

## 實驗八 陽離子第一、二族的定性分析

### 一、目的

分離並確認溶液中所含陽離子 Group 1： $\text{Ag}^+$ ， $\text{Pb}^{2+}$ ， $\text{Hg}_2^{2+}$  及 Group 2： $\text{Pb}^{2+}$ ， $\text{Cu}^{2+}$ ， $\text{Bi}^{3+}$ ， $\text{Sn}^{4+}$  的定性分析，並精練操作技巧及作用原理。



圖 8-1 水浴加熱離心管



圖 8-2 使用離心機

## 二、原理

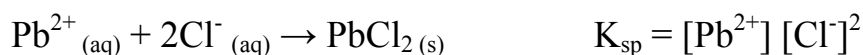
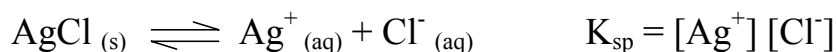
### A. 實驗基本操作

1. 溶液之加熱：溶液放入試管或離心管中，隔水加熱(水浴溫度約 70~75 °C)，勿使溶液沸騰。
2. 溶液之蒸發：將溶液倒入坩鍋，置於加熱板上加熱，以坩鍋鉗夾於坩鍋外壁(不可鉗子一在坩鍋內一在坩鍋外，如此會汙染溶液)，稍加移動。
3. 沉澱之分離：
  - (1) 離心機的使用：
    - ① 裝有溶液之離心管的對稱位置放入裝水等液高的離心管。
    - ② 以中等轉速離心 2~3 分鐘後，待離心機自動停止轉動，切勿用外力使其驟停。
  - (2) 沉澱分離後，用吸管小心地吸取澄清液，先壓住吸管的橡皮球，排除管內部份空氣，再慢慢鬆開橡皮球，使澄清液吸入吸管。

### B. 實驗基本學理

#### 1. 沉澱的生成與 $K_{sp}$

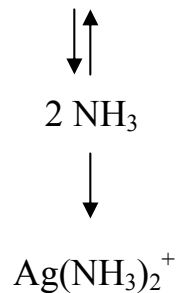
溶液中待分析離子濃度(冪次方)與沉澱試劑濃度(冪次方)相乘積達  $K_{sp}$  值，則產生沉澱， $K_{sp}$  為難溶鹽在水中離子解離達平衡時離子濃度的相乘積，稱為 solubility product constant。



當  $[\text{Pb}^{2+}] [\text{Cl}^-]^2 \geq K_{sp, \text{PbCl}_2}$ ，產生  $\text{PbCl}_2$  沉澱；如果溫度上升， $K_{sp, \text{PbCl}_2}$  也變大，則  $[\text{Pb}^{2+}] [\text{Cl}^-]^2 < K_{sp, \text{PbCl}_2}$ ，所以沉澱溶解。

## 2. 錯合離子的生成

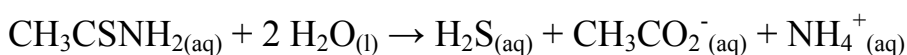
當  $[Ag^+][Cl^-] \geq K_{sp}, AgCl$  時，產生白色沉澱，在白色  $AgCl$  沉澱物中，加入氨水，則沉澱物溶解，因為  $Ag^+$  與  $NH_{3(aq)}$  形成  $Ag(NH_3)_2^+$  二氨銀錯離子， $AgCl_{(s)} \rightarrow Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$



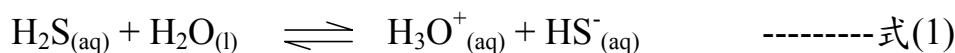
氨提供孤對電子與  $Ag^+$  以配位共價鍵緊密結合，形成錯離子而溶於水。

## 3. 乙硫羰醯胺( thioacetamide )代替硫化氫( hydrogen sulfide )

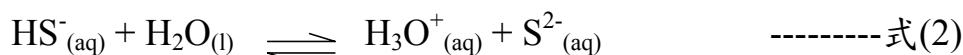
第二族( group 2 )、第三族( group 3 ) 陽離子分析均需要硫化氫(  $H_2S$  ) 作為硫化物沉澱試劑，硫化氫的來源可由硫化氫氣體發生器而來，但因硫化氫氣體有毒性，若操作不慎致吸入過多，易發生意外，故改採用乙硫羰醯胺在水中水解而得  $H_2S$ 。



