

江苏省仪征中学 2021—2022 学年度第二学期高二化学学科导学案

专题 4 分子空间结构与物质性质

第二单元 配合物的形成和应用

第 2 课时 配合物的应用

研制人：杨震 审核人：李萍

班级：_____ 姓名：_____ 学号：_____ 授课日期：_____

本课在课程标准中的表述：

认识简单配位化合物的成键特征；能正确运用化学符号描述配合物的组成；学会简单配合物的实验制备；能联系配合物的组成和结构解释相关的实验现象；认识生命体中配位化合物的功能，列举配合物在药物开发和催化剂研制等领域的重要应用。

【学习目标】

1. 从微观角度理解配合物的形成对物质性质的影响。
2. 了解配合物在生活、生产和科学实验中的应用。

【学习过程】

导学：知识梳理

一、配合物的形成对性质的影响

1. 颜色的改变

当简单离子形成配离子时其性质往往有很大的差异。颜色发生变化就是一种常见的现象，据此可以判断配离子是否生成。如 Fe^{3+} 与 SCN^- 在溶液中可生成配位数为 1~6 的铁的硫氰酸根配离子(_____)，反应的离子方程式为_____。

2. 溶解度的改变

一些难溶于水的金属氯化物、溴化物、碘化物、氰化物可以依次溶解于过量的 Cl^- 、 Br^- 、 I^- 、 CN^- 和氨中，形成可溶性的配合物。如 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 沉淀易溶于氨水中，反应的离子方程式为_____。

3. 生成配合物后溶液的酸碱性强弱的改变

氢氟酸是一种弱酸，若通入 BF_3 或 SiF_4 气体，由于生成了 HBF_4 、 H_2SiF_6 而使溶液成为强酸溶液。配位体与中心原子配合后，可以使其酸性或碱性增强，如_____，碱性_____。

4. 稳定性增强

配合物具有一定的稳定性，配合物中的配位键_____，配合物越稳定。例如，血红素中的 Fe^{2+} 与 CO 分子形成的配位键比 Fe^{2+} 与 O_2 分子形成的配位键_____，因此血红素中的 Fe^{2+} 与 CO 分子结合后，就很难再与_____分子结合，血红素失去输送_____的功能，从而导致人体 CO 中毒。

二、配合物的应用

1. 在实验研究中，常用形成配合物的方法来检验_____、_____、定量测定物质的组成。
2. 在生产中，配合物被广泛应用于染色、_____领域。
3. 在许多尖端领域如_____的研究、催化剂的研制等方面，配合物发挥着越来越大的作用。
4. 生物体中的许多_____元素都是以配合物的形式存在的。

预习自测

下列描述中正确的打“√”，错误的打“×”。

- (1) 白色 CuSO_4 固体溶于水得蓝色溶液是形成了配合物离子 $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ ()
- (2) 检验葡萄糖分子中醛基的试剂银氨溶液中， $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 是一种配合物离子 ()
- (3) 用 KSCN 检验溶液中的 Fe^{3+} 时生成红色溶液，是 Fe^{3+} 与 SCN^- 形成了配合物离子 ()
- (4) 电解 Al_2O_3 制备金属铝时的熔剂，其成分是 Na_3AlF_6 后，该物质属于配合物 ()

导思:

配合物的应用

【活动探究】

情景素材

生命体内的各种代谢作用、能量的转换、以及 O_2 的输送,也与金属配合物有密切关系。以 Mg^{2+} 为中心的复杂配合物叶绿素,在进行光合作用时,将 CO_2 、 H_2O 合成为复杂的糖类,使太阳能转化为化学能加以贮存供生命之需。使血液呈红色的血红素结构是以 Fe^{2+} 为中心的复杂配合物,它与有机大分子球蛋白结合成一种蛋白质称为血红蛋白,氧合血红蛋白具有鲜红的颜色。而血红蛋白本身是蓝色的。这就解释了为什么动脉血呈鲜红色(含氧量高),而静脉血则带蓝色(含氧量低)。

问题探究

1. 检验 Fe^{3+} 常用的方法是什么?
2. 为什么 Au 不能溶于浓 HNO_3 、浓 HCl 和浓 H_2SO_4 , 但可溶于王水?
3. 为什么工业水进入锅炉前都要用三聚磷酸钠处理?
4. 冶炼金的废水不能任意排放,排放前必须处理。为什么?

