

## 由廢鋁罐製備明礬

- 國立臺灣大學化學系，普通化學實驗，國立臺灣大學出版中心：台北，民國105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）。

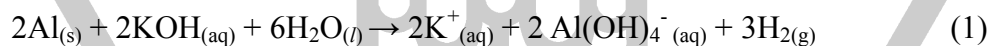
一、目的：回收廢棄罐製成明礬，利用取代反應製成鉻鋁明礬大結晶。

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。

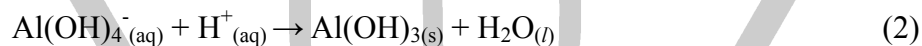
三、原理：

（一）合成鋁明礬

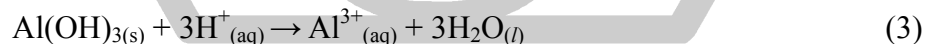
鋁是活潑的金屬，但與稀酸反應很慢，因其表面常被一層氧化鋁保護著；而鹼性溶液可溶解此氧化層，進一步再與鋁反應。鋁片與過量鹼反應形成可溶解的  $\text{Al(OH)}_4^-$ ：



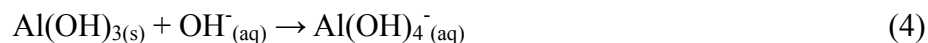
當加入酸時，可移去一個  $\text{OH}^-$ ，產生白色膠狀  $\text{Al(OH)}_3$  沉澱：



繼續加酸，則  $\text{Al(OH)}_3$  變成  $\text{Al}^{3+}$  溶解於酸中：



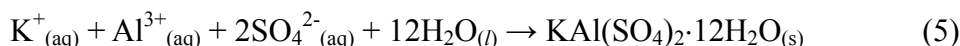
若將鹼加入  $\text{Al(OH)}_3$  中，則產生可溶解的  $\text{Al(OH)}_4^-$ ：



像  $\text{Al(OH)}_3$  這類既能當鹼又能當做酸的物質，稱為兩性物質（amphoteric substance），其它如： $\text{Sb(OH)}_3$ 、 $\text{Sn(OH)}_2$ 、 $\text{Sn(OH)}_4$ 、 $\text{Pb(OH)}_2$ 、 $\text{Cr(OH)}_3$ 、 $\text{Zn(OH)}_2$ 、 $\text{Ga(OH)}_3$  及  $\text{Ti(OH)}_4$  等均為兩性化合物。

明礬（Alum），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，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。結晶層中含

有 12 個水分子，其中 6 個與三價陽離子緊密結合，其餘 6 個與硫酸根及一價陽離子較弱結合。鋁明礬沈澱的平衡方程式如下：



## (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  $\text{Cr}^{3+}$  的氧化數和  $\text{Al}^{3+}$  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，反應式如下：

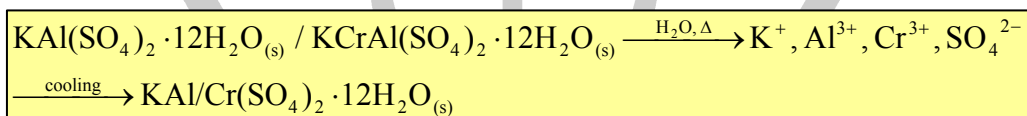
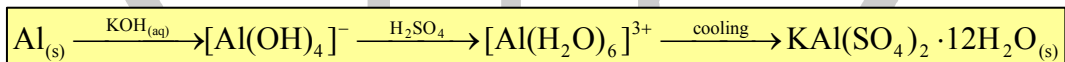


鉻是過渡金屬，其 3d 軌域分裂的能階差 ( $\Delta$ , *d-d splitting energy*) 正是可見光範圍，所以鉻明礬會呈現出顏色。本實驗用一粒鋁明礬的小晶體作晶核，在含鉻明礬及鋁明礬的飽和溶液中養出鉻鋁明礬的單晶以觀察其結構。