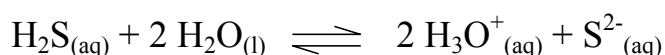
## 4. 硫化氫在水溶液中提供硫離子



$$K_1 = \frac{[H_3O^+][HS^-]}{[H_2S]} = 1.3 \times 10^{-7}$$



$$K_2 = \frac{[H_3O^+][S^{2-}]}{[HS^-]} = 1.0 \times 10^{-13} \quad \text{式(1) + 式(2) 得}$$



$$K = \frac{[H_3O^+]^2[S^{2-}]}{[H_2S]} = K_1 \times K_2 = 1.3 \times 10^{-20}$$

在 25 °C、1 atm 下，H<sub>2</sub>S 在水中的飽和濃度為 0.1 M，所以 [H<sub>2</sub>S] ≐ 0.1，則 [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>]<sup>2</sup> [S<sup>2-</sup>] = 1.3 × 10<sup>-20</sup> × 0.1 = 1.3 × 10<sup>-21</sup>，則  $[S^{2-}] = \frac{1.3 \times 10^{-21}}{[H_3O^+]^2}$ 。

第二族陽離子 K<sub>sp</sub> 較小，需較小的 [S<sup>2-</sup>] 即可產生硫化物的沉澱，所以所需的 [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] 較高，因此約需 pH = 0.5 才能產生沉澱。

第三族陽離子 K<sub>sp</sub> 較大，需較大的 [S<sup>2-</sup>] 才可產生硫化物的沉澱，所以所需的 [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] 很小，因此在鹼性溶液中產生硫化物沉澱。

### C. 五族陽離子與分離試液

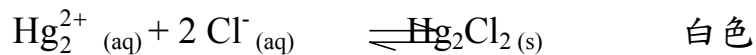
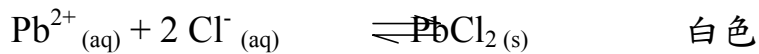
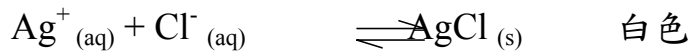
	第一族	第二族	第三族	第四族	第五族
歸類	鹽酸族	酸性硫化氫族	鹼性硫化氫族	碳酸氫族	可溶族
陽離子	Ag <sup>+</sup> , Pb <sup>2+</sup> , Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	Hg <sup>2+</sup> , Pb <sup>2+</sup> , Bi <sup>3+</sup> , Cu <sup>2+</sup> , Cd <sup>2+</sup> , As <sup>5+</sup> , Sb <sup>4+</sup> , Sn <sup>4+</sup>	Al <sup>3+</sup> , Fe <sup>2+</sup> , Cr <sup>3+</sup> , Ni <sup>2+</sup> , Co <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup>	Ba <sup>2+</sup> , Sr <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
分離試液	HCl	HCl CH <sub>3</sub> CSNH <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> Cl + NH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub> CSNH <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> Cl + NH <sub>3</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO	
主要沉澱	AgCl PbCl <sub>2</sub> Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	HgS PbS Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub> CuS CdS As <sub>2</sub> S <sub>5</sub> Sb <sub>2</sub> S <sub>5</sub> SnS <sub>2</sub>	Al(OH) <sub>3</sub> Cr(OH) <sub>3</sub> Fe(OH) <sub>3</sub> MnS CoS NiS ZnS	BaCO <sub>3</sub> SrCO <sub>3</sub> CaCO <sub>3</sub>	Mg <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>

基本上定性分析實驗課程中所要分析的陽離子共 23 種，依照其與分離試液形成沉澱物的特性，又歸類為五族。本實驗將進行 Group 1- Ag<sup>+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Hg<sub>2</sub><sup>2+</sup> 及 Group 2- Pb<sup>2+</sup>, Bi<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Sn<sup>4+</sup> 的分離與確認，因實驗時間有限，未能作第二族完整分析。

## D. 第一族陽離子的分離與確定

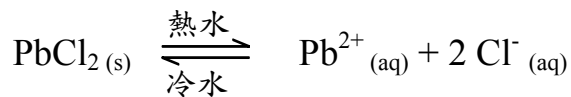
### 1. 主要沉澱( Group Precipitate )

第一族陽離子與鹽酸形成難溶性氯化物。



### 2. 鉛分離與確定

分離：因  $\text{PbCl}_2$  沉澱其溶解度隨溫度升高而增大，所以只要將沉澱物加熱便可使  $\text{Pb}^{2+}$  分離。



確定：使  $\text{Pb}^{2+}$  與  $\text{CrO}_4^{2-}$  作用生成  $\text{PbCrO}_4$  黃色沉澱來確定  $\text{Pb}^{2+}$  存在。

