

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國中-化學科

科 別：化 學 科

組 別：國 中 組

作品名稱：自然之鋁 - 廢鋁罐的回收與利用

關 鍵 詞：明 礬、廢鋁罐

編 號：030215

學校名稱：

彰化縣立伸港國民中學

作者姓名：

劉眉均、洪育宗、柯柏伸

指導老師：

廖晏生、陳明莉



摘 要

日常生活中，隨處可見被拋棄的廢鋁罐，這些廢鋁罐若任其自然分解反應，約需一百年的時間才能完全分解，是一種不易被分解的廢棄物。

然而為了我們的地球及後代子孫，我們應竭盡所能地加以回收，所以在這次實驗中，我們試著利用很簡單的方法來回收廢鋁罐，並探討不同環境因素（例如表面積大小、溫度高低）、溶液的種類（例如酸、鹼）對鋁回收率之影響。結果發現影響明礬速率快慢有：

1.冰水浴溫度的高低 2.溶液是否達到飽和 3.放置時間的長短

尤其明礬結晶之冰水浴溫度在-2℃時，結晶析出量可高達7.225克；硫酸濃度在9M時，鋁的回收率最好，為83.2%。另外我們也觀察得到的明礬晶體，發現它為透明八面晶體。

所以只要我們有心愛護環境，致力於廢棄物的回收,善用有效方法，將可達到資源的再利用，減少環境的惡化。

一、研究動機

日常生活中，隨處可見被拋棄的飲料罐，其中以鋁、鐵製品較多。鋁罐若任其自然分解反應，約需一百年的時間才能完全分解，是一種不易被分解的廢棄物。於是看到教室後面回收籃的鋁罐，堆疊成一大堆，他們除了送去回收場處理，直接產生新的「再製鋁」製品，難道就沒有其他可回收的方法嗎？或許使用一些其他方法變成另一種可利用的物質，這個問題看似簡單，但仔細想一想實在也不容易；便與老師及同學們互相研討，最後決定做此可回收且回收率很高的實驗。因為我們有義務從廢棄物中，將可以再回收、利用的部分，竭盡所能地回收，以免後代子孫無資源可用，並可降低對「地球村」的危害。

二、研究目的

- (一) 將生活中常見的廢棄鋁罐，運用一些化學反應及操作，使其變成有用的產物——明礬。
- (二) 探討不同環境因素（表面積、溫度）、溶液的種類（酸鹼、濃度）對鋁回收之影響。
- (三) 學習一些實驗技巧，更可藉由廢棄物的回收，達到資源再利用，減低環境惡化。
- (四) 瞭解結晶製作過程與明礬再結晶。
- (五) 瞭解明礬的用途。

三、研究設備及器材

(一) 設備：

- | | |
|--------------|-------|
| 1. 減壓過濾裝置 | 1 組 |
| 2. 剪刀 | 1 把 |
| 3. 砂紙 | 數張 |
| 4. 燒杯 50ml | 數個 |
| 5. 燒杯 100ml | 5 個 |
| 6. 燒杯 250ml | 2 個 |
| 7. 燒杯 1000ml | 1 個 |
| 8. 吸量管 | 數個 |
| 9. 安全吸球 | 1 個 |
| 10. 錶玻璃 | 數個 |
| 11. 鐵絲 | 50 公分 |
| 12. 竹筷子 | 4 枝 |
| 13. 加熱器 | 1 臺 |
| 14. 滴管 | 數個 |
| 15. 電子天秤 | 1 臺 |

