

Chapter

21

無機物的製造

學習目標

1. 認識鋁及其化合物之性質。
2. 學習將廢鋁罐回收製成明礬使資源再利用。
3. 認識明礬的性質與應用。
4. 認識錯鹽的性質與製備方法。

授課節數 8

本章綱要

21-1 理論基礎

1. 以廢鋁罐中的鋁製造明礬
2. 錯鹽的製備與性質

21-2 實習活動 I - 以廢鋁罐中的鋁製造明礬

21-3 實習活動 II - 錯鹽的製備與性質



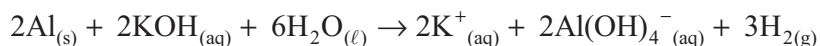
2018 年，全臺共產出 974 萬噸垃圾，除了焚化與掩埋之外，有 56% 的垃圾皆回收處理，如我們常喝的罐裝飲料亦為可回收物，本章即介紹如何將廢鋁罐中的鋁回收再利用與認識錯鹽。

21-1 理論基礎

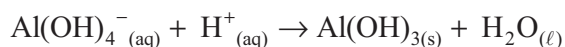
以廢鋁罐中的鋁製造明礬

鋁 (aluminum) 是地殼中含量高居第三位的元素，約占地殼的 8.2%，僅次於氧、矽。鋁為銀白色金屬，質地軟而輕，可再與其他金屬製成合金而提高硬度；具有耐蝕性，在常溫可與空氣結合，於表面形成一薄層緻密之氧化鋁作為保護層，使內部金屬不致被氧化。鋁被大量運用於日常生活上，如飲料罐、飛機材料等，雖然鋁的含量高，但不表示其可取之不盡、用之不竭，故我們必須尋得一可行方法來回收鋁，以善用大自然給我們的資源。

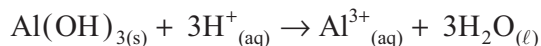
鋁表面常會形成一層氧化鋁保護，但鹼性溶液可溶解氧化層，進一步再和鋁反應生成含有 $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ 的溶液，反應式如下。



在含有 $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ 的溶液中加入酸，可移去一個 OH^- ，產生白色絮狀的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉澱，反應式如下。



若繼續加入酸，則 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 再被溶解成 Al^{3+} ，反應式如下。



若為加入鹼，則 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 又被溶解成 $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ ，反應式如下。



由於 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 同時兼具酸與鹼的性質，可與鹼也可與酸作用，故稱為**兩性物質** (amphoteric substance)，其他如 $\text{Sb}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Sn}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Ga}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Ti}(\text{OH})_4$ 等亦為兩性物質，一般分離鋁即是利用此特性。

若水溶液中含有鉀離子 (K^+)、硫酸根離子 (SO_4^{2-}) 和鋁離子 (Al^{3+})，將此水溶液以冰浴方式降低溶解度即可析出一種八面體形狀之結晶 (圖 21-1)，化學式為 $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ，為最常見的

明礬(alum)，反應式如下。



其他類似結構亦可稱「明礬」，但通常以單價離子命名，如鈉明礬($\text{NaAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)、銨明礬($\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)等，明礬之結晶層中含有 12 個水分子，其中 6 個水分子與三價陽離子(M^{3+})緊密結合，其餘 6 個水分子與硫酸根及一價陽離子(M^+)結合，故明礬之通式為 $\text{M}^+\text{M}^{3+}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ，是離子化合物，其中 M^+ 可以是任何一個單電荷的陽離子，常見如 K^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+ ； M^{3+} 則是帶三個正電荷的陽離子，常見如 Al^{3+} 、 Cr^{3+} 、 Fe^{3+} 。



▲ 圖 21-1 明礬結晶

明礬中的 Al^{3+} 在水中會水解生成膠體型態的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 以吸附水中的懸浮物質而凝聚沉降，故明礬可用於水的淨化，此外也常應用於染色、造紙、食品添加劑等。本實驗將由廢棄的鋁罐與鹼反應，再與酸作用製得明礬後，使該溶液降低溫度至達過飽和而析出明礬結晶。



充電小站

鋁罐的回收

在過去，由於鋁的製造不易，使得鋁比黃金還貴重，直到 1886 年霍爾(C. M. Hall, 1863 ~ 1914)發展出利用電解法電解鋁礬土(含 80% Al_2O_3)的大量生產技術，使得鋁價大幅下降。電解法雖可得高純度的鋁，也相對消耗大量的電能，每生產 1 公斤的精煉鋁，就需約 33 度(33 kW/h)的電力，每製造一個鋁罐(375 mL)，即需約 18 公克的鋁金屬。

目前鋁在全世界的年產量超過千萬噸，而臺灣地區的鋁消費量一年約 14 ~ 18 萬噸間，鋁材之用途極廣，如建材、運輸、車輛、家電、機械、運動器材等，其中用於包裝容器之鋁罐約為 25,000 噸，大多使用於啤酒、碳酸飲料。鋁罐容器質輕，可用手擠捏，罐身一次成型、無夾縫、不透水、不透氣、不易破損、耐高壓及不透光，可阻止紫外光對食品營養破壞，且具高度再生利用及經濟價值。

