

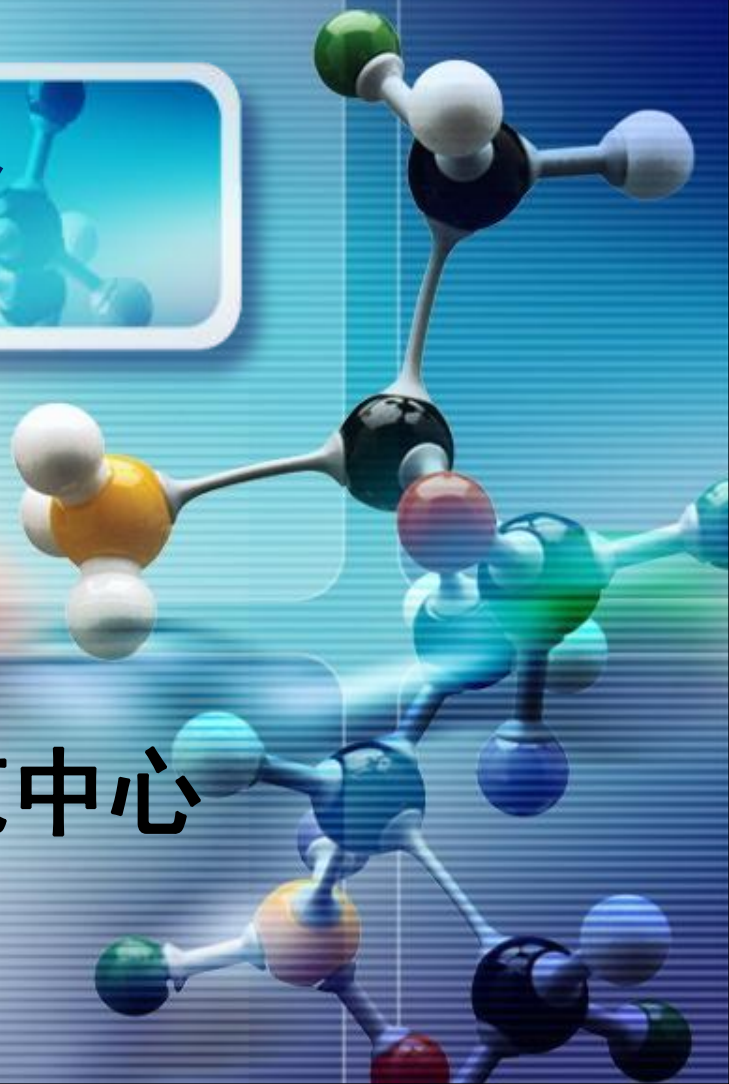


青岛科技大学
Qingdao University of Science & Technology

基础化学实验

基础化学实验中心

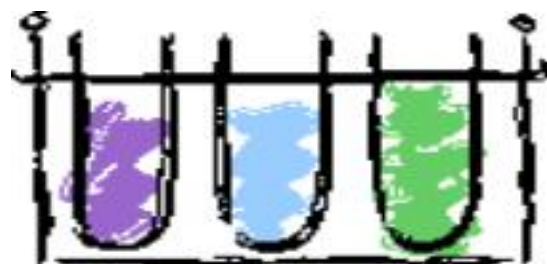
山东省省级实验教学示范中心



无机化学实验



ds区：铜、银、锌、镉、汞



▶ 一、实验目的



1.了解铜、银、锌、镉、汞的氢氧化物的酸碱性和热稳定性。

2.了解铜、银、锌、镉、汞的配合物的性质和应用。

3.掌握Cu(I)、Cu(II)重要化合物的性质和相互转化条件。

4.熟悉 Hg^{2+} 的转化，并了解锌、镉、汞离子的鉴定反应。

二、实验原理

ds区

I B

Cu^{29}
 $3d^{10}4s^1$

Ag^{47}
 $4d^{10}5s^1$

II B

Zn^{30}
 $3d^{10}4s^2$

Cd^{48}
 $4d^{10}5s^2$

Hg^{80}
 $5d^{10}6s^2$

三、实验方法

1.铜、银、锌、镉、汞氢氧化物和氧化物的生成和性质

简明步骤	现象	反应式
<p>(1)数滴$0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ CuSO}_4$ + 数滴 $2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NaOH}$制取$\text{Cu}(\text{OH})_2$, 把 沉淀分为三份。</p> <p>① 沉淀加热</p> <p>②沉淀+ $2.0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$</p> <p>③沉淀+过量$6.0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NaOH}$</p>		$\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow$ $\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- = \text{Cu}(\text{OH})_4^{2-}$

1.铜、银、 锌、 镉、 汞氢氧化物和氧化物的生成和性质

简明步骤	现象	反应式
(2)分别取两支离心试管： + 0.1 mol·L ⁻¹ AgNO ₃ +新配制的NaOH溶液（缓慢） 离心洗涤沉淀后：		$2\text{Ag}^+ + 2\text{OH}^- = 2\text{AgOH}$ $2\text{AgOH} \rightarrow \text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
① + 2.0 mol·L ⁻¹ HNO ₃		$\text{Ag}_2\text{O} + 2\text{HNO}_3 =$ $2\text{AgNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
② + 2.0 mol·L ⁻¹ 氨水		$\text{Ag}_2\text{O} + 4\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} =$ $2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + 2\text{OH}^-$

1.铜、银、 锌、 镉、 汞氢氧化物和氧化物的生成和性质

简明步骤	现象	反应式
(3)分别取两支离心试管 +0.5 mol·L ⁻¹ Zn(NO ₃) ₂ +2.0 mol·L ⁻¹ NaOH 至大量沉淀生成 (不要过量) 离心分离后：		$\text{Zn}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow$
