1 до 12.

Координационное число зависит от:

1) природы комплексообразователя

2) степени окисления комплексообразователя

3) условий образования комплексов (концентрации, температуры, реагентов, природы растворителя и т.д.).

При одинаковой степени окисления комплексообразователя Координационные числа могут быть различными.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Степень окисления комплексообразователя | +1 | +2 | +3 | +4 |
| Координационное число | 2 | 4,6 | 4,6 | 8 |

Примеры комплексных соединений:

[Ag(NH3)2]OH; [Cr(H2O)6]CI3; [Cr(H2O)4CI2]CI; [Pt(NH3)4]CI2; K2[Pt+2CI4];

Na2[Zn(OH)4]; K[AI(OH)4]; K3[Fe+3 (CN)-1 6]; K4[Fe+2 (CN)6]; Na6[Pt(SO3)4]

3.Внутренняя и внешняя сфера комплексов.

**Внутренняя сфера** состоит из комплексообразователя (центрального атома) и непосредственно связанных с ним **лигандов (аддендов)** – ионов с противоположным знаком или нейтральных молекул. Заряд внутренней сферы равен алгебраической сумме заряда комплексообразователя и лигандов: [Ag+(NH3)2]+; [Cr3+(H2O)6]3+; [Cr3+(H2O)4CI2]+; [Pt4+(NH3)4]2+;

[Pt+2CI-1 4]2-; [Zn+2(OH)-1 4]2-; [AI+3(OH)4]-1; [Fe+3 (CN)-1 6]-3; [Fe+2 (CN)6]-4;

[Pt+2(SO3)2- 4]6- .

Комплексообразователями (центральными атомами) могут быть ионы переходных металлов или атомы некоторых неметаллов (Р, Si). Типичные лиганды : ОН-, Н2О, NH3, СО, CI- , CN-.

Связи между ионом комплексообразователем и лигандом могут образовываться как по обменному, так и по донорно-акцепторному механизму. При этом донорами электронных пар выступают лиганды, а акцептором - комплексообразователь (центральный атом).

4.Номенклатура комплексных соединений.

При названии комплексных соединений *первым* указывается *анион* в именительном падеже, а затем *катион* – в родительном падеже.

При записи внутренней сферы (комплексного иона) соблюдается следующий порядок:

**1)катионного типа** [Ag(NH3)2]OH гидроксид диамминсеребра

1.число лигандов

2.название лиганда

3.название комплексообразователя в родительном падеже

Co(NH3)4(H2O)CN]3(PO4)2 фосфат цианоакватетраамминкобальта (III).

**2)анионного типа** K3[Fe+3 (CN)-1 6] гексациан**о**феррат (III) калия

1.число лигандов

2.название лиганда

3. название комплексообразователя + окончание «ат» (латинское название с окончанием «ум» меняется на «ат») +в круглых скобках степень окисления комплексообразователя.

K3[Ag(S2O3)2] дитиосульфат**о**аргентат(I) калия

**3)нейтрального типа**

[Ru(H2O) (NH3)4SO3] сульфит**о**тетраамминакварутений

Таким образом, для того чтобы назвать комплексное соединение необходимо знать порядок названия и

2)греческие названия числовых приставок для указания химического количества (числа) лигандов:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 2 – ди | 6 – гекса | 10 – дека |
| 3- три | 7 – гепта | 11 – ундека |
| 4- тера | 8 – окта | 12 – додека |
| 5 – пента | 9 – нона |  |

3)названия лигандов.

Название *анионных* лигандов состоит из названия аниона + соединительная гласная «о»:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Br- | бромо- | NSC- | тиоциатато- |
| CI- | хлоро- | NO- | нитрозо- |
| O2- | оксо- | S2- | тио- |
| CN- | циано- | NO2- | нитрито- |
| CO32- | карбонато- | S2O32- | тиосульфато- |
| NO32- | нитрато- | CH3COO- | ацетато- |
| SO42- | сультато- | OH- | гидроксо- |

Нейтральные лиганды (молекулы) называются без изменения или используют специальные названия:

NH3 аммин-

N2H2 гидразин-

C6H6  бензол-

H2O аква-

NO нитрозил-

CO карбонил-

O2  дикислород-

H2NCH2-CH2NH2 этилендиамин-

Свойства комплексных соединений.