【核心归纳】

1. 工业生产中的应用
2. 定量分析中的应用
3. 在合成中的应用
4. 在生物体中的应用

导练:

1. 向黄色的 $FeCl_3$ 溶液中加入无色的 $KSCN$ 溶液,溶液变成血红色。该反应可以用方程式 $FeCl_3 + 3KSCN \rightleftharpoons Fe(SCN)_3 + 3KCl$ 表示。

(1)该反应的类型是_____,生成物中 KCl 既不是难溶物、难电离物质,也不是易挥发物质,则该反应之所以能够进行是由于生成了_____的 $Fe(SCN)_3$ 。

(2)经研究表明, $Fe(SCN)_3$ 是配合物, Fe^{3+} 与 SCN^- 不仅能以 1:3 的个数比配合,还能以其他个数比配合。

若 Fe^{3+} 与 SCN^- 以个数比 1:5 配合,则 $FeCl_3$ 与 $KSCN$ 在水溶液中发生反应的化学方程式可以表示为_____。

(3)向上述血红色溶液中继续加入浓 $KSCN$ 溶液,溶液血红色加深,这是由于_____ (填字母)。

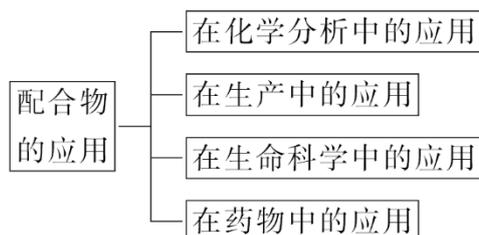
- a. 与 Fe^{3+} 配合的 SCN^- 数目增多
- b. 血红色离子的数目增多
- c. 血红色离子的浓度增大

2. 已知向含有 Zn^{2+} 的溶液中滴加氨水，有白色沉淀 $Zn(OH)_2$ 生成，继续滴加氨水使其过量，沉淀又溶解，生成了 $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ 。此外， $Zn(OH)_2$ 既可溶于盐酸，生成 Zn^{2+} ；又可溶于过量的 $NaOH$ 溶液，生成 $[Zn(OH)_4]^{2-}$ ；所以 $Zn(OH)_2$ 是一种两性氢氧化物。现有四组离子，每组有两种金属离子。请各选一种试剂，将它们两者分开。可供选择的试剂有：A.硫酸 B.盐酸 C.硝酸 D.氢氧化钠溶液 E.氨水。

根据上述内容填写下表：

离子组	选用试剂(字母代号)	沉淀物化学式	保留在溶液中的离子
(1) Zn^{2+} 和 Al^{3+}			
(2) Zn^{2+} 和 Mg^{2+}			
(3) Zn^{2+} 和 Ba^{2+}			
(4) Mg^{2+} 和 Al^{3+}			

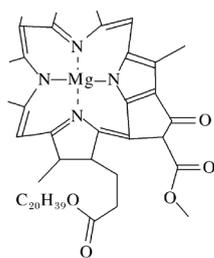
导航：



导悟：

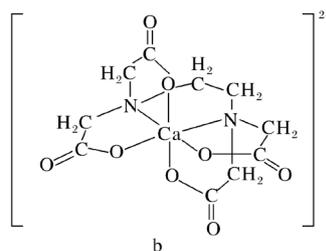
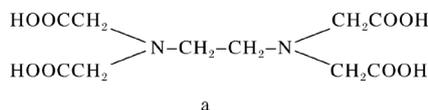
8. 如图所示是叶啉配合物叶绿素的结构示意图(部分), 下列有关叙述正确的是 ()

- A. 该叶绿素只含有 H、Mg、C 元素
 B. 该叶绿素是配合物, 中心离子是镁离子
 C. 该叶绿素是配合物, 其配位体是 N 元素
 D. 该叶绿素不是配合物, 而是高分子化合物



9. a 为乙二胺四乙酸(EDTA), 易与金属离子形成螯合物。b 为 EDTA 与 Ca^{2+} 形成的螯合物。下列叙述正确的是 ()

- A. a 和 b 中的 N 原子均为 sp^3 杂化
 B. b 中 Ca^{2+} 的配位数为 4
 C. b 含有分子内氢键
 D. b 含有共价键、离子键和配位键



二、非选择题(共 5 小题)

10. 配位化合物在生产生活中有重要应用, 请根据要求回答下列问题:

(1)光谱证实单质铝与强碱性溶液反应有 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 生成, 则 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 中存在_____ (填序号)。

- a. 共价键 b. 非极性键 c. 配位键 d. σ 键 e. π 键

(2) $\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{BrSO}_4$ 可形成两种钴的配合物, 已知 Co^{3+} 的配位数是 6, 为确定钴的配合物的结构, 现对两种配合物进行了如下实验: 在第一种配合物的溶液中加入 BaCl_2 溶液时, 产生白色沉淀, 在第二种配合物的溶液中加入 BaCl_2 溶液时, 则无明显现象。则第一种配合物的结构可表示为_____, 第二种配合物的结构可表示为_____。若在第二种配合物的溶液中滴加 AgNO_3 溶液, 则产生的现象是_____。(提示: $\text{TiCl}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}_2$ 这种配合物的结构可表示为 $[\text{TiCl}(\text{H}_2\text{O})_5]\text{Cl}_2$ 。)

11. 铜是过渡金属元素, 可以形成多种化合物。

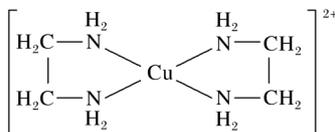
(1) CuCl 的盐酸溶液能够与 CO 发生反应: $\text{CuCl} + \text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Cu}(\text{CO})\text{Cl} \cdot \text{H}_2\text{O}$