①+ 数滴 2.0 mol·L ⁻¹ H ₂ SO ₄		$\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$
②+ 数滴 2.0 mol·L ⁻¹ NaOH		$\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- = \text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$



1.铜、银、 锌、 镉、 汞氢氧化物和氧化物的生成和性质

简明步骤	现象	反应式
(4)分别取两支离心试管： +3滴 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ +1滴 $2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaOH}$		$\text{Cd}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Cd}(\text{OH})_2$
① + $2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{H}_2\text{SO}_4$		$\text{Cd}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ = \text{Cd}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$
② + 40%NaOH并加热至沸 片刻		$\text{Cd}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- = [\text{Cd}(\text{OH})_4]^{2-}$

注意安全：溶液会溅出，不要试管对着人！

1.铜、银、 锌、 镉、 汞氢氧化物和氧化物的生成和性质

简明步骤	现象	反应式
(5)分别取两支离心试管： ① +3滴 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ Hg}(\text{NO}_3)_2$ + 1滴 $2.0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NaOH}$		$\text{Hg}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{HgO} + \text{H}_2\text{O}$
沉淀+ $2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ HNO}_3$		$\text{HgO} + 2\text{H}^+ = \text{Hg}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
沉淀+过量 40%NaOH		$\text{HgO} + \text{OH}^-$ 不反应

1.铜、银、 锌、 镉、 汞氢氧化物和氧化物的生成和性质

简明步骤	现象	反应式
(5)分别取两支离心试管： ② +0.1 mol·L ⁻¹ Hg ₂ (NO ₃) ₂ + 2.0 mol·L ⁻¹ NaOH		$\text{Hg}_2^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{H}_2\text{O} + \text{Hg}_2\text{O}$ $\text{Hg}_2\text{O} \rightarrow \text{HgO} + \text{Hg} \downarrow \text{黑}$
沉淀+2mol·L ⁻¹ HNO ₃		$\text{HgO} + 2\text{HNO}_3 = \text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Hg} + \text{Hg}^{2+} = \text{Hg}_2^{2+}$
沉淀+过量40%NaOH		