據估計，國內每年至少用掉 650 億個鋁罐，若任意棄置一個鋁罐不管，則需約五百年時間才能完全分解。使用回收的鋁再製鋁，比用鋁礬土製造鋁能減少約 90 ~ 95% 的能量，假若能回收全部的鋁罐再利用，就足以提供全臺北市居民一年所需的電力。

由此觀之，廢鋁回收不僅可減少因採礦所造成的生態環境破壞，亦可達到廢棄物減量及資源化之目的，所以民眾應可做到的是隨手將鋁罐洗淨、壓扁後，投入社區、學校及業者所設立的資源回收筒中，交由資源回收隊處理；另一方面，降低鋁罐的使用量，如此方能終結「一丟五百年」的極致汙染。

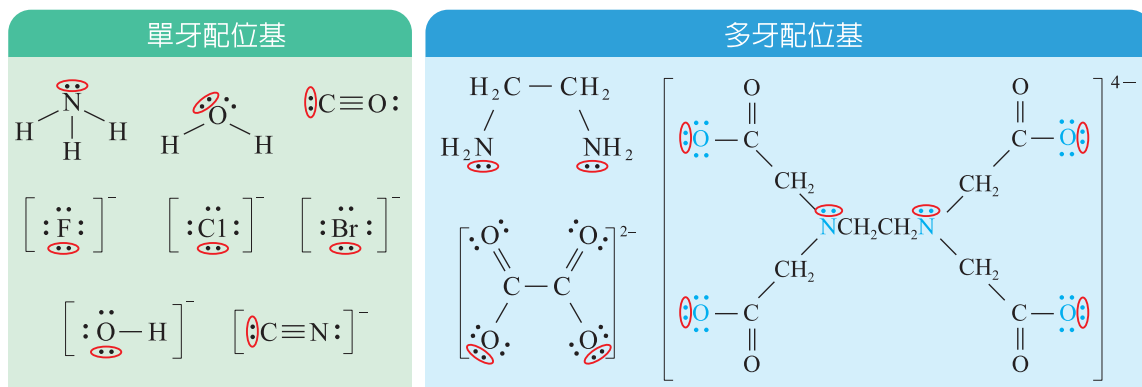
錯鹽的製備與性質

一、錯鹽的製備

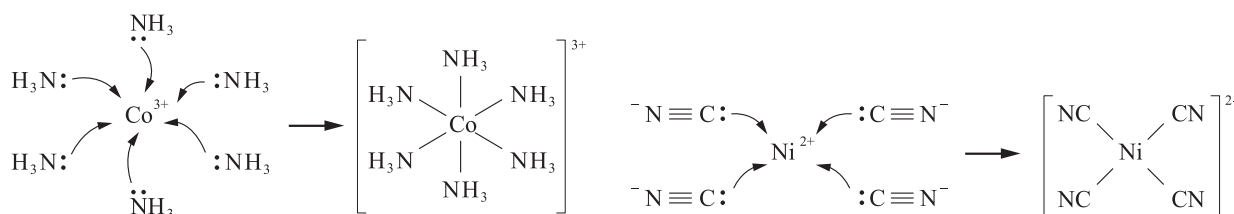
具有空軌域的金屬原子或陽離子與具有孤對電子的陰離子或分子之間可形成配位共價鍵而穩定結合，此種帶電荷之原子團稱為**錯離子**(complex ion)，如鐵氰根離子($[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$)、六氨鈷(III)離子($[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$)等，錯離子可再與電性相反之離子結合形成不帶有電荷的鹽，稱**配位化合物**(coordination compound)或**錯鹽**(complex salt)，如氯化六氨鈷(III)($[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$)、鐵氰化鉀($\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$)。

錯離子中具有孤對電子的陰離子或分子稱為**配位基**(ligand)，若配位基與金屬原子或陽離子結合時，僅可提供一對孤對電子者，稱為單牙配位基，如 NH_3 、 H_2O 、 CO 、 F^- 、 Cl^- 、 Br^- 、

OH^- 、 CN^- 等；若配位基與金屬原子或陽離子結合時，可提供兩對或兩對以上孤對電子者，稱為多牙配位基，如可提供兩對孤對電子的 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 、 $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ (乙二胺) 與可提供六對孤對電子的 EDTA^{4-} (乙二胺四乙酸根) 等，參考圖 21-2。金屬原子或陽離子形成錯離子時，所吸引之孤對電子數目稱為配位數 (coordination number)，即配位共價鍵的總數，如六氨鉈 (III) 離子 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ 的配位數為 6，四氰鎳離子 $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ 的配位數為 4，參考圖 21-3。