(二) 藥品：

1. 鋁片 (由廢鋁罐剪下)
2. 氫氧化鉀
3. 氯化鈉
4. 硫酸
5. 鹽酸
6. 酒精
7. 冰塊

四、實驗過程

(一) 明礬結晶製作

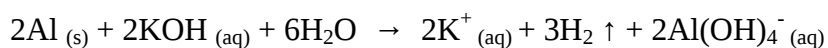
1. 自備廢棄鋁罐。
2. 將鋁罐剪開，裁出每片約 5 cm×5 cm 大小的鋁片。用砂紙磨去表面的油漆、顏料及透明塑膠內襯。
3. 將磨光後的鋁片剪成小片，秤取約 0.5g。
4. 把剪好，稱完的小鋁片放在 100ml 的燒杯中，加入不同濃度氫氧化鉀溶液，放入抽氣櫃中緩緩加熱。由於反應會產生氫氣，而氫與空氣混合後，在高溫下易爆，因此需小心操作，避免發生危險。
5. 反應進行中，應適時加入蒸餾水，以免溶液少於原溶液的一半。若溶液由無色變成灰黑色，則可能是因油漆或塑膠未磨除乾淨所致。
6. 加熱完全反應後，使氫氣不再產生時，代表反應結束。立即用抽氣過濾裝置來過濾此熱溶液。再利用少量的蒸餾水，分兩次潤洗燒杯並過濾。收取澄清濾液，捨棄殘留濾紙上的固體。
7. 將澄清濾液倒入另一個 100ml 燒杯中，以少量蒸餾水潤洗過濾瓶，併入濾液中。待濾液冷卻後，一邊攪拌，一邊將不同濃度 10ml 的硫酸緩慢加入此溶液中。
8. 將燒杯置於冰浴中（燒杯要恰好蓋滿冰塊的水），使明礬形成結晶析出，約 20 分鐘後，結晶大概完成。
9. 再次利用抽氣過濾裝置收集產物，為純白色的結晶顆粒。取酒精水溶液，先取一半潤洗裝置濾液的燒杯，潤洗液倒入漏斗內，再過濾。另一半用於清洗漏斗內的產物。用玻棒將產物瓶鋪在白色瓷漏斗上，持續抽氣 10 分鐘。當產物乾燥後，移到錶玻璃上，稱重並計算產率。（過濾前，錶玻璃應先稱重，才能得到明礬真正的重。）

(二) 明礬再結晶製作

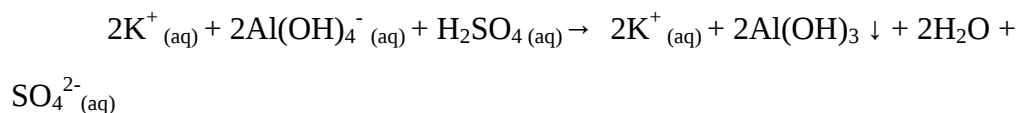
1. 在燒杯中加入適量的蒸餾水，並加熱使杯中明礬完全溶解。
2. 將熱的明礬溶液靜置、放冷，用軟鐵絲作成不同玩偶形狀，吊在飽和溶液中，靜置一段時間以後，玩偶上就會有許多美麗的結晶。

(三) 本實驗的反應式（依實驗順序）統整如下：

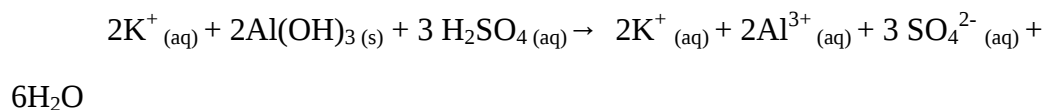
1. 鋁片與氫氧化鉀反應：



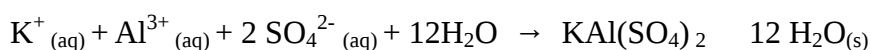
2. 溶液剛加入硫酸時：



3. 溶液繼續加入硫酸之後：



4. 明礬結晶的形成（冰浴之後）：



(四) 實驗所用相關公式如下：

1. 濃度

以 1 升溶液中所含的溶質莫耳數來表示濃度，叫做容積莫耳濃度，簡稱莫

$$\text{耳濃度 (M)} = \frac{\text{溶質莫耳數}}{\text{溶液體積 (升)}} \quad \text{溶質重} = \frac{\text{溶質重}}{\text{分子量}} \times \text{溶質莫耳數}$$

2. 明礬中所含鋁的重量

依據重量分析的計算，往往使用所謂重量因數方式進行。

$$\text{重量因數} = \frac{\text{所要求物質式量}}{\text{所測量物質式量}}$$

$$\text{明礬中所含鋁的重量} = \text{明礬重量} \times \frac{\text{鋁的分子量}}{\text{明礬分子量}}$$

3. 鋁的回收率

$$\text{鋁的回收率} = \frac{\text{明礬所含鋁的重量}}{\text{鋁片所稱取重量}} \times 100 \%$$

五、研究結果

實驗一 影響反應速率之因素

(一) 接觸面積【表一】

鋁片面積 (cm^2)	0.25×0.25	0.5×0.5	1.0×1.0	2.0×2.0
溶解時間 (分)	17 分 53 秒	26 分 28 秒	32 分 47 秒	37 分 55 秒