1.铜、银、 锌、 镉、 汞氢氧化物和氧化物的生成和性质

总结：

Cu^{2+}	$\text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow$ (浅蓝)	
Ag^+	$\text{AgOH} \downarrow$ (白)	
Zn^{2+}	$\text{Zn}(\text{OH})_2 \downarrow$ (白色)	
Cd^{2+}	$\text{Cd}(\text{OH})_2 \downarrow$ (白色)	
Hg^{2+}	HgO	
Hg_2^{2+}	HgO , Hg	

2. 铜、银、锌、镉、汞盐和氨水的反应

简明步骤	现象	反应式
(1)5滴 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{CuSO}_4$ +1滴 $2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$		$2\text{Cu}^{2+} + 2\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_4^{2-}$ $\rightarrow \text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{SO}_4\downarrow + 2\text{NH}_4^+$
继续滴加 $2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氨水，有何变化？		$\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{SO}_4 + 4\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ $\rightarrow 2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2\text{OH}^- + \text{SO}_4^{2-}$

2. 铜、银、锌、镉、汞盐和氨水的反应

简明步骤	现象	反应式
(2) 5滴 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{AgNO}_3$ + 1滴 $2.0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氨水		$2\text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \\ = \text{Ag}_2\text{O} \downarrow + 2\text{NH}_4^+$
继续加入 $2.0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氨水		$\text{Ag}_2\text{O} + 4\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \\ = 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + 2\text{OH}^-$



2. 铜、银、锌、镉、汞盐和氨水的反应

简明步骤	现象	反应式
(3) 5滴 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ + 1滴 $2.0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氨水		$\text{Zn}^{2+} + 2\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O} = \text{Zn}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NH}_4^+$
继续加入 $2.0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氨水		$\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_3 + 2\text{NH}_4^+ = [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$



2. 铜、银、锌、镉、汞盐和氨水的反应

简明步骤	现象	反应式
(4) 3滴 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ Cd}(\text{NO}_3)_2$ + 2滴 $2.0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氨水		$\text{Cd}^{2+} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{Cd}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NH}_4^+$
继续加入 $2.0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氨水 (大量)		$\text{Cd}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_3 + 2\text{NH}_4^+ = [\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$



2. 铜、银、锌、镉、汞盐和氨水的反应

简明步骤	现象	反应式
(5) 3滴 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ +2滴 $2.0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氨水		$2\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ $= \text{HgO}\cdot\text{HgNH}_2\text{NO}_3 + 3\text{NH}_4\text{NO}_3$
继续 + $6.0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氨水		$\text{HgO}\cdot\text{HgNH}_2\text{NO}_3 + 3\text{NH}_4\text{NO}_3$ $+ 4\text{NH}_3$ $= 2[\text{Hg}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 4\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$



2. 铜、银、锌、镉、汞盐和氨水的反应

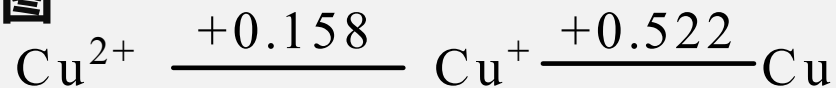


简明步骤	现象	反应式
(6) 3滴 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ + 2滴 $2.0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氨水		$2\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 + 4\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O} \\ = \text{HgO}\cdot\text{HgNH}_2\text{NO}_3 + 2\text{Hg} \\ + 3\text{NH}_4\text{NO}_3$
继续+ $6.0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氨水		$\text{HgO}\cdot\text{HgNH}_2\text{NO}_3 + 3\text{NH}_4\text{NO}_3 \\ + 4\text{NH}_3 \\ = 2[\text{Hg}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 4\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$