▲圖 21-2 常見配位基

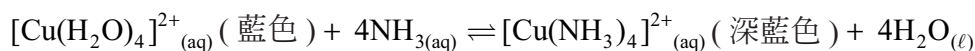


▲圖 21-3 配位基與金屬離子的結合

錯鹽的合成可利用取代反應進行，將欲鍵結的配位基取代原鍵結的配位基，由於反應通常在水溶液中進行，故原先與金屬離子鍵結的配位基即水分子，當溶液中加入取代配位的反應物時，會導致取代反應進行，如 $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ 與氨水作用，水分子可被氨取代而生成 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ (如圖 21-4 所示)，反應式如下。



▲圖 21-4 左為 $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ ；右為 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$



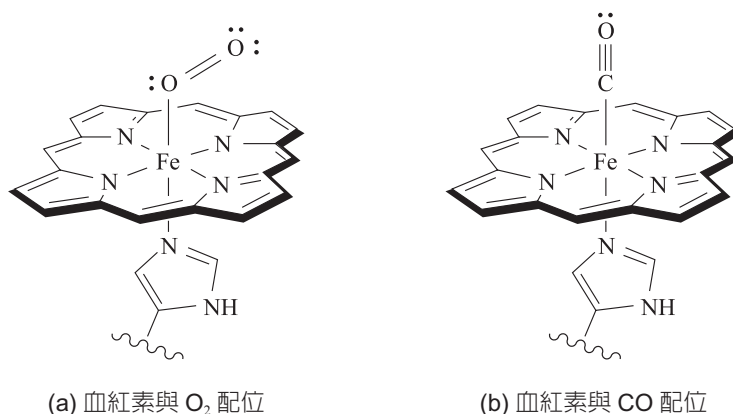
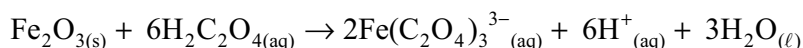
錯離子的形成反應符合化學平衡定律，因此，我們改變反應條件就可控制反應進行的方向。以前述的反應式為例，若溶液中氨水維持一定的高濃度，即可確定反應向右進行，相反的，若降低氨水濃度，例如在溶液中加入酸，使 NH_3 變成 NH_4^+ 而無法形成鍵結，則可使反應改向左進行，而生成 $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ 。

本實驗將利用硫酸銅 ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 與氨水作用，製備深藍色的水合硫酸四氨銅 ($[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)，其反應式如下。



二、錯鹽的性質

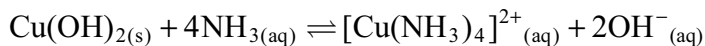
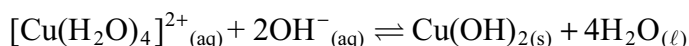
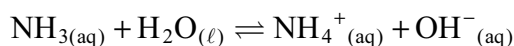
錯鹽的性質相當廣泛，如有些錯鹽很穩定、有些則很不穩定；有些易溶於水、有些易溶於非極性溶劑；有些具揮發性、有些則無，除此之外，錯鹽也會因為其結構的不同而呈現各種顏色。大部分錯鹽不論是固態或是在水溶液中皆具有顏色，而不同陽離子價數、配位基種類或個數皆可使水溶液呈不同顏色。我們體內的血紅素亦為鐵組成的配位化合物，其可與 O_2 配位而呈鮮紅色，但 CO 與血紅素中 Fe^{2+} 之結合力較 O_2 更穩定，故若吸入 CO 會造成組織細胞缺氧（圖 21-5）；另一個常見錯合物為葉綠素，結構與血紅素相似，但由鎂組成，其可吸收太陽能以進行光合作用；常見的鐵鏽可使用草酸除去，也是因為可反應生成穩定的錯離子，反應式如下。



▲ 圖 21-5 血紅素的配位型態

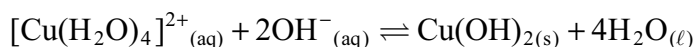
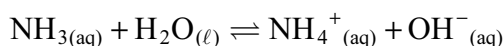
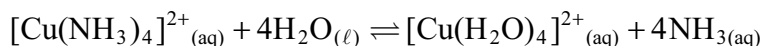
本實驗將觀察下述性質。

1. 正鹽以 $CuSO_4$ 為例，觀察其外觀並加水溶解後，慢慢加入氨水，初期生成淡藍色 $Cu(OH)_2$ 沉澱，繼續加入氨水則可與 $Cu(OH)_2$ 作用產生 $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ ，故形成深藍色的澄清溶液，反應如下。

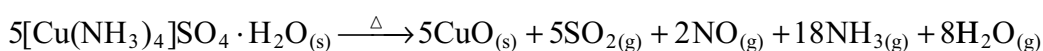


2. 錯鹽則以自製的 $[Cu(NH_3)_4]SO_4 \cdot H_2O$ 為例。

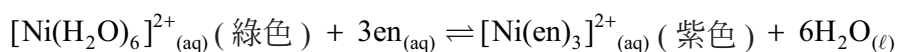
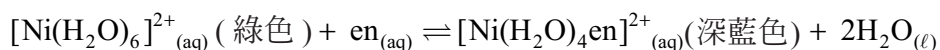
- (1) 觀察 $[Cu(NH_3)_4]SO_4 \cdot H_2O$ 外觀並加水溶解後，可解離出 $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ ，形成深藍色溶液，再繼續加水則可生成淡藍色 $Cu(OH)_2$ 沉澱，反應式如下。