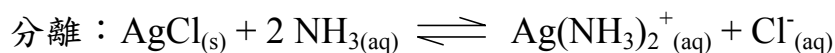


### 3. 亞汞之分離與確定

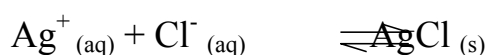
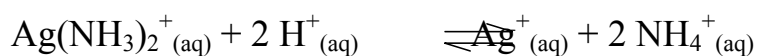
分離：在  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  與  $\text{AgCl}$  沉澱中加入  $\text{NH}_3_{(\text{aq})}$ ， $\text{AgCl}$  形成錯離子  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$  的溶液。

確定：而  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  本身氧化還原( disproportionation )形成  $\text{Hg}(\text{NH}_2)\text{Cl}_{(\text{s})}$  白色沉澱及  $\text{Hg}_{(\text{l})}$  黑色汞。

### 4. 銀之分離與確定



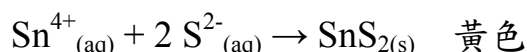
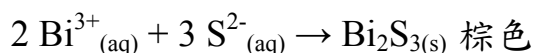
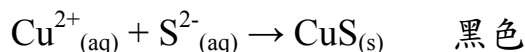
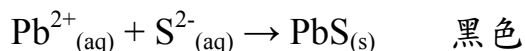
確定：加入  $\text{HNO}_3_{(\text{aq})}$ ，自  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$  錯離子中釋放出  $\text{Ag}^+$ ，當  $[\text{Ag}^+]$  增加到與  $[\text{Cl}^-]$  相乘積  $\geq K_{\text{sp}}$ ，則  $\text{AgCl}$  沉澱再次產生，便可證明  $\text{Ag}^+$  的存在。



## E. 第二族陽離子的分離與確定

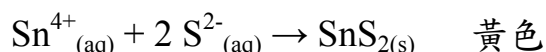
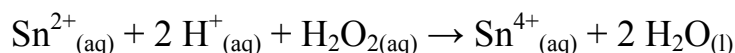
### 1. 主要沉澱( Group Precipitate )

通入 TA 後控制 pH 約 0.5，產生硫化物沉澱。

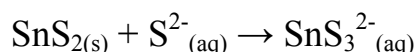


### 2. 錫之分離與確定

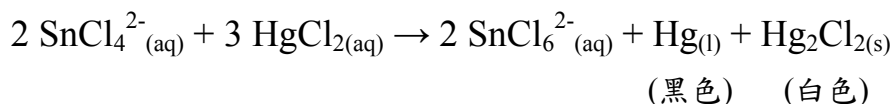
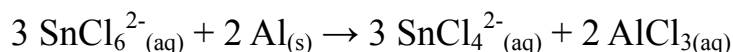
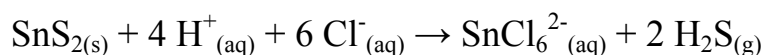
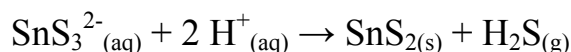
前處理：待分析液中的錫可能是  $\text{Sn}^{2+}$ ，所以先以雙氧水( hydrogen peroxide,  $\text{H}_2\text{O}_2$  )氧化成  $\text{Sn}^{4+}$ ，才能與  $\text{S}^{2-}$  形成  $\text{SnS}_2_{(\text{s})}$ 。



分離：沉澱物中加入  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_{(\text{aq})}$ ， $\text{SnS}_2_{(\text{s})}$  與  $\text{S}^{2-}_{(\text{aq})}$  反應生成  $\text{SnS}_3^{2-}_{(\text{aq})}$  溶於水與其他的沉澱物分離。

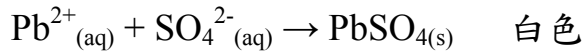
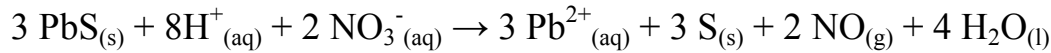