(條件：鋁片稱取約 0.5g、1.5 M KOH、溫度 60)

分析：鋁片單位面積愈小，接觸面與反應物碰撞機會高，溶解時間愈短，故反應速率也愈快。

(二) 溫度對反應速率【表二】

溫度 ()	30	40	50	60	70
溶解時間 (分)	100 分 3 秒	57 分 22 秒	39 分 48 秒	26 分 28 秒	20 分 58 秒

(條件：鋁片 $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ 、重量約 0.5g、1.5 M KOH)

分析：溫度愈高，反應物粒子間運動速率愈大，在單位時間內碰撞次數就愈多，而且碰撞時具有的能量愈大，故反應速率變快。

(三) 濃度對反應速率【表三】

KOH 濃度 (M)	0.50	1.0	1.5	2.0	2.5
溶解時間 (分)	50 分 08 秒	35 分 49 秒	26 分 28 秒	20 分 45 秒	15 分 47 秒

(條件：鋁片 $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ 、鋁片重量約 0.5g、溫度 60)

分析：反應物濃度愈大，其碰撞頻率愈大，縮短鋁片反應時間，故反應速率就愈快。

實驗二 明礬結晶之影響

(一) 不同的酸液 (H_2SO_4) 濃度 (加酒精水溶液清洗產物)【表四】

硫酸濃度 (M)	1.0	3.0	6.0	9.0	18.0
鋁片重 (g)	0.5058	0.5135	0.5052	0.4965	0.5010
明礬重量 (g)	0.7055	2.773	5.061	7.254	6.454
明礬所含鋁的重量 (g)	0.040	0.158	0.288	0.413	0.367
鋁的回收率 (%)	7.94	30.77	57.01	83.20	73.29

(條件：鋁片 $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ 、重量約 0.5g、1.5 M KOH、溫度 60 °C、反應時間 30 分、冰水浴 20 分)

(二) 不同的酸液 (H_2SO_4) 濃度 (不加酒精水溶液清洗產物)【表五】

硫酸濃度 (M)	1.0	3.0	6.0	9.0	18.0
鋁片重 (g)	0.5009	0.5052	0.5014	0.5040	0.4998
錶玻璃重 (g)	18.8644	18.6183	18.4324	18.4868	18.7175
明礬所含鋁的重量 (g)	—	0.026	0.069	0.100	0.030
鋁的回收率 (%)	—	5.15	13.76	19.84	6.07

(條件：鋁片 $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ 、重量約 0.5g、1.5 M KOH、溫度 60 °C、反應時間 30 分、冰水浴 20 分)