- ①电负性: C _____ O (填 “>” “=” 或 “<”)。
 ② CO 常温下为气体, 固态时属于_____晶体。

(2) Cu^+ 与 NH_3 形成的配合物可表示成 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_n]^+$, 该配合物中, Cu^+ 的 4s 轨道及 4p 轨道通过 sp 杂化接受 NH_3 提供的孤电子对。

$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_n]^+$ 中 Cu^+ 与 n 个氮原子的空间结构呈_____形, $n =$ _____。

(3) CuCl_2 溶液与乙二胺($\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$)可形成配离子 $[\text{Cu}(\text{En})_2]^{2+}$ (En 是乙二胺的简写):



请回答下列问题:

- ①配离子 $[\text{Cu}(\text{En})_2]^{2+}$ 的中心原子基态 L 层电子排布式为_____。
 ②乙二胺分子中氮原子轨道的杂化类型为_____, 乙二胺和三甲胺 $[\text{N}(\text{CH}_3)_3]$ 均属于胺, 但乙二胺比三甲胺的沸点高的多, 原因是: _____。
 ③配合物 $[\text{Cu}(\text{En})_2]\text{Cl}_2$ 中不存在的作用力类型有_____ (填字母)。

- A. 配位键 B. 极性键 C. 离子键 D. 非极性键 E. 氢键 F. 金属键

12. 在浓的 TiCl_3 的盐酸溶液中加入乙醚, 并通入 HCl 至饱和, 可得到配位数为 6、组成为 $\text{TiCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 的绿色晶体, 该晶体中两配位体的物质的量之比为 1 : 5, 则该配离子的化学式为_____。

$\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (相对分子质量为 266.5) 有三种不同颜色的异构体: $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ 、 $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 和 $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。为测定

蒸发 CrCl_3 溶液析出的暗绿色晶体是哪种异构体, 取 $2.665 \text{ g CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 配成溶液, 滴加足量 AgNO_3 溶液, 得到沉淀 1.435 g 。该异构体为_____ (填化学式)。

13. 硫酸镍溶于氨水形成 $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{SO}_4$ 蓝色溶液。

(1) $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{SO}_4$ 中阴离子的立体构型是_____。

(2) 在 $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 中 Ni^{2+} 与 NH_3 之间形成的化学键称为_____，提供孤电子对的成键原子是_____。

(3) 氨的沸点_____ (填“高于”或“低于”) 膦(PH_3)，原因是_____。氨是_____ 分子(填“极性”或“非极性”)，中心原子的轨道杂化类型为_____。

拓展探究

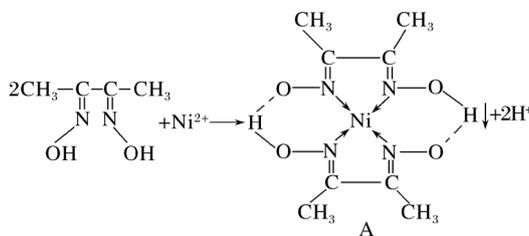
14*. 请回答下列问题:

(1) Fe 原子或离子外围有较多能量相近的空轨道, 能与一些分子或离子形成配合物。

①与 Fe 原子或离子形成配合物的分子或离子应具备的结构特征是_____。

② $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ 的配位数是_____，提供空轨道的是_____，配位体是_____， CN^- 中 C 原子的杂化轨道类型是_____ 杂化, 写出一种与 CN^- 互为等电子体的分子的电子式_____。

(2) 一定条件下, Ni^{2+} 与丁二酮肟生成鲜红色沉淀 A。



①基态 Ni 原子的外围电子排布式为_____。

②丁二酮肟组成元素中 C 、 N 、 O 的第一电离能由小到大的顺序为_____。

③丁二酮肟分子中 C 原子轨道的杂化类型是_____ 杂化。

(3) 氨气是共价型氢化物。工业常用氨气和醋酸二氨合铜 $\{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Ac}\}$ (CH_3COO^- 简称为 Ac^-) 的混合液来吸收一氧化碳。反应的化学方程式为 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Ac} + \text{CO} + \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_3\text{CO}]\text{Ac}$

①氨水溶液中各元素原子的电负性从大到小排列顺序为_____。

②醋酸分子中的两个碳原子, 甲基($-\text{CH}_3$)碳和羧基($-\text{COOH}$)碳的杂化方式分别是_____。

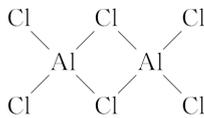
③生成物 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_3\text{CO}]\text{Ac}$ 中所含化学键类型有_____。

a. 离子键

b. 配位键

c. σ 键

d. π 键



(4) 气态氯化铝(Al_2Cl_6)是具有配位键的化合物, 分子中原子间成键关系为 $\text{Cl}-\text{Al}-\text{Cl}-\text{Al}-\text{Cl}$, 请将图中你认为是配位键的斜线上加上箭头。

(5) $\text{AlCl}_3 \cdot \text{NH}_3$ 和 AlCl_4^- 中均含有配位键。 $\text{AlCl}_3 \cdot \text{NH}_3$ 中, 配位体是_____，提供孤电子对的原子是_____， AlCl_4^- 中 Al 原子采用_____ 杂化。