確定：在  $\text{SnS}_3^{2-}_{(\text{aq})}$  中加入鹽酸，先形成  $\text{SnS}_2_{(\text{s})}$  沉澱，繼續加入鹽酸， $\text{SnS}_2_{(\text{s})}$  形成  $\text{SnCl}_6^{2-}_{(\text{aq})}$  此錯離子溶在酸溶液中，加入鋁粉將  $\text{SnCl}_6^{2-}$  還原成  $\text{SnCl}_4^{2-}$ ，再加入  $\text{HgCl}_2_{(\text{aq})}$  則  $\text{SnCl}_4^{2-}$  再氧化成  $\text{SnCl}_6^{2-}$  同時  $\text{HgCl}_2_{(\text{aq})}$  還原成  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2_{(\text{s})}$  白色沉澱及黑色  $\text{Hg}_{(\text{l})}$ 。

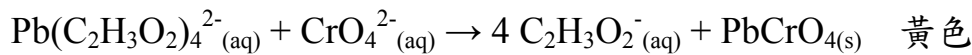
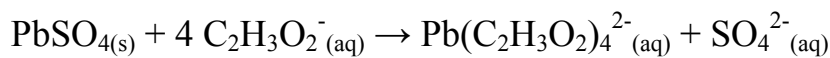


## 3. 鉛的分離與確定

分離：PbS<sub>(s)</sub>與熱硝酸( hot nitric acid )反應成 Pb<sup>2+</sup><sub>(aq)</sub>，加入 H<sub>2</sub>SO<sub>4(aq)</sub>則生成白色的 PbSO<sub>4(s)</sub>，同時須加熱去除 HNO<sub>3(aq)</sub>，以免 PbSO<sub>4(s)</sub>會溶解。

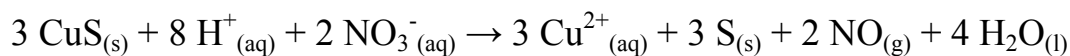


確定：PbSO<sub>4(s)</sub>溶在醋酸銨( NH<sub>4</sub>C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2(aq)</sub> )溶液中形成醋酸鉛離子，Pb(C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>)<sub>4</sub><sup>2-</sup><sub>(aq)</sub>再與 K<sub>2</sub>CrO<sub>4(aq)</sub>形成黃色的 PbCrO<sub>4(s)</sub>。



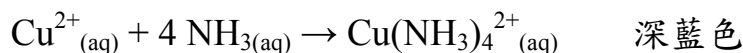
## 4. 銅的分離與確定

分離：CuS<sub>(s)</sub>與硫化銨(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>(aq)</sub>無反應，與 HNO<sub>3(aq)</sub>則作用成 Cu<sup>2+</sup><sub>(aq)</sub>藍色溶液。



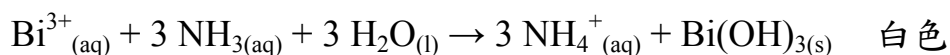
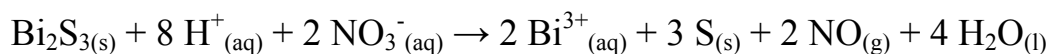
( blue solution )

確定：Cu<sup>2+</sup>再與 NH<sub>3(aq)</sub>生成 Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub><sup>2+</sup><sub>(aq)</sub> 深藍色錯離子溶液。

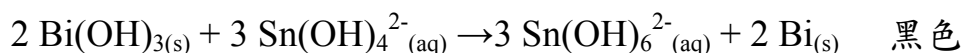


## 5. 鉍的分離與確定

分離：Bi<sub>2</sub>S<sub>3(s)</sub>不與(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>(aq)</sub>反應，與 HNO<sub>3(aq)</sub>則反應成 Bi<sup>3+</sup><sub>(aq)</sub>，再加入 H<sub>2</sub>SO<sub>4(aq)</sub>時亦無反應，加入 NH<sub>3(aq)</sub>則形成白色 Bi(OH)<sub>3(s)</sub>沉澱。



確定：將 Bi(OH)<sub>3(s)</sub>在鹼性溶液中( NaOH<sub>(aq)</sub> )加入 SnCl<sub>2(s)</sub>會產生黑色的鉍 Bi<sub>(s)</sub>，以確認鉍的存在