3. Cu^{2+} 、 Hg^{2+} 、 Hg^+ 、 Ag^+ 、 Zn^{2+} 、 Cd^{2+} 与KI的反应

简明步骤	现象	反应式
<p>(1)+2价铜的氧化性和 +1价铜的配合物： 5滴$0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ CuSO}_4$ +20滴$0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ KI}$</p>		$2\text{Cu}^{2+} + 4\text{I}^- = \text{Cu}_2\text{I}_2\downarrow + \text{I}_2$
<p>继续+4滴$0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$不可多加, 以防$\text{Cu}_2\text{I}_2$ 溶解)</p>		$2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{I}_2 = 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$
<p>沉淀上滴加饱和KI</p>		$\text{Cu}_2\text{I}_2 + \text{I}^- \rightarrow [\text{CuI}_2]^-$

铜的标准电势图



歧化

3. Cu^{2+} 、 Hg^{2+} 、 Hg^+ 、 Ag^+ 、 Zn^{2+} 、 Cd^{2+} 与KI的反应

简明步骤	现象	反应式
(2)2滴 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ Hg}(\text{NO}_3)_2$ +1滴 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ KI}$		$\text{Hg}^{2+} + 2\text{I}^- = \text{HgI}_2$
继续+过量KI溶液		$\text{HgI}_2 + 2\text{I}^- = [\text{HgI}_4]^{2-}$
上述溶液中再加几滴40% NaOH溶液，即为 “奈斯勒试剂” 。		$\text{NH}_4^+ + 2[\text{HgI}_4]^{2-} + 4\text{OH}^- = \left[\begin{array}{c} \text{Hg} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{O} \quad \text{NH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{Hg} \end{array} \right] \text{I} \downarrow + 3\text{H}_2\text{O} + 7\text{I}^-$

3. Cu^{2+} 、 Hg^{2+} 、 Hg^+ 、 Ag^+ 、 Zn^{2+} 、 Cd^{2+} 与KI的反应

简明步骤	现象	反应式
(3)小试管中+1/3水+2滴0.1 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ KI (先将KI 稀释) +1滴 0.1 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$		$\text{Hg}_2^{2+} + 2\text{I}^- = \text{Hg}_2\text{I}_2$
再加过量KI 离心后		$\begin{aligned} &\text{Hg}_2\text{I}_2 + 2\text{I}^- \\ &= [\text{HgI}_4]^{2-} + \text{Hg} \\ &\text{(歧化反应)} \end{aligned}$

汞的标准电势图



3. Cu^{2+} 、 Hg^{2+} 、 Hg^+ 、 Ag^+ 、 Zn^{2+} 、 Cd^{2+} 与KI的反应

简明步骤	现象	反应式
(4) $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{AgNO}_3$、$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$、$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$溶液与KI的作用		
① 3滴 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{AgNO}_3$ + $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{KI}$ 振摇		$\text{Ag}^+ + \text{I}^- = \text{AgI}\downarrow$
继续 + 过量的饱和KI		$\text{AgI} + \text{I}^- = [\text{AgI}_2]^-$



3. Cu^{2+} 、 Hg^{2+} 、 Hg^+ 、 Ag^+ 、 Zn^{2+} 、 Cd^{2+} 与KI的反应

简明步骤	现象	反应式
(4) $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{AgNO}_3$、$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$、$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$溶液与KI的作用		
② 5滴 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ + $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{KI}$ 振摇 (不做)		$\text{Zn}^{2+} + 2\text{I}^- = \text{ZnI}_2$
+ 过量 KI (不做)		$\text{Zn}^{2+} + 4\text{I}^- = [\text{ZnI}_4]^{2-}$