- (2) 加熱 $[Cu(NH_3)_4]SO_4 \cdot H_2O$ 可察覺到氨與二氧化硫的氣味，且會析出黑色的氧化銅，反應式如下。



3. 觀察綠色的硫酸鎳 (NiSO_4) 溶液與不同量之乙二胺 ($\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ ，簡寫 en) 溶液混合產生各種不同的鎳錯離子，反應式如下。



21-2 實習活動 I - 以廢鋁罐中的鋁製造明礬

實驗目的

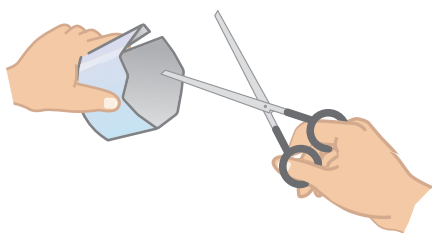
1. 熟悉鋁及其化合物之性質。
2. 熟悉如何將廢鋁罐回收製成明礬。

器材藥品

名稱	規格	數量
廢鋁罐		1 個
砂紙		1 張
剪刀		1 支
燒杯	250 mL	2 個
水浴鍋		1 個
攪拌棒		1 支
玻璃漏斗		1 個
溫度計		1 支
量筒	10 mL	1 個
滴管		2 支
稱量紙		數張
抽氣過濾裝置		1 組
布氏漏斗		1 個
電子天平	精密度 0.0001 g	1 臺
電熱板		1 臺
濾紙		2 張
氫氧化鉀	1.5 M	20 mL
硫酸	9 M	10 mL
冰塊		適量
酒精水溶液	50%	5 mL
刮勺		1 個
錶玻璃		1 個

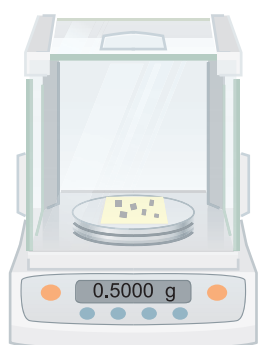
實驗步驟

步驟 1



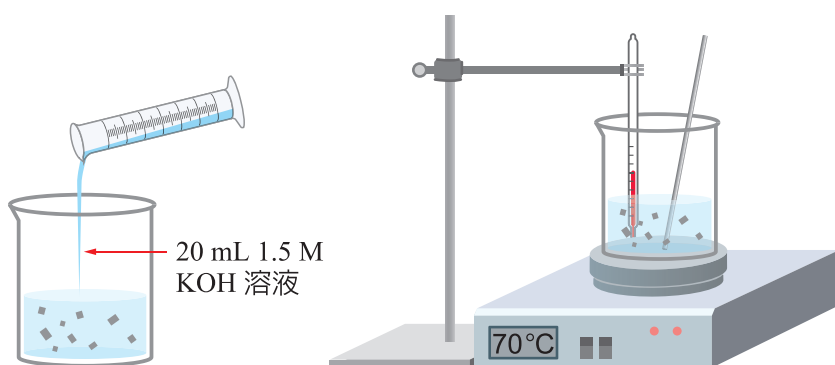
自備一個廢鋁罐並剪成約 $5 \times 5 \text{ cm}^2$ 大小，以砂紙磨除表面顏料、油漆和透明塑膠內襯。

步驟 2



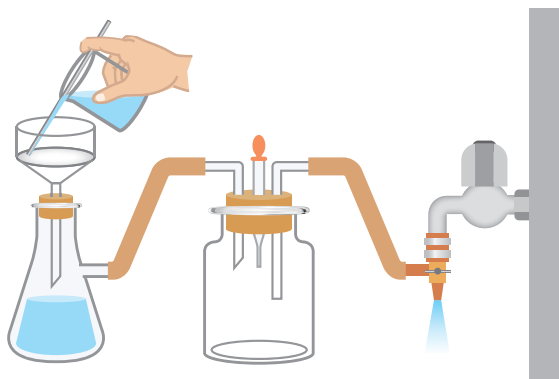
將磨光後的鋁片，剪成 $0.5 \text{ cm} \times 0.5 \text{ cm}$ 小鋁片，取約 0.5 g 的鋁片精稱其重量並記錄。

步驟 3



將稱好的鋁片置於 250 mL 燒杯中，加入 20 mL 1.5 M KOH 溶液，置於通風櫥中以電熱板加熱，控制溫度低於 70°C ，當不再產生氫氣後，即表示反應結束。