Большинства комплексных соединений при обычных условиях – твердые вещества, хорошо растворимые в воде.

1.Диссоциация

а)первичная (протекает по типу сильных электролитов)

[Ag(NH3)2]CI→[Ag(NH3)2]++CI-

K[AI(OH)4]→K++[AI(OH)4]-

б)вторичная (диссоциация комплексного иона протекает по типу слабых электролитов)

[Ag(NH3)]+ ↔Ag++2NH3

[AI(OH)4]-↔AI3++4OH-

2.Вступают в обменные реакции

[Cu(NH3)4]SO4+BaCI2=BaSO4↓+[Cu(NH3)4]CI2

Опыт 1. Внимание! С фенолом обращаться осторожно.

К 1 капле фенола добавить 5 капель воды и 1 каплю хлорида железа (III).Раствор приобретает фиолетовую окраску, образуется органическое комплексное соединение.

Опыт 2. Получение комплексной соли.

К голубому раствору сульфата меди (II) прилить нашатырный спирт, образуется ярко фиолетовый раствор сульфата тетраамминмеди (II).

CuSO4+4NH3+4H2O=[Cu(NH3)4)]SO4+4H2O

Опыт 3. Получение комплексного основания.

Свежеполученный гидроксид меди (II) обработать избытком нашатырного спирта, перемешивая стеклянной палочкой. Голубой осадок гидроксида меди (II) растворится и образуется ярко фиолетовый раствор гидроксида тетраамминмеди (II).

Cu(OH)2↓+4NH3+4H2O=[Cu(NH3)4)](OH)2+4H2O

Опыт 4.Качественные реакции на ионы железа (II) и (III) (получение комплексных солей)

К раствору хлорида железа (II) добавить раствор гексацианоферрата((III) калия, образуется темно-синий осадок (турбуленовая синь).

4FeCI3+3K4[Fe(CN)6]=12KCI+Fe4[Fe(CN)6]3↓

К раствору хлорида железа (III) добавить раствор гексацианоферрата((II) калия, образуется сини-зеленый осадок (берлинская лазурь).

3FeCI2+2K3[Fe(CN)6]=6KCI+Fe3[Fe(CN)6]2↓

3.Подвергаются термическому разложению

[Cu(NH3)4]SO4= CuSO4+4 NH3↑

4.Разрушаются при введении в раствор ионов, с которыми ион-комплексообразователь образует труднорастворимое соединение

K3[Ag(S2O3)2]+K2S=Ag2S↓+4K2SO4

5.Разрушаются под действием кислот

[Ag(NH3)2]CI+HNO3=AgCI+2NH4NO3

5.Значение комплексных соединений.

1)медицина

2)получение металлов

3)очистка металлов

4) катализаторы

5)в живых организмах (хлорофилл и гемоглобин)

6)СМС

7)лаки

8)аналитическая химия

8)пищевая промышленность

**Карточка 1**

Какая химическая связь называется водородной? Приведите примеры.

**Карточка 2**

Объясните механизмы образования внутримолекулярной межмолекулярной водородной связи.

**Карточка 3**

Охарактеризуйте физические свойства веществ с водородной связью.

**Карточка 4**

Что такое комплексные соединения и как составляются их названия?

**Карточка 5**

Приведите схему образования водородной связи между молекулами медицинского спирта и воды, охарактеризуйте физические явления, которые возникают при получении водного раствора медицинского спирта.

**Карточка 6**

Разберите строение комплексного соединения K3⦋Fe(CN)6⦌ и назовите его.

**Карточка 7**

Приведите схему образования водородной связи между молекул медицинского спирта и охарактеризуйте физические свойства низкомолекулярных спиртов.

**Карточка 8**

Разберите строение комплексного соединения ⦋Cu(OH)4⦌SO4 и назовите его.

**Вопросы**

-Какая химическая связь называется водородной?

-Какие физические свойства характерны для веществ с водородной связью? Приведите примеры.

-Что такое комплексные соединения и какое у них строение? Как образуются их названия? Приведите примеры.

-Может ли число лигандов быть меньше или больше координационного числа и почему?