3. Cu^{2+} 、 Hg^{2+} 、 Hg^+ 、 Ag^+ 、 Zn^{2+} 、 Cd^{2+} 与KI的反应

简明步骤	现象	反应式
(4) $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{AgNO}_3$、$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$、$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$溶液与KI的作用		
③ 5滴 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ + $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{KI}$, (不做)		$\text{Cd}^{2+} + 2\text{I}^- = \text{CdI}_2$
若 KI 过量 (不做)		$\text{Cd}^{2+} + 4\text{I}^- = [\text{CdI}_4]^{2-}$



5. 铜、锌、镉离子的鉴定反应

简明步骤	现象	反应式
(1) Cu²⁺的鉴定反应		
点滴板上, 1滴 Cu ²⁺ +1滴 2.0 mol·L ⁻¹ HAc +2滴 0.1 mol·L ⁻¹ K ₄ [Fe(CN) ₆]		
(2) Zn²⁺的鉴定反应		
1滴 0.5 mol·L ⁻¹ Zn ²⁺ + 5滴 6.0 mol·L ⁻¹ NaOH + 20滴二苯硫脲, 搅动并在水浴上加热		$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagup \\ \text{N} - \text{NH} - \text{C}_6\text{H}_5 \\ \diagdown \\ \text{C} = \text{S} \\ \diagup \\ \text{N} = \text{N} - \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} + \frac{1}{2} \text{Zn}^{2+} \rightleftharpoons \begin{array}{c} \text{N} - \text{NH} - \text{C}_6\text{H}_5 \\ \diagup \\ \text{C} = \text{S} \\ \diagdown \\ \text{N} = \text{N} - \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} - \frac{1}{2} \text{Zn}^{2+} + \text{H}^+ $

5. 铜、锌、镉离子的鉴定反应

简明步骤	现象	反应式
(3)NH₄⁺的鉴定反应		
数滴 NH ₄ Cl + 2滴 2.0 mol·L ⁻¹ NaOH + 2滴奈斯勒试剂		
(4)Cd²⁺的鉴定反应		
2滴 0.1 mol·L ⁻¹ Cd ²⁺ + 0.1 mol·L ⁻¹ Na ₂ S		
(4)Hg²⁺的鉴定反应 (不做)		
2滴 0.1 mol·L ⁻¹ Hg ²⁺ 0.1 mol·L ⁻¹ SnCl ₂ (逐滴 , 过量)		$2\text{HgCl}_2 + \text{SnCl}_2 = \text{SnCl}_4 + \text{Hg}_2\text{Cl}_2 \downarrow (\text{白})$ $\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + \text{SnCl}_2 = \text{SnCl}_4 + 2\text{Hg} \downarrow (\text{黑})$

6.混合离子的分离和鉴定

(2)利用配位反应分离混合离子 (Ag^+ 、 Cu^{2+} 、 Fe^{3+}) 并鉴定:

$0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{AgNO}_3$ 、 CuCl_2 、 FeCl_3 各5滴

①+过量 $6\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$

②离心

$\text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$ (褐色)

+ $2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{HCl}$

Fe^{3+}

+KSCN

血红色↓

示有 Fe^{3+}

$\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ 、 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$

①+ $6\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{HCl}$

②离心分离

$\text{AgCl} \downarrow$ (白色)

示有 Ag^+

Cu^{2+}

+ $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ↓

$\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$ (红棕色)

示有 Cu^{2+}

四、思考题

- 将KI加到 CuSO_4 溶液中是否会得到 CuI_2 ？ Cu_2I_2 沉淀是否可以溶于浓的KI溶液或浓KSCN溶液？为什么？
- 在 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 和 HgCl_2 溶液中各加入氨水是否能得到氨配合物？
- 举例说明 Ag^+ 、 Cu^{2+} 具有氧化性。



五、注意事项

- ◆ CCl_4 应回收；
- ◆ 试剂瓶勿动，只动滴管；
- ◆ 小滴管一一对应，不要张冠李戴；
- ◆ 严格控制试剂用量；
- ◆ 实验结束后洗净试管，试剂瓶按序号摆放整齐，台面擦净。



谢谢