步驟 4



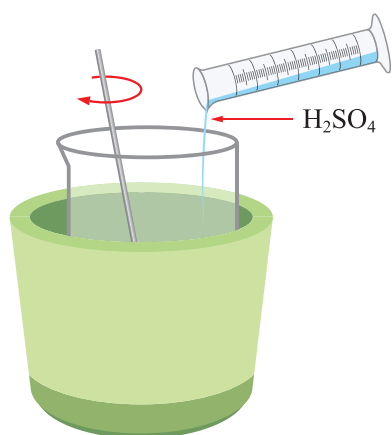
趁熱利用抽氣過濾法過濾此溶液，再以少量水沖洗燒杯並過濾，記錄濾紙上的殘留物和濾液顏色。

步驟 5



收集濾液，將濾液倒入 250 mL 燒杯中，再以少量蒸餾水潤洗抽濾瓶後倒入燒杯內。

步驟 6



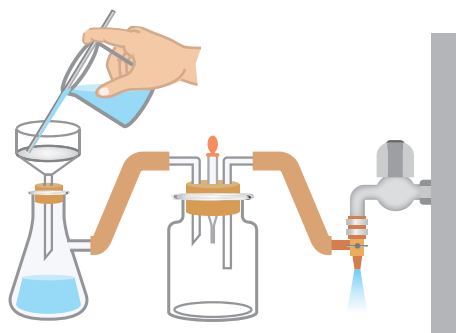
將燒杯置於水浴鍋內冷卻，緩緩加入 10 mL 9 M H_2SO_4 並攪拌，至無白色固態絮狀物殘留為止，若仍有沉澱物則加熱使其溶解，若加熱仍無法溶解，則可以重力過濾法過濾除去。

步驟 7



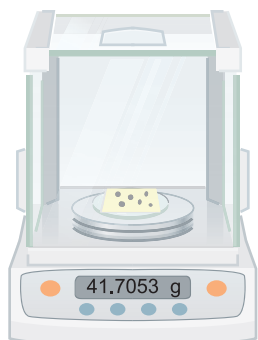
將燒杯置於冰浴中，不斷攪拌約 20 分鐘使明礬完全析出結晶。

步驟 8



取一張已稱重並記錄過的濾紙，利用抽氣過濾法收集固體，並以約 5 mL 的 50% 酒精水溶液清洗燒杯後倒入漏斗內過濾，以刮勺將生成物壓平在抽氣漏斗上，持續抽氣約 10 分鐘，使產物乾燥。

步驟 9



- (1) 取一錶玻璃精稱其重量並記錄。
- (2) 將濾紙連同結晶物置於錶玻璃上，精稱其重量並記錄。



充電小站

實驗注意事項

1. 裁剪鋁罐時，因其毛邊銳利，建議戴棉手套小心裁剪。
2. 以電熱板加熱時，應適時控溫至 70°C ，以免溶液發生突沸或造成燙傷。
3. 由於鋁片與 KOH 反應會放出氫氣，而氫氣與空氣混合後，在高溫下易爆燃，故須小心操作且不可靠近火源，因此加熱時建議在通風櫥內或具局部抽氣之裝置下操作。
4. 加熱時，溶液由無色轉成灰黑色，可能是因為油漆或塑膠未磨除乾淨導致，不影響實驗結果。
5. 第一次過濾時，應避免使用太多的水潤洗，以免之後無法形成過飽和溶液。
6. 因為加入硫酸的過程會放熱，故燒杯應置於水浴鍋內冷卻再加入硫酸以避免溶液噴濺。
7. 若冰浴時無明顯結晶析出，可能是濃度太稀薄而無法形成過飽和溶液，此時可將溶液重新加熱以除去多餘水分，再一次冰浴以析出結晶。

實驗數據記錄與分析

1. 鋁片重量， W_0 ：_____g
2. 濾紙殘留物顏色：_____，濾液顏色：_____
3. 濾紙重量， W_1 ：_____g
4. 錶玻璃重量， W_2 ：_____g
5. 濾紙 + 錶玻璃 + 產物重量， W_3 ：_____g
6. 產物重量， W_4 ：_____g

計算過程：

$$W_4 = W_3 - W_1 - W_2$$

7. 產物中之鋁重量， W_5 ：_____g

計算過程：

$$W_5 = W_4 \times \frac{\text{Al}}{\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}}$$

8. 鋁的回收率， R ：_____%

計算過程：

$$R = \frac{W_5}{W_0} \times 100\%$$

問題與討論

1. 請寫出鋁與氫氧化鉀溶液之反應式。
2. 鋁片加入 KOH 溶解後，再於此溶液中加入 H_2SO_4 會發生什麼變化？
3. 以廢鋁罐中的鋁製造明礬實驗中，將鋁片與 KOH 反應，會利用電熱板加快反應速度，請問此步驟若改使用本生燈會有什麼影響？
4. 以廢鋁罐中的鋁製造明礬實驗中，將鋁片與 KOH 反應後會加入硫酸作用，請問加入硫酸時，為何要置於水浴鍋內冷卻？
5. 製備明礬時為何要以酒精水溶液清洗明礬晶體？