分析：1.不同硫酸濃度會影響明礬結晶量的多寡；而硫酸濃度在 9M 時，發現鋁的回收量高達 83.20%。

2.加酒精清洗產物，降低溶質的溶解度而使明礬析出，由【表四】

【表五】得知，加酒精清洗產物，使明礬結晶量比未加酒精清洗產物高很多。

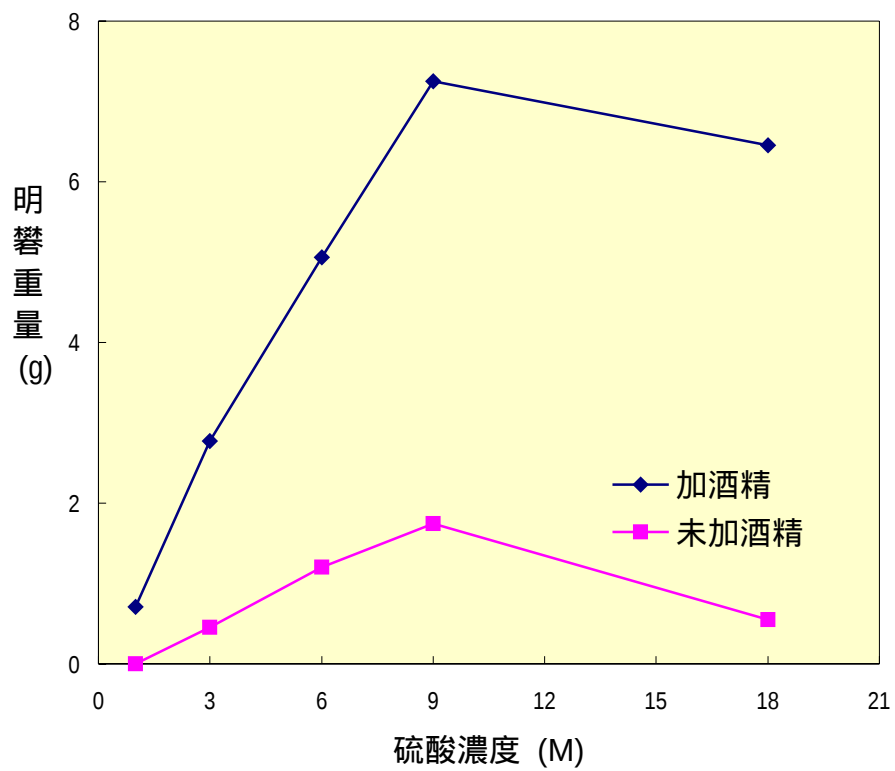


Fig.1 不同的硫酸濃度對明礬結晶之影響

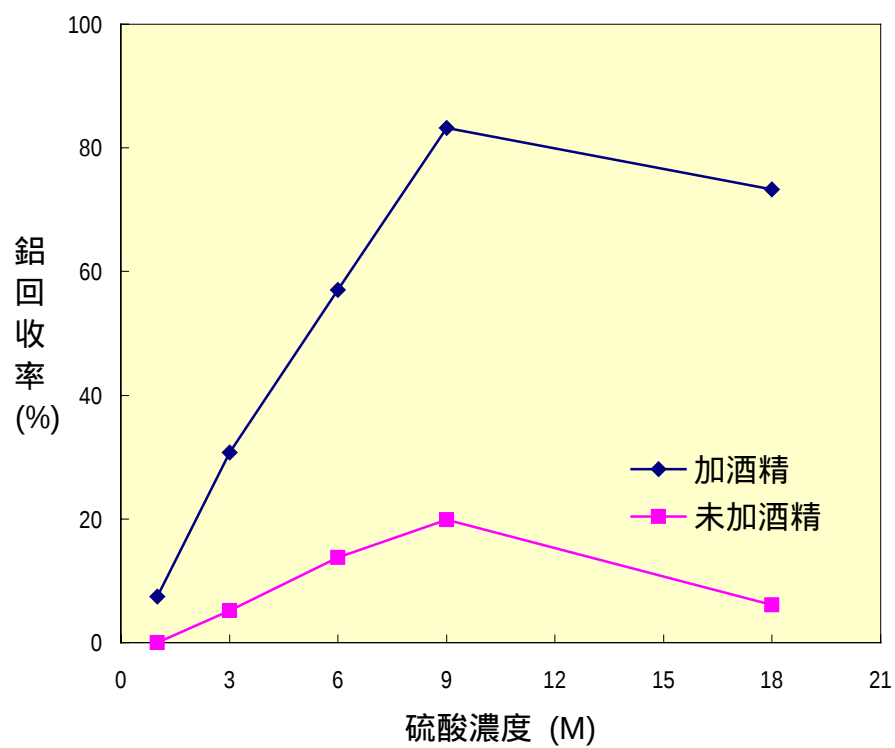


Fig.2 不同的硫酸濃度對鋁回收率之影響

(三) 不同的鹼液 (KOH) 濃度【表六】

氫氧化鉀 濃度 (M)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
鋁片重 (g)	0.5068	0.5039	0.5035	0.5003	0.5003
錶玻璃重 (g)	22.4630	22.5490	22.4954	22.5393	22.5819
濾紙重 (g)	0.22289	0.22289	0.22289	0.22289	0.22289
錶+濾+明礬 (g)	析出量少	23.9418	25.1635	27.2742	27.5608
明礬重量 (g)	—	1.170	2.445	4.512	4.756
明礬所含鋁 的重量 (g)	—	0.067	0.139	0.257	0.271
鋁的回收率 (%)	—	13.30	27.63	51.40	54.17

(條件：鋁片 $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ 、重量約 0.5g、溫度 60℃、反應時間 20 分、9M
硫酸、冰水浴 20 分)

分析：氫氧化鉀濃度愈高，加速反應物溶解形成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 膠體，對後續加工結晶的明礬析出量較多。