### 三、藥品(藥品皆已配製，直接取藥即可)

1. 硝酸銀(Silver nitrate,  $\text{AgNO}_{3(\text{aq})}$ ) : 0.1 M。
2. 硝酸鉛(Lead nitrate,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_{(\text{aq})}$ ) : 0.1 M。
3. 硝酸亞汞(Mercurous nitrate,  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_{(\text{aq})}$ ) : 0.1 M。
4. 硝酸銅(Copper(II) nitrate,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}_{(\text{aq})}$ ) : 0.1 M。
5. 氯化亞錫(Stannous chloride,  $\text{SnCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}_{(\text{aq})}$ ) : 0.1 M, 0.2 M。
6. 鹽酸(Hydrochloric acid,  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ ) : 6 M, 2 M。
7. 硝酸(Nitric acid,  $\text{HNO}_{3(\text{aq})}$ ) : 6 M, 3 M。
8. 硫酸(Sulfuric acid,  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$ ) : 6 M。
9. 氨水(Ammonia aqua,  $\text{NH}_{3(\text{aq})}$ ) : 6 M。
10. 氫氧化鈉(Sodium hydroxide,  $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ ) : 6 M。
11. 鉻酸鉀(Potassium chromate,  $\text{K}_2\text{CrO}_{4(\text{aq})}$ ) : 1 M。
12. 雙氧水(Hydrogen peroxide,  $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$ ) : 3 %。
13. 乙硫羰醯胺(thioacetamide,  $\text{CH}_3\text{CSNH}_{2(\text{aq})}$ ) : 1 M。
14. 醋酸銨(Ammonium acetate,  $\text{CH}_3\text{COONH}_{4(\text{aq})}$ ) : 1 M。
15. 硫化銨(Ammonium sulfide,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_{(\text{l})}$ )。
16. 氯化汞(Mercuric chloride,  $\text{HgCl}_{2(\text{aq})}$ ) : 0.1 M。
17. 鋁粉 (Aluminum powder,  $\text{Al}_{(\text{s})}$ )。

