

## 由廢鋁罐製備明礬

- 國立臺灣大學化學系，大學普通化學實驗第 16 版，國立臺灣大學化學系：台北，民國 113 年。
- 版權所有，若需轉載請先徵得同意；疏漏之處，敬請指正。
- 臺大化學系普化教學組羅聲晴助教（2007.02）、林哲仁助教（2011.07）、張馨云助教（2016.11）、佘瑞琳講師（2024.09）。

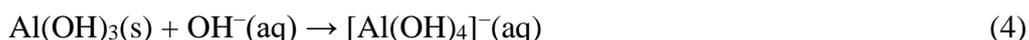
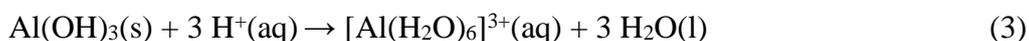
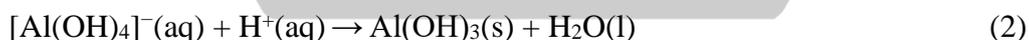
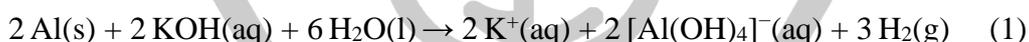
一、目的：回收廢棄罐製成明礬，利用取代反應製成鉻鋁明礬大結晶。

二、實驗技能：學習藥品稱量、液體量取、重力過濾法、抽氣過濾法、再結晶的分離純化及養晶技術。

三、原理：

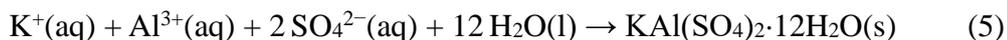
（一）合成鋁明礬

鋁是活性金屬，但因其表面常被一層氧化鋁保護著而與稀酸反應很慢。鹼性溶液可溶解此氧化層，進一步與鋁進行氧化還原反應，在過量的鹼中形成可溶解的  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ （式 1）。當加入酸時先移去一個  $\text{OH}^-$ ，產生白色  $\text{Al}(\text{OH})_3$  凝膠狀沉澱（式 2）；繼續加酸與  $\text{Al}(\text{OH})_3$  反應，生成  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  溶解於酸中（式 3）。若加鹼於  $\text{Al}(\text{OH})_3$  中，則產生可溶的  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ （式 4）。 $\text{Al}(\text{OH})_3$  既能當作鹼性物質溶解於酸中，又能當作酸性物質溶於鹼中，稱為兩性物質。



明礬（alum）通式為  $\text{M}_I^+ \text{M}_{II}^{3+} (\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ ，是離子化合物，能從含硫酸根、三價陽離子（如： $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Cr}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ ）和一價陽離子（如： $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{NH}_4^+$ ）的過飽和溶液中結晶出來，在適當條件下並可長成相當大的晶體。本實驗第一個目的即是利用廢棄的鋁罐依序與鹼和硫酸反應生成鋁明礬。鋁明礬結晶析出的平衡方程

式如式 5：



## (二) 鉻鋁明礬單晶之養成

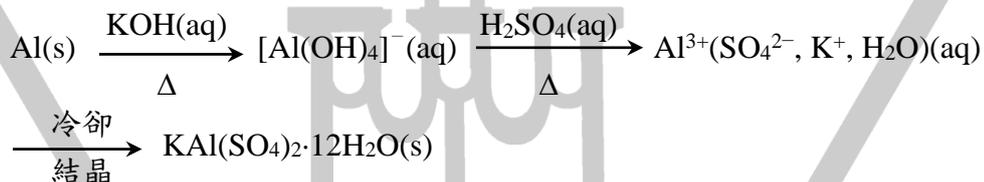
自然界沒有絕對的純物質，因為其中常含有雜質，譬如鋁明礬中的  $\text{K}^+$  或  $\text{Al}^{3+}$  可被其他陽離子取代，由於  $\text{Cr}^{3+}$  的電荷數和  $\text{Al}^{3+}$  相同，而且兩者大小相若， $\text{Cr}^{3+}$  很容易取代鋁明礬中的  $\text{Al}^{3+}$ ，利用這種性質，可以把鋁明礬變成鉻鋁明礬，反應如式 6：



**四、儀器與材料：**鋁質易開罐（自備）、濾紙、水流式抽氣機、玻棒、抽氣過濾瓶、布氏漏斗、橡膠套環、量筒、漏斗、鐵環、加熱攪拌器、燒杯（100、30 mL）、剪刀、磨砂紙、保麗龍湯杯（冰水浴用）、棉線、鋁箔紙、牙籤、凡士林。

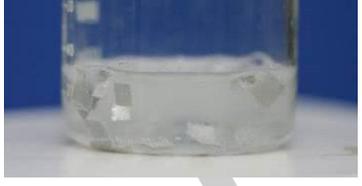
**五、藥品：**1.4 M 氫氧化鉀（potassium hydroxide, KOH）、9.0 M 硫酸（sulfuric acid,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ）、鋁明礬（aluminum potassium sulfate,  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ）、鉻明礬（chromic potassium sulfate,  $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ）、酒精/水（1:1, v/v）混合液。

## 六、實驗流程：



## 七、實驗步驟：

步驟		圖例
(一) 鋁明礬之製備		
1.	自備一個鋁質易開罐（非鐵罐）。	
2.	剪下約 5 cm × 5 cm 大小的鋁片一塊，以砂紙或磨甲機將內外表面均磨光並剪成小片。 <b>注意：鋁片易割傷手。</b> <b>註：此步驟可於實驗課前先完成，建議戴棉布手套操作。</b>	