-Вычислите заряд следующих комплексных ионов, образованных хромом (III): [Cr(H2O)5CI]?, [Cr(H2O)4CI2]?, [Cr(H2O)3CI3]? и назовите эти комплексные ионы.

**Приложение № 5.Домашнее задание**

1)Г.М. Чернобельская, И.Н.Чертков «Химия» изд. «Дрофа», М., 2005 г., § с.123-125 выписать основные положения и ответить на вопрос №47 на стр. 125.

2)О.С. Габриелян, Ф.Н.Маскаев, С.Ю.Пономарев, В.И. Теренин «Химия», изд. «Дрофа», М.,2010 г., §6

3)по желанию письменно на отдельном листке:

-Какая химическая связь называется водородной?

-Можно ли считать, что водородная связь образуется по донорно-акцепторному механизму и почему?

-Какие физические свойства характерны для веществ с водородной связью? Приведите примеры.

-Объясните биологическую роль водородной связи в организации структур белков, ДНК, РНК.

-Что такое комплексные соединения и какое у них строение? Как образуются их названия? Приведите примеры.

-Может ли число лигандов быть меньше или больше координационного числа и почему?

-Вычислите заряд следующих комплексных ионов, образованных хромом (III): [Cr(H2O)5CI]?, [Cr(H2O)4CI2]?, [Cr(H2O)3CI3]? и назовите эти комплексные ионы.

-Напишите формулы гексацианоферрат (II)калия и гексацианоферрат (III) натрия.

**1.**Приведите определение понятия «комплексное соединение» и соответствующие примеры.

**2.** Какое строение имеют комплексные соединения? Приведите примеры.

**3.** Что такоекомплексообразователь? Приведите примеры?

**4.** Что такоелиганды? Приведите примеры?

**5.** Что такоевнутренняя сфера? Приведите примеры.

**6.** Что такоевнешняя сфера? Приведите примеры.

**7.** Что такоекоординационное число? Приведите примеры.

**8.** Назовите вещества: [Ag(NH3)2]OH; [Cr(H2O)6]CI3; [Cr(H2O)4CI2]CI; [Pt(NH3)4]CI2;

**9.** Назовите вещества: K2[Pt+2CI4]; Na2[Zn(OH)4]; K[AI(OH)4]; K3[Fe+3 (CN)-1 6];

K4[Fe+2 (CN)6]; Na6[Pt(SO3)4]

**10.**Приведите уравнения химических свойств комплексных соединений.

**Эталоны ответов на вопросы фронтального опроса проверки качества усвоения домашнего задания и критерии оценок.**

**1.**Приведите определение понятия «комплексное соединение» и соответствующие примеры.

**Ответ. Комплексные соединения** – это соединения, в состав которых входят сложные частицы, построенные за счет координации одним атомом или ионом нескольких противоположно заряженных ионов или нейтральных молекул, например, **K3[Fe+3 (CN)-16] –** гексацианоферрат (III) калия, **[Cu(NH3)4]SO4** – сульфат тетраамминмеди, [Ag(NH3)2]OH гидроксид диамминсеребра.

**2.** Какое строение имеют комплексные соединения? Приведите примеры.

**Ответ.** Комплексные соединения – это сложные вещества, в которых можно выделить внешнюю и внутреннюю сферу.

**1).Комплексное соединение** катионного типа **K3[Fe+3 (CN)-1 6] –** гексацианоферрат (III) калия, где

[Fe(CN)6]3- это внутренняя сфера

К+ это внешняя сфера

Fe+3 это комплексообразователь (центральный атом)

CN-это лиганд (адденд)

6 - это координационноечисло

**2)Комплексное соединение** анионного типа **[Cu(NH3)4]SO4** – сульфат тетраамминмеди, где

[Cu(NH3)4]2+ это внутренняя сфера

SO42- это внешняя сфера

Cu+2 это комплексообразователь (центральный атом)

NH3 это лиганд (адденд), нейтральная частица

4 - это координационноечисло

**3.** Что такоекомплексообразователь? Приведите примеры?

**Ответ.** Комплексообразователь (центральный атом) удерживает около себя молекулы и ионы – лиганды (адденды) и образует комплекс (внутреннюю сферу), который при записи формулы комплексного соединения заключают в квадратные скобки. Комплексообразователем могут быть ионы металлов меди, алюминия, железа, платины, серебра, хрома, никеля и другие металлы побочной группы.