#### 四、器材

##### A. 抽屜拿出：

1. 試管架
2. 燒杯：250 mL
3. 試管夾

##### B. 助教發配，實驗後歸還：

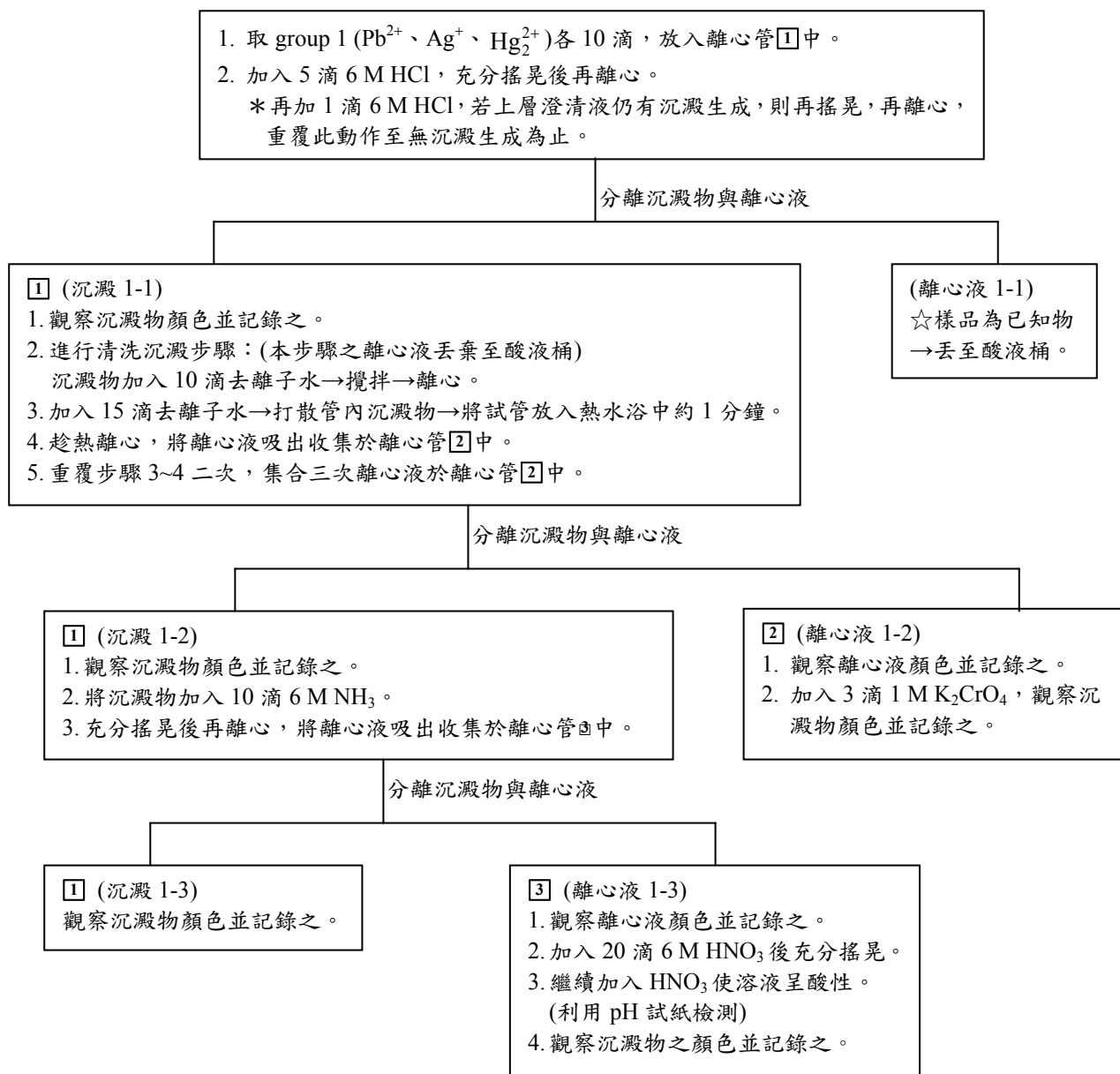
1. 蒸發皿 × 2
2. 計時器

##### C. 其他器材：

1. 離心管 × 8
2. 離心機
3. 廣用試紙

## 五、步驟

### Group1 之操作步驟



**Group 2 之操作步驟**

1. 取 group 2 ( $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Bi}^{3+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Sn}^{4+}$ )各 5 滴，放入蒸發皿中。
2. 加入 6 滴 3%  $\text{H}_2\text{O}_2$  和 4 滴 2 M  $\text{HCl}$ 。
3. 小心地加熱溶液，當溶液蒸發至剩下 5 滴時，停止加熱讓餘熱使溶液蒸發至剩下 3 滴，然後冷卻。  
\*若蒸發皿底部過度加熱而成棕色，搖動蒸發皿使棕色消失。
4. 加入 10 滴 6 M  $\text{HCl}$ ，加熱至液體成膠狀(避免過度加熱)，然後冷卻。
5. 加入 5 滴 2 M  $\text{HCl}$  和 5 滴去離子水，將溶液移至離心管[4]中。
6. 加入 10 滴 1 M  $\text{CH}_3\text{CSNH}_2$ ，充分搖晃後將離心管熱水浴 10 分鐘，偶爾攪拌。  
\*若產生過多泡沫，將離心管移開。
7. 加入 10 滴熱去離子水、10 滴 1 M  $\text{CH}_3\text{CSNH}_2$ 、2 滴 1 M  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$
8. 充分搖晃後將離心管熱水浴 10 分鐘，偶爾攪拌。
9. 冷卻後離心。

分離沉澱物與離心液

**[4] (沉澱 2-1)**

1. 觀察沉澱物之顏色並記錄之。
2. 進行清洗沉澱物步驟：(本步驟之離心液皆丟棄至酸液桶)
  - (1)加入 10 滴熱去離子水→攪拌→離心。
  - (2)加入(10 滴熱去離子水和 10 滴 1 M  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ )→攪拌→離心。
  - (3)加入 10 滴 1 M  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ →熱水浴中 1 分鐘→離心。
3. 加入 10 滴  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ，充分搖晃後熱水浴 3 分鐘，偶爾攪拌。  
\*若有太多泡沫，將離心管移開。
4. 趁熱離心，將離心液吸出收集於離心管[5]中。
5. 重覆步驟 3-4 一次，只是改為加入 7 滴  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 。(二次的離心液集中收集於離心管[5]中)

**(離心液 2-1)**

☆樣品為已知物  
→丟至酸液桶。

分離沉澱物與離心液

**[4] (沉澱 2-2)**

1. 觀察沉澱物之顏色並記錄之。
2. 進行清洗沉澱物步驟：(本步驟之離心液皆丟棄至酸液桶)
  - (1)加入(10 滴熱去離子水和 10 滴 1 M  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ )→攪拌→離心。
  - (2)加入(10 滴熱去離子水和 10 滴 1 M  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ )→攪拌→離心。
3. 加入 20 滴 3 M  $\text{HNO}_3$ →倒入蒸發皿中加熱 1 分鐘→冷卻。
4. 加入 6 滴 6 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$ →小心加熱溶液，將溶液蒸發至剩下 1 滴。
5. 冷卻→加入 20 滴去離子水→攪拌→迅速移入離心管[6]中。
6. 離心管[6]充分搖晃後再離心，將離心液吸出收集於離心管[7]中。