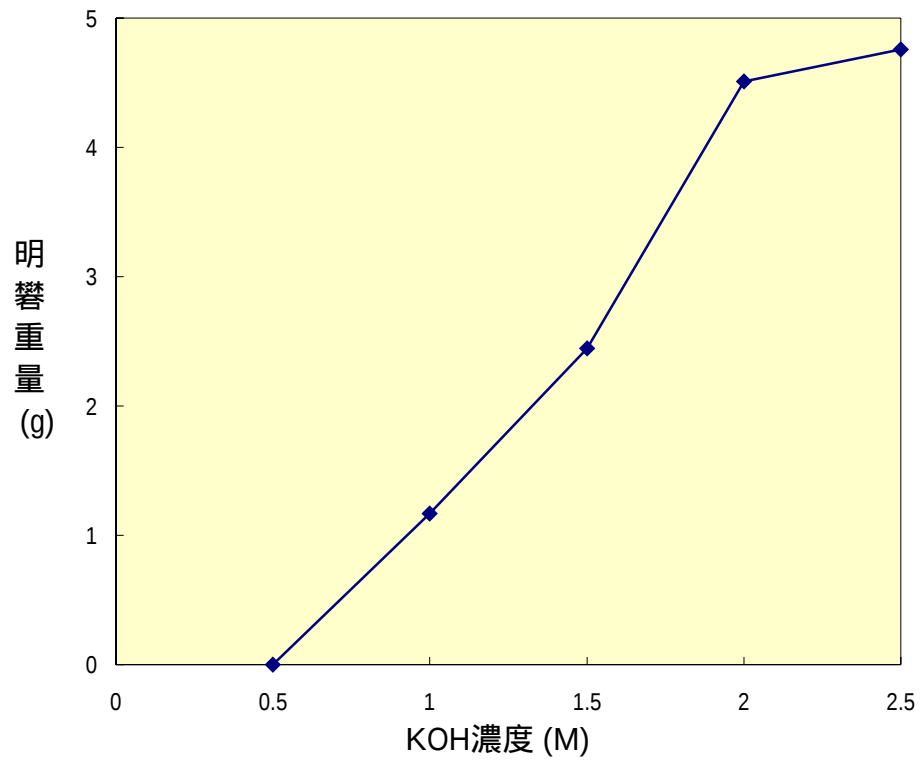


Fig.3 不同的 KOH 濃度對明礬結晶量之影響

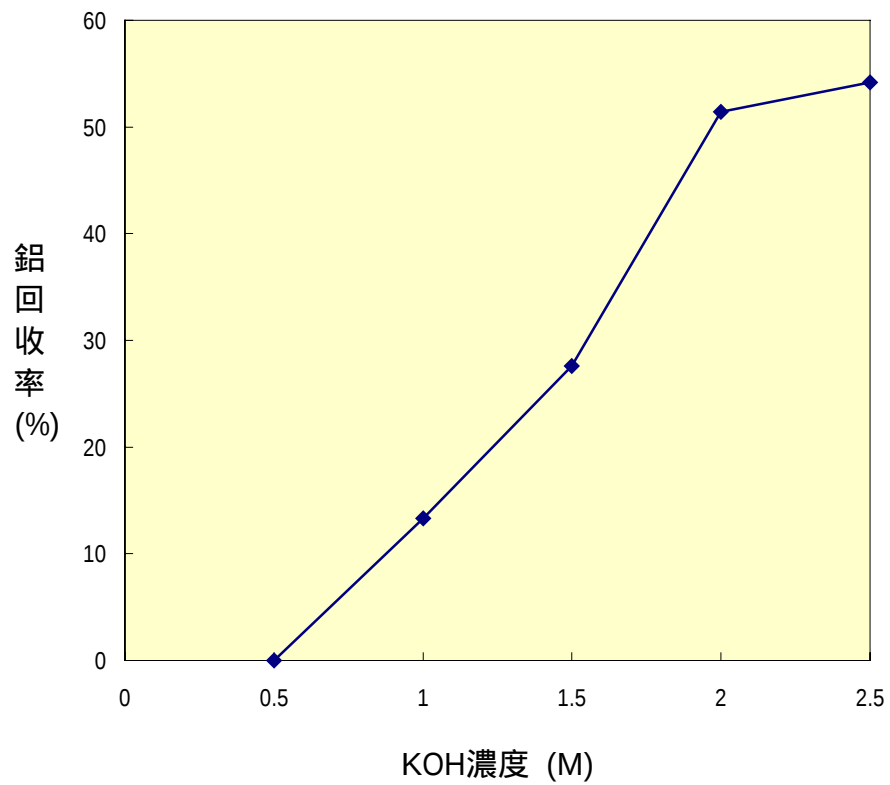


Fig.4 不同的 KOH 濃度對鋁回收率之影響

(四) 不同冰水浴溫度【表七】

冰水浴溫度 ()	室溫	10	5	-2
鋁片重 (g)	0.5196	0.5075	0.5083	0.5053
錶玻璃重 (g)	22.5276	18.6507	18.7624	22.5892
濾紙重 (g)	0.19159	0.22289	0.22289	0.22289
錶+濾+明礬 (g)	25.6815	24.2263	25.7472	30.0372
明礬重量 (g)	2.962	5.353	6.762	7.225
明礬所含鋁的 重量 (g)	0.169	0.305	0.385	0.411
鋁的回收率 (%)	32.53	60.00	75.69	81.35

(條件：鋁片 $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ 、重量約 0.5g、溫度 60 、1.5 M KOH、反應
時間 30 分、9M 硫酸、冰水浴 20 分)