**4.** Что такоелиганды? Приведите примеры?

**Ответ.** Лиганды это различные ионы или нейтральные молекулы, связанные с комплексообразователем донорно-акцепторной связью. Типичные лиганды: ОН-, Н2О, NH3, СО, CI- , CN- и другие.

**5.** Что такоевнутренняя сфера? Приведите примеры.

**Ответ.** **Внутренняя сфера** состоит из комплексообразователя (центрального атома) и непосредственно связанных с ним **лигандов (аддендов)** – ионов с противоположным знаком или нейтральных молекул. Заряд внутренней сферы равен алгебраической сумме заряда комплексообразователя и лигандов: [Ag+(NH3)2]+; [Cr3+(H2O)6]3+; [Cr3+(H2O)4CI2]+; [Pt4+(NH3)4]2+; [Pt+2CI-1 4]2-; [Zn+2(OH)-1 4]2-; [AI+3(OH)4]-1; [Fe+3 (CN)-1 6]-3; [Fe+2 (CN)6]-4; [Pt+2(SO3)2- 4]6- .

**6.** Что такоевнешняя сфера? Приведите примеры.

**Ответ.** Молекулы и ионы, окружающие комплекс, образуют **внешнюю сферу**. **Например, K3[Fe+3 (CN)-1 6] –** гексацианоферрат (III) калия, где К+ это внешняя сфера, **[Cu(NH3)4]SO4** – сульфат тетраамминмеди, где SO42- это внешняя сфера.

**7.** Что такоекоординационное число? Приведите примеры.

**Ответ. Координационное число** показывает число лигандов, связанных с комплексообразователем, и может иметь значение о 1 до 12.

Координационное число зависит от:

1) природы комплексообразователя

2) степени окисления комплексообразователя

3) условий образования комплексов (концентрации, температуры, реагентов, природы растворителя и т.д.).

При одинаковой степени окисления комплексообразователя Координационные числа могут быть различными.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Степень окисления комплексообразователя | +1 | +2 | +3 | +4 |
| Координационное число | 2 | 4,6 | 4,6 | 8 |

**8.** Назовите вещества: [Ag(NH3)2]OH – гидроксид диамминсеребра; [Cr(H2O)6]CI3 хлорид гексааквахрома (III); [Cr(H2O)4CI2]CI хлорид дихлоротетрааквахрома (III); [Pt(NH3)4]CI2  хлорид тетраамминпланиты;

**9.** Назовите вещества: K2[Pt+2CI4] тетраплатинат (VI) калия; Na2[Zn(OH)4] тетрагидроксоцинканат натрия; K[AI(OH)4] тетраакваалюминат калия; K3[Fe+3 (CN)-16] гексацианоферрат (III) калия; K4[Fe+2 (CN)6] гексацианоферрат калия (II); Na6[Pt(SO3)4] тетрасульфитоплатинат (VI) калия.

**10.**Приведите уравнения химических свойств комплексных соединений.

Свойства комплексных соединений.

Большинства комплексных соединений при обычных условиях – твердые вещества, хорошо растворимые в воде.

1.Диссоциация

а)первичная (протекает по типу сильных электролитов):

[Ag(NH3)2]CI→[Ag(NH3)2]++CI-

K[AI(OH)4]→K++[AI(OH)4]-

б)вторичная (диссоциация комплексного иона протекает по типу слабых электролитов):

[Ag(NH3)]+ ↔Ag++2NH3

[AI(OH)4]-↔AI3++4OH-

2.Вступают в обменные реакции

[Cu(NH3)4]SO4+BaCI2=BaSO4↓+[Cu(NH3)4]CI2

3.Подвергаются термическому разложению

[Cu(NH3)4]SO4= CuSO4+4 NH3↑

4.Разрушаются при введении в раствор ионов, с которыми ион-комплексообразователь образует труднорастворимое соединение

K3[Ag(S2O3)2]+K2S=Ag2S↓+4K2SO4

5.Разрушаются под действием кислот

[Ag(NH3)2]CI+HNO3=AgCI↓+2NH4NO3