**[5] (離心液 2-2)**

1. 觀察離心液之顏色並記錄之。
2. 加入 10 滴 6 M  $\text{HCl}$ →熱水浴 1 分鐘。
3. 加 4 滴去離子水、10 滴 6 M  $\text{HCl}$ 、少許  $\text{Al}_{(s)}$ →倒入蒸發皿中加熱 2 分鐘→將蒸發皿中上層液體吸出移回離心管[5]中。
4. 加入 3 滴 0.1 M  $\text{HgCl}_2$ 。
5. 觀察沉澱物之顏色並記錄之。

分離沉澱物與離心液

**[6] (沉澱 2-3)**

1. 觀察並記錄沉澱物之顏色。
2. 進行清洗沉澱物步驟：(本步驟之離心液皆丟棄至酸液桶)
  - (1)加入 10 滴去離子水→攪拌→離心。
  - (2)加入 10 滴去離子水→攪拌→離心。
3. 加入 6 滴 1 M  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ →充分搖晃 15 sec。
4. 觀察並記錄溶液之顏色。
5. 加入 1 M  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  1 滴。
6. 觀察並記錄沉澱物之顏色。

**[7] (離心液 2-3)**

1. 觀察並記錄離心液之顏色。
2. 加入 6 M  $\text{NH}_3$  至有沈澱生成→離心。

分離沉澱物與離心液

**[8] (離心液 2-4)**

觀察並記錄離心液之顏色。

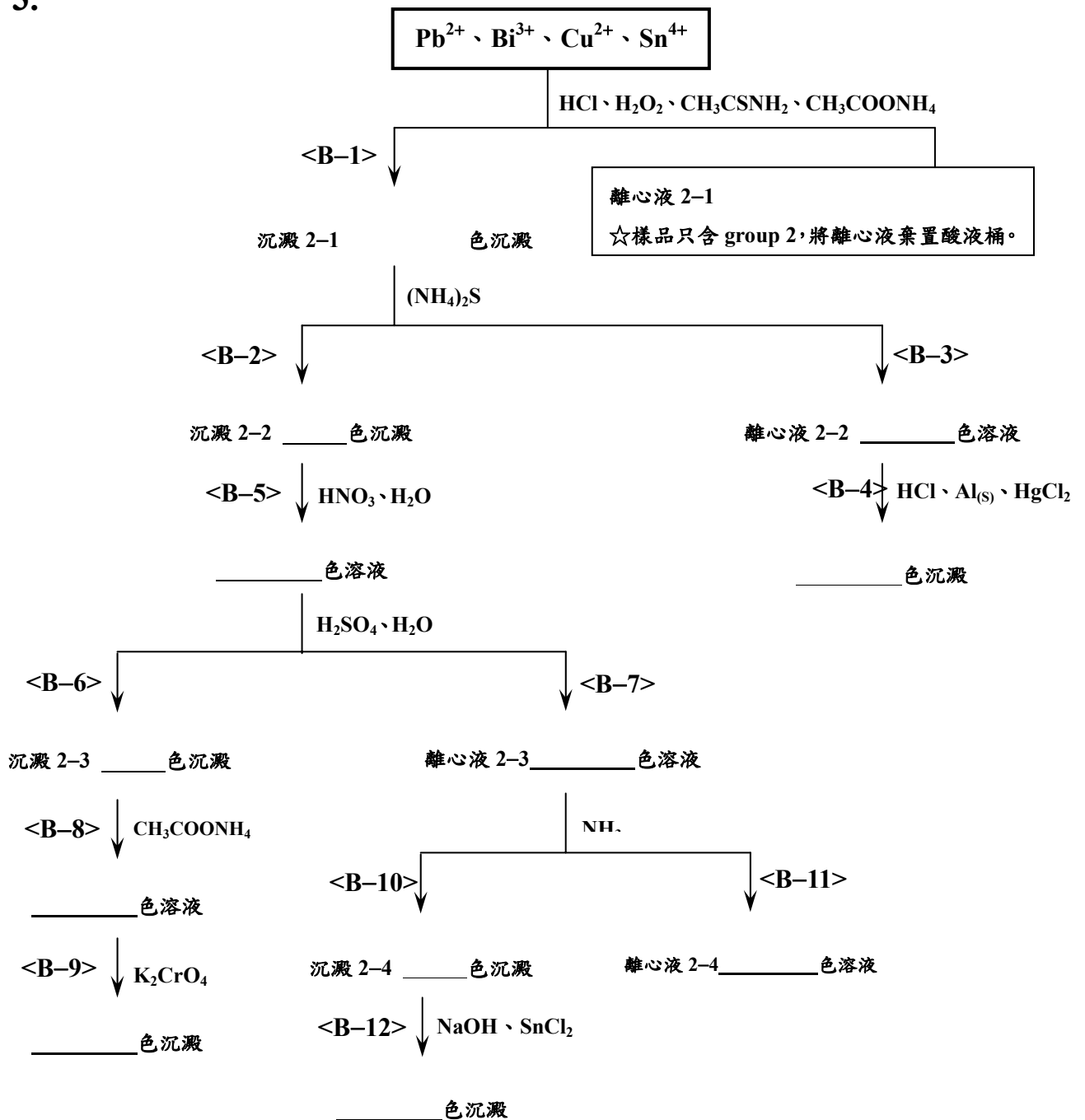
**[7] (沉澱 2-4)**

1. 觀察並記錄沉澱物之顏色。
2. 進行清洗沉澱物步驟：(本步驟之離心液丟棄至酸液桶)
  - 加入 10 滴熱去離子水→攪拌→離心。
3. 加入 6 滴 6 M  $\text{NaOH}$  和 4 滴 0.2 M  $\text{SnCl}_2$ 。
4. 觀察並記錄沉澱物之顏色。



<A-5>	沉澱物化學式及顏色	<1>	<2>
	反應方程式		
<A-6>	反應方程式		
<A-7>	沉澱物化學式及顏色		
	反應方程式		

3.



#### 4. 化學式及反應式：

	使用何藥品產生 H <sub>2</sub> S?	①HCl ②H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ③CH <sub>3</sub> CSNH <sub>2</sub> ④CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> → ANS : _____