**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、電磁加熱攪拌器、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。


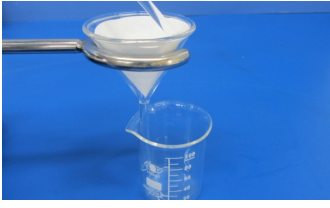



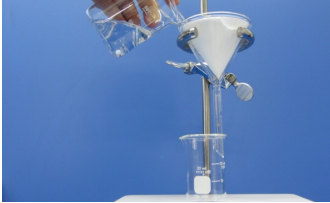
## 六、實驗流程：



## 七、實驗步驟：

步驟		示範
(一) 鋁明礬之製備		
1.	自備一個鋁質易開罐（非鐵罐）。	

2.	<p>剪下約 5 cm × 5 cm 大小的鋁片一塊，以砂紙將內外表面均磨光並剪成小片。</p> <p><b>注意：</b>鋁片易割傷手。</p> <p>註：此步驟可於實驗課前先完成。</p>	
3.	<p>稱取約 0.5 g 之鋁片，記錄精確重量。</p>	
4.	<p>將鋁片置於 100 mL 燒杯內，加入 25 mL 之 1.4 M KOH。於排煙櫃中使用電磁加熱攪拌器略微加熱，以促進反應。</p> <p>註：鋁片和 KOH<sub>(aq)</sub>反應會放出氫氣並伴隨有惡臭，務必在排煙櫃中進行，且忌與火源接近。電磁加熱攪拌器，參考實驗技能與示範影片。</p>	
5.	<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>	
6.	<p>以抽氣過濾法過濾此熱溶液。再利用滴管吸取蒸餾水(約 1 mL)，潤洗燒杯並將清洗液倒入抽氣漏斗中過濾。</p> <p>註 1：抽氣過濾，參考實驗技能與示範影片。</p> <p>註 2：潤洗用之蒸餾水宜盡量減少。</p>	
7.	<p>將澄清濾液倒入 100 mL 燒杯中，以少量蒸餾水(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，故置於冷水浴中。</p>	

8.	<p>加入硫酸後，有白色的 <math>\text{Al}(\text{OH})_3</math> 膠狀沉澱生成，將燒杯外壁的水擦乾，再置於電磁加熱攪拌器上加熱至沸騰以玻棒攪拌溶解之。若溶液沸騰後仍有其它不溶性固體雜質存在，則趁熱使用<b>重力過濾</b>除去之，不可使用抽氣過濾。</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，鋁明礬無法晶析出。重力過濾，參考實驗技能與示範影片。</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>利用抽氣過濾法收集產物，並用玻棒將產物壓碎鋪平後以約 3~4 mL 之酒精與水（1:1, v/v）混合溶液，潤洗燒杯及清洗漏斗內的產物數次，持續抽氣 10 分鐘使產物乾燥，稱其精確重量並計算產率。</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 1 取定量之鋁明礬、鉻明礬及蒸餾水置於 100 mL 燒杯中，加熱攪拌溶液至溶液沸騰全部固體溶解（鉻明礬較不易溶解）。</p> <p>註：溶液不應過度加熱，總溶液體積應介於 20~25 mL，以免濃度過高析出大量小結晶，或濃度過稀而成不飽和溶液。</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，溶液靜置放冷不擾動之。</p> <p>註：30 mL 燒杯應先刷洗乾淨。</p>	



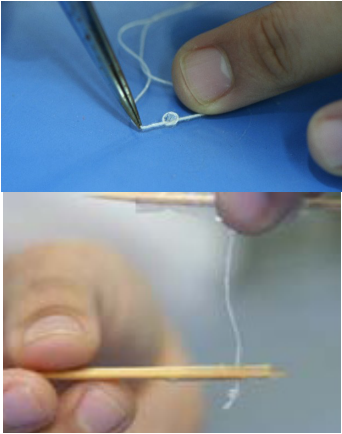



13.	<p>(1) 取約 10 cm 長的棉線，將線的一端繫結在牙籤上。</p> <p>(2) 線的另一端綁住一顆具有良好結晶面且大小適中的鋁明礬結晶作為晶種，過長的線尾剪掉。</p> <p>(3) 懸線上塗抹些許凡士林以防結晶長在线上。</p> <p>註：勿將凡士林塗到晶種。</p>	
14.	<p>待鉻鋁明礬混合溶液冷卻到室溫後，調整晶種懸線長度，使晶種恰可懸掛在燒杯內溶液的中央位置，靜置長晶二週（如圖 1 所示）。</p> <p>註：需確定混合溶液已冷卻，才將晶種置入，否則晶種可能會溶解。</p>	
15.	<p>取出結晶，觀察晶形、顏色及大小；可持續養晶數週。</p>	
16.	<p>剩餘之溶液含重金屬鉻，應倒於廢液回收桶內回收處理。</p>	

表 1 鉻鋁明礬混晶製備之各成份取量

組別	鋁明礬 (g)	鉻明礬 (g)	蒸餾水 (mL)
A	4	0	25
B	3	1	25
C	3	2	25
D	3	3	25

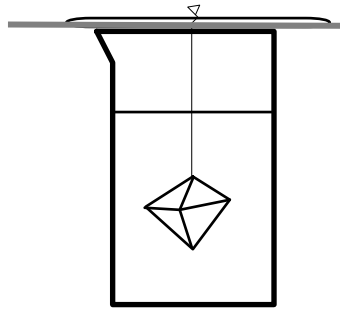


圖 1 鉻鋁明礬養晶裝置

八、參考資料：

1. Irgolic, K.; Peck, L.; O'Connor, R.; Glenn, P. *Fundamentals of Chemistry in the Laboratory*; 2nd ed., Burgess Publishing Co.: Minnesota, 1981; pp 35-48.
2. Pauling, L. *General Chemistry*; 3rd ed., W. H. Freeman and Co.: New York, 1970; pp 275, 634.
3. Wyckoff, R. W. G. *Crystal Structures*; 2nd ed., John Wiley & Sons Inc.: New York, 1965; pp 872-875.
4. *The Merck Index*; 11th ed., Budavari, S.; O'Neil, M. J.; Smith, A.; Heckelman, P. E., Eds.; Merck & Co., Inc.: New York, 1989; p 342.
5. Holden, A. and Morrison, P. *Crystals and Crystal Growing*; MIT Press: U.S.A., 1999.