分析：冰水浴溫度不同時，會影響明礬結晶析出量；由表七得知，溫度低
者明礬析出量較多，相對鋁的回收量也多。

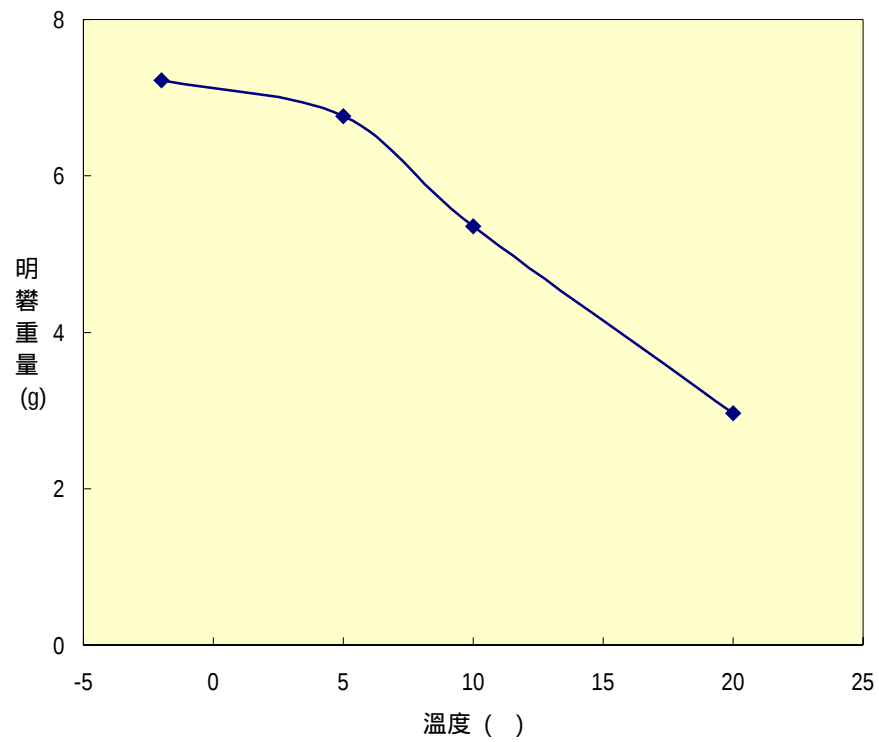


Fig.5 不同的冰水浴溫度對明礬結晶之影響

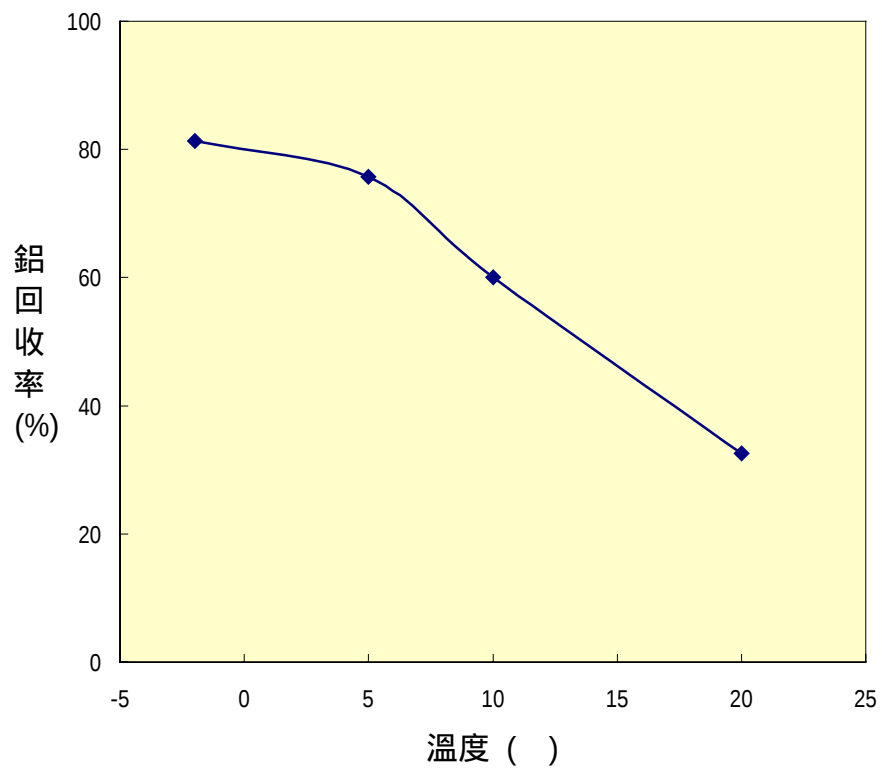


Fig6. 不同的冰水浴溫度對鋁回收之影響

六、討 論

(一) 鋁是活潑的金屬，但與稀酸的反應緩慢，因其表面可產生一層緻密的氧化鋁之氧化膜，阻止內部的金屬鋁繼續反應；強鹼溶液則可溶解氧化膜，並進一步與內部鋁反應，所以本次實驗選用強鹼——氫氧化鉀（KOH）來實驗。

(二) 影響化學反應速率之因素：

1. 鋁片大小愈小，相對增加其表面積，使鋁片與 KOH 碰撞次數增加，所以反應也就愈快；反過來說，如果表面積較小，則反應速率就較慢。例如，大塊木材不容易點燃，而劈成碎片就易點燃；散開成一頁一頁的紙就比整疊紙燃燒得快。
2. 當溶液內的鹼濃度增加時，每單位時間內，反應物粒子碰撞的次數及能量，會隨著溫度上升而增加，於是反應愈劇烈，加速反應速率。實驗中鋁片與 KOH 會放出大量氫氣，由於氫氣與空氣混合後，在高溫下易爆，因此溫度控制不可過高，避免發生危險。
3. 增加 KOH 濃度，縮短反應時間，使鋁片快速溶解。因其反應物濃度增大，增加粒子碰撞機會，故反應速率增快。且過量的鹼與鋁片反應，會產生氫氣及可溶性的氫氧化鋁離子（ $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ ）膠體。