21-3 實習活動 II - 錯鹽的製備與性質

實驗目的

1. 熟悉錯鹽的製備方法。
2. 熟悉錯鹽的性質。

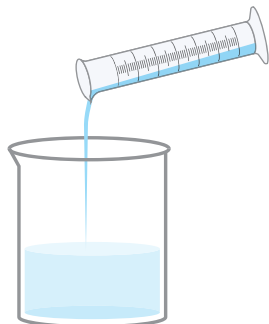
器材藥品

名稱	規格	數量
燒杯	100 mL	1 個
量筒	10 mL	1 個
攪拌棒		1 支
錶玻璃		1 個
刮勺		2 支
抽氣過濾裝置		1 組
濾紙		2 張
試管		6 支
試管夾		1 個
硬試管		1 支
滴管		5 支
電子天平	精密度 0.0001 g	1 臺
點火槍		1 支
本生燈		1 組
烘箱		1 臺
濃氨水		15 mL
氨水	6 M	5 mL
硫酸銅晶體	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	5 g
無水硫酸銅		0.5 g
酒精	95%	20 mL
硫酸鎳溶液	0.5 M	2 mL
乙二醇水溶液	0.5 M	15 mL

實驗步驟

一、水合硫酸四氨銅 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的製備

步驟 1



取 8 mL 之濃氨水置於 100 mL 燒杯內，並加 5 mL 水稀釋。

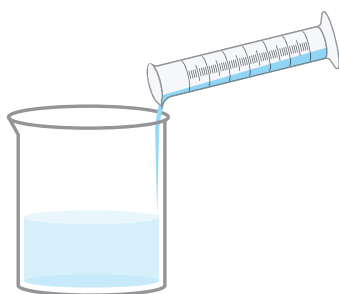
步驟 2



精稱約 5 g 硫酸銅晶體並記錄後，倒入前述燒杯內攪拌至全部溶解。

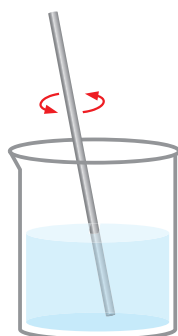
- (1) 使用稱差法，記錄硫酸銅晶體淨重。
- (2) 記入克數至小數點後四位。

步驟 3



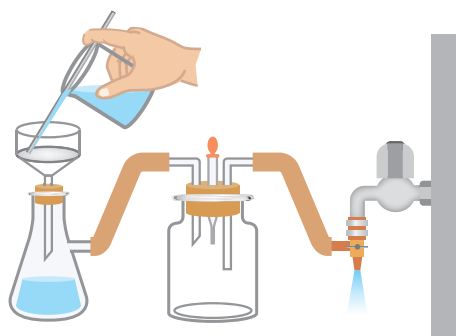
沿著燒杯壁緩緩加入 8 mL 的酒精以覆蓋整個溶液，切勿攪拌，以錶玻璃覆蓋燒杯後靜置過夜。

步驟 4



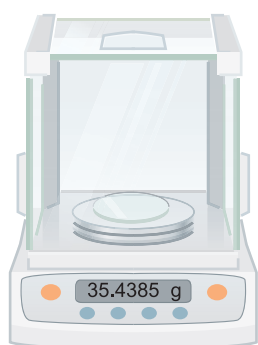
以攪拌棒輕輕攪拌使沉澱更完全。

步驟 5



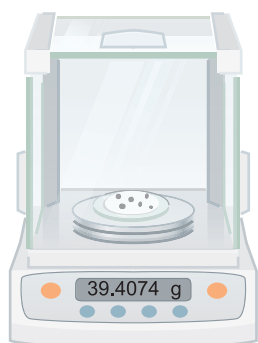
- (1) 取一張已稱過並記錄過的濾紙利用抽氣過濾法收集固體。
- (2) 取濃氨水 5 mL 與等量酒精的混合溶液將燒杯內的殘留沉澱沖進漏斗。
- (3) 以 5 mL 酒精沖洗晶體。
- (4) 以刮勺將生成物壓平在抽氣漏斗上，持續抽氣約 10 分鐘，使產物乾燥。

步驟 6



取一潔淨錶玻璃精稱其重量並記錄。

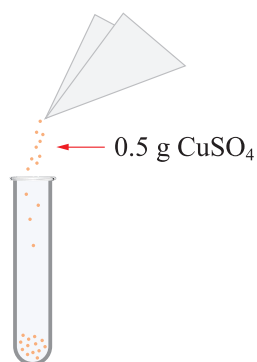
步驟 7



將濾紙連同結晶物置於錶玻璃上，放入烘箱乾燥後，精稱其重量與記錄。

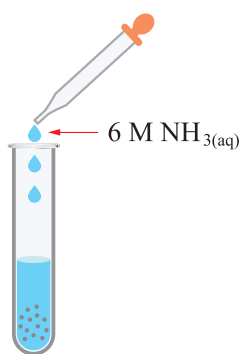
二、錯鹽與正鹽的性質檢驗

步驟 1



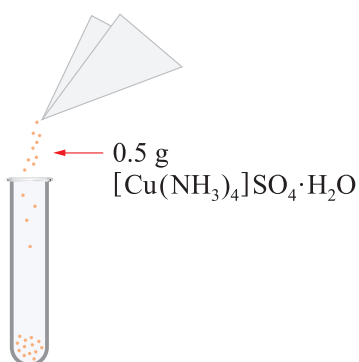
觀察無水硫酸銅外觀後，稱取 0.5 g 置於試管中並加蒸餾水約 5 mL，記錄其顏色。