	沉澱物化學式及顏色	<1>                      <2>                      <3>                      <4>
<B-1>	反應方程式	<1> <2> <3> <4> <5>
<B-2>	沉澱物化學式及顏色	<1>                      <2>                      <3>
	溶液中之離子及顏色	①Pb <sup>2+</sup> ②Bi <sup>3+</sup> ③Cu <sup>2+</sup> ④SnS <sub>3</sub> <sup>2-</sup> → ANS : _____
<B-3>	反應方程式	
	沉澱物化學式及顏色	
<B-4>	反應方程式	<1> <2> <3> <4>
<B-5>	反應方程式	<1> <2> <3>
	沉澱物化學式及顏色	
<B-6>	反應方程式	
<B-7>	溶液中之離子及顏色	①Pb <sup>2+</sup> ②Bi <sup>3+</sup> ③Cu <sup>2+</sup> ④Sn <sup>4+</sup> → ANS : _____、_____
<B-8>	反應方程式	
	沉澱物化學式及顏色	
<B-9>	反應方程式	
	沉澱物化學式及顏色	
<B-10>	反應方程式	
<B-11>	溶液中之離子及顏色	
	沉澱物化學式及顏色	
<B-12>	反應方程式	

## 七、問題與討論：

1.

(a) 陽離子第一族所生成的氯化物，列出其  $K_{sp}$ 。

(b) 何者最易溶於水？

(c) 若加入過量的  $HCl_{(aq)}$ ，何以氯化物會被溶解？

2. 解釋  $AgCl_{(s)}$  溶於氨水，為何再加入  $HNO_{3(aq)}$  又沉澱出來？

3.

(a) 第二族陽離子的沉澱試劑為  $\text{H}_2\text{S}$ ，說明其特性及本實驗中為何不直接使用此氣體？

(b) 本實驗如何產生  $\text{H}_2\text{S}$ ？

4.

(a) 列出  $\text{Pb}^{2+}$ ， $\text{Bi}^{3+}$ ， $\text{Cu}^{2+}$ ， $\text{Sn}^{4+}$  硫化物的化學式及  $K_{\text{sp}}$ 。

(b) 以方程式說明  $\text{H}_2\text{S}$  產生  $\text{S}^{2-}$  及平衡常數值。

(c) 欲使第二族陽離子產生硫化物沉澱，溶液需控制在酸性還是鹼性？(以  $\text{H}_2\text{S}$  的平衡常數及硫化物的  $K_{\text{sp}}$  加以說明)

## 八、實驗心得與討論：

誤差討論：

心得：