	<p>3. 稱取約 0.5 g 之鋁片，記錄精確重量。</p>	
<p>4.</p>	<p>將鋁片置於 100 mL 燒杯內，加入 25 mL 之 1.4 M KOH。於排煙櫃中使用加熱攪拌器略微加熱，以促進反應。</p> <p>註：鋁片和 KOH(aq)反應會產生氫氣並伴隨惡臭，務必在排煙櫃中進行，且忌與火源接近。</p>	
<p>5.</p>	<p>反應過程中，觀察鋁片在水中有週期升降（上下浮沉）的現象，試解釋其可能原因。當氫氣不再冒出即表示反應完全。</p>	
<p>6.</p>	<p>以抽氣過濾法過濾此熱溶液。再利用滴管吸取去離子水（約 1 mL），潤洗燒杯並將清洗液倒入抽氣漏斗中過濾。</p> <p>註：鋁明礬可溶於水，潤洗用之去離子水宜儘量減少。</p>	
<p>7.</p>	<p>將澄清濾液倒入 100 mL 燒杯中，以少量去離子水（約 1 mL）潤洗過濾瓶，再併入燒杯溶液中。將燒杯置於水浴中，緩慢加入 10 mL 之 9 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>。</p> <p>註：加酸過程反應會放熱，應置於冷水浴中。</p>	
<p>8.</p>	<p>加入硫酸後，有白色的 Al(OH)<sub>3</sub> 凝膠狀沉澱生成。將燒杯外壁的水擦乾，再置於加熱攪拌器上加熱至沸騰，以玻棒攪拌使固體全溶。</p> <p>註：最後溶液總體積應維持在約 30 mL 以內，以免溶液未達過飽和，鋁明礬無法結晶析出。</p>	

9.	<p>將步驟 8 之澄清溶液(此時溶液中含有 <math>\text{Al}^{3+}</math>、<math>\text{K}^{+}</math>、<math>\text{SO}_4^{2-}</math>) 靜置冷卻至室溫，若無結晶生成，可用玻棒上下刮器壁，誘導結晶產生；再以冰水浴冷卻之，使明礬結晶完全。</p> <p>註：若冰浴後仍無結晶析出，可能是溶液濃度太稀未達飽和，試想該如何處理？</p>	
10.	<p>(1) 利用抽氣過濾法收集產物，並用玻棒將產物壓散鋪平後，以約 4 mL 預冷之酒精與水 (1:1, v/v) 混合液，分次潤洗燒杯及清洗布氏漏斗內的產物。</p> <p>(2) 持續抽氣 10 分鐘使產物乾燥，收集產物，稱其精確重量並計算產率。</p> <p>(3) 回收剩餘鋁片及產物鋁明礬於指定容器中。</p> <p>註：清洗用之酒精與水混合液切勿過量，以避免鋁明礬溶解。</p>	
(二) 鉻鋁明礬之製備		
11.	<p>按照表 7-1 取定量之鋁明礬、鉻明礬及去離子水置於 100 mL 燒杯中，加熱攪拌溶液至溶液沸騰、全部固體溶解。</p> <p>註：提高加熱板加熱溫度，讓溶液儘速沸騰，以免水分蒸發導致濃度過高而析出大量小結晶；總溶液體積介於 20~25 mL。</p>	
12.	<p>趁熱以重力過濾除去雜質並收集濾液於一個洗乾淨的 30 mL 燒杯中，靜置溶液放冷。</p> <p>註：30 mL 燒杯應先刷洗乾淨。</p>	
13.	<p>(1) 取約 10 cm 長的棉線，將線的一端繫結在牙籤上。</p> <p>(2) 線的另一端綁住一顆具有良好結晶面且大小適中的鋁明礬結晶作為晶種，剪掉過長的線尾。</p> <p>(3) 懸線上塗抹些許凡士林以防結晶長在线上。</p> <p>註：勿將凡士林塗到晶種。</p>	 

14.	<p>待鉻鋁明礬混合溶液冷卻到室溫後，調整晶種懸線長度（圖 1），使晶種恰可懸掛在燒杯內溶液的中央位置，並以膠帶固定牙籤位置，靜置長晶 2~3 週。</p> <p>註：需確定混合溶液已冷卻，才將晶種置入，否則晶種可能會溶解。</p>	
15.	<p>取出結晶，觀察晶形、顏色及大小。</p>	
16.	<p>(1) 剩餘含重金屬鉻之溶液，應倒於廢液回收桶內回收處理。</p> <p>(2) 晶析於 30 mL 燒杯底部的晶體，可取出、回收作為晶種。</p> <p>(3) 刷洗玻璃器皿、整理實驗桌，完成實驗。</p>	

表 1 鉻鋁明礬混晶製備之各成分取量

組別	鋁明礬 (g)	鉻明礬 (g)	去離子水 (mL)
A	3.5	0	25
B	3.0	0.5	25
C	3.0	1.0	25
D	3.0	2.0	25

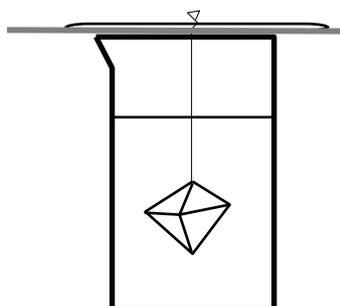


圖 1 鉻鋁明礬養晶裝置