步驟 2



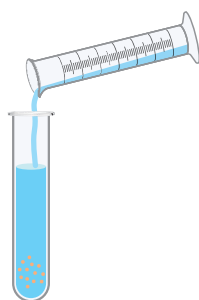
取 5 mL 之 6 M 氨水，以滴管慢慢滴入試管中，觀察其變化並記錄。

步驟 3



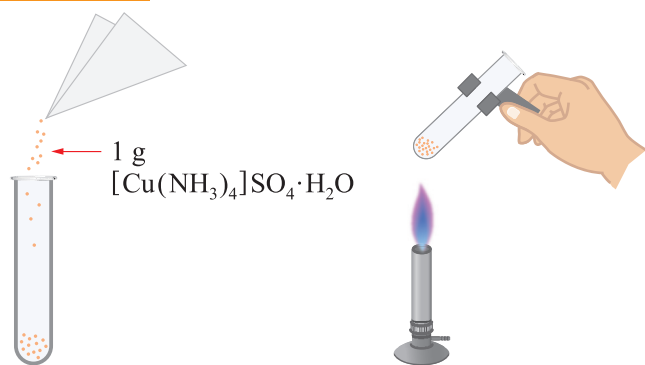
觀察自製錯鹽 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 外觀後，稱取 0.5 g 置於試管中並加蒸餾水約 5 mL，記錄其顏色。

步驟 4



加入 20 mL 蒸餾水稀釋觀察其變化。

步驟 5

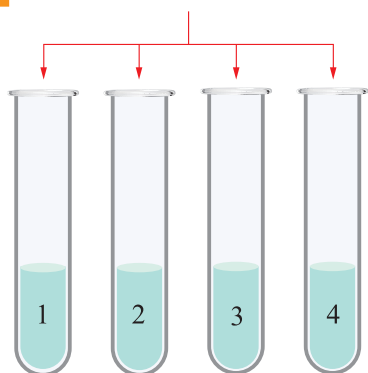


取 1 g 自製的錯鹽置於硬試管中，以小火稍微加熱，觀察其變化。

三、鎳錯離子的顏色觀察

步驟 1

2 mL 0.5 M 硫酸鎳溶液

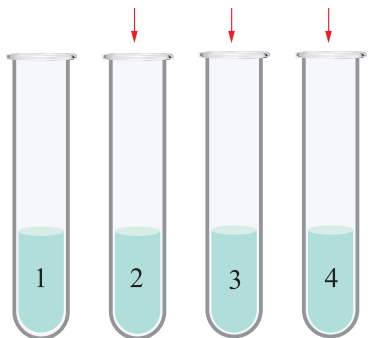


準備 4 支試管，分別加入 2 mL 的 0.5 M 硫酸鎳溶液，編號 1 ~ 4。

步驟 2

0.5 M 乙二胺水溶液

2.5 mL 4.5 mL 6.5 mL



- (1) 分別於 2 ~ 4 號試管內加入 2.5 mL、4.5 mL、6.5 mL 的 0.5 M 乙二胺水溶液。
- (2) 搖動試管，觀察並記錄溶液顏色。



充電小站

實驗注意事項

1. 進行抽氣過濾操作時，可先以少量去離子水潤濕濾紙使其與布氏漏斗緊密貼合而無間隙。
2. 製備水合硫酸四氨銅時，酒精須緩慢加入且切勿攪拌，以利獲得大顆粒晶體。
3. 以本生燈加熱硬試管時，應使試管傾斜並來回移動，切勿定點加熱，管口不可朝向他人，避免發生危險。
4. 實驗完成後，剩餘氨水可以稀鹽酸中和後再以大量水稀釋放流。

實驗數據記錄與分析

一、水合硫酸四氨銅 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的製備

1. 硫酸銅晶體重， W_0 ：_____g
2. 硫酸銅晶體莫耳數， n_0 ：_____mol

計算過程：

$$n_0 = \frac{W_0}{M_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}}$$

3. 濾紙重量， W_1 ：_____g
4. 錶玻璃重量， W_2 ：_____g
5. 濾紙 + 錶玻璃 + 產物重量， W_3 ：_____g
6. 產物重量， W_4 ：_____g

計算過程：

$$W_4 = W_3 - W_1 - W_2$$

7. 水合硫酸四氨銅理論產量， W_i ：_____g (氨水為過量)

計算過程：

$$W_i = n_0 \times M_{\text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}}$$

8. 水合硫酸四氨銅產率， y ：_____%

計算過程：

$$y = \frac{W_4}{W_i} \times 100\%$$

二、錯鹽與正鹽的性質檢驗

1. 無水硫酸銅顏色：_____。
 - (1) 加水後之溶液顏色：_____。
 - (2) 加氨水後之溶液變化：_____。
2. 水合硫酸四氨銅顏色：_____。
 - (1) 加 5 mL 蒸餾水後之溶液顏色：_____。
 - (2) 再加 20 mL 蒸餾水之溶液顏色：_____。
 - (3) 加熱後變化：_____。

三、鎳錯離子的顏色觀察

編號	1	2	3	4
硫酸鎳體積 (mL)				
加入乙二醇體積 (mL)				
混合後溶液顏色				

問題與討論

1. 錯鹽的製備實驗中，無水硫酸銅加入水後，再加入氨水的過程中所發生的變化分別是因為產生什麼？
2. 硫酸銅與氨水反應製成水合硫酸四氨銅晶體時，為何加入酒精要沿著燒杯壁緩緩加入且不要攪拌？
3. 水合硫酸四氨銅晶體加水稀釋後有何變化？請寫出反應式。
4. 水合硫酸四氨銅晶體置於硬試管中加熱會發生什麼反應？
5. 於硫酸鎳溶液中慢慢加入乙二醇溶液，可以觀察到顏色如何變化？



重點整理

一、以廢鋁罐中的鋁製造明礬

1. 鋁是地殼中含量高居第三位的元素，約占地殼的 8.2%，僅次於氧、矽。
2. $\text{Al}(\text{OH})_3$ 同時兼具酸與鹼的性質，可與鹼也可與酸作用，稱為兩性物質，其他如 $\text{Sb}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Sn}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Ga}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Ti}(\text{OH})_4$ 等亦為兩性物質。
3. 明礬中的 Al^{3+} 在水中會水解生成膠體型態的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 以吸附水中的懸浮物質而凝聚沉降，故明礬可用於水的淨化。

二、錯鹽的製備與性質

1. 具有空軌域的金屬原子或陽離子與具有孤對電子的陰離子或分子之間可形成配位共價鍵而穩定結合，此種帶電荷之原子團稱為錯離子。
2. 錯離子中具有孤對電子的陰離子或分子稱為配位基。
3. 大部分錯鹽不論是固態或是在水溶液中皆具有顏色，而不同陽離子數，配位基種類或個數皆可使水溶液呈不同顏色。

- () 1. 地殼中含量第三高的元素為下列何者？
(A) 矽 (B) 鋁 (C) 氧 (D) 鈣
- () 2. 鋁片與氫氧化鉀溶液反應可產生下列何種氣體？
(A) 氫氣 (B) 氧氣 (C) 一氧化碳 (D) 二氧化碳
- () 3. 鋁片與氫氧化鉀溶液作用後再加入硫酸，可產生白色絮狀沉澱物，此物質為下列何者？
(A) $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (B) K_2SO_4 (C) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (D) $\text{Al}(\text{OH})_3$
- () 4. 下列何種物質無法溶解於 KOH 溶液？
(A) $\text{Al}(\text{OH})_3$ (B) $\text{Cr}(\text{OH})_3$ (C) $\text{Zn}(\text{OH})_2$ (D) $\text{Mg}(\text{OH})_2$
- () 5. 以廢鋁罐中的鋁製造明礬實驗中，下列敘述何者錯誤？
(A) 鋁片可與氫氧化鉀反應產生氫氧化鋁沉澱
(B) $\text{Al}(\text{OH})_3$ 可與酸作用產生 Al^{3+}
(C) $\text{Al}(\text{OH})_3$ 可與鹼作用產生 $\text{Al}(\text{OH})_4^-$
(D) 製造出含明礬之溶液後，可降低溫度至達過飽和而析出明礬結晶。
- () 6. 血紅素中含有下列哪一種金屬？
(A) Mg (B) Cu (C) Fe (D) K
- () 7. 下列何者為錯鹽？
(A) $\text{Cu}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (B) $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ (C) CuSO_4 (D) $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
- () 8. 下列何種錯離子為綠色？(en 表示 $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$)
(A) $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ (B) $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_4\text{en}]^{2+}$ (C) $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{en})_2]^{2+}$ (D) $[\text{Ni}(\text{en})_3]^{2+}$
- () 9. 將水合硫酸四氨銅的結晶加熱，最後會產生黑色的固體，此固體可能為下列何者？
(A) $\text{Cu}(\text{OH})_2$ (B) Cu_2O (C) CuO (D) CuSO_4
- () 10. 於硫酸鎳溶液中漸漸加入乙二胺水溶液，則溶液最後會呈現何種顏色？
(A) 綠色 (B) 紅色 (C) 藍色 (D) 紫色

[illegible]