總之，由實驗結果顯示表一、表二、表三之印證與文獻資料相互符合，所以我們可以大膽推論，在化學上為使反應能在短時間內完成，常用加熱的方法使溫度上升、反應物的濃度增大、增加反應物之表面積等等，促使反應速率增快，反應所需的時間自然減少。

(三) 這次實驗過程中，在鋁片與 KOH 溶液反應時，我們發現鋁片會出現週期性升降的現象，像似大家興高采烈在跳舞，原來鋁片與 KOH 溶液反應會放出氫氣，才会有這種情形發生。

(四) 鋁片與強鹼（KOH）反應產生 $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ 膠體，此溶液剛加入酸時，可移去一個 OH 產生白色絨毛狀的氫氧化鋁（ $\text{Al}(\text{OH})_3$ ）沉澱，且放出大量的熱（參考附件一圖七）；若繼續加酸，則 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 可被溶解為

澄清溶液（溶液中含有 Al^{3+} 、 K^{+} 、 SO_4^{2-} ）；將此澄清液放冷至室溫，若無法結晶生成可用玻棒輕刮器壁，誘導結晶產生，再以冰水浴冷卻，使明礬結晶完成。由 Fig.1 可看出，若酸濃度過低，溶液變成白色絨毛狀的氫氧化鋁（ $\text{Al}(\text{OH})_3$ ）沉澱，冰水浴後仍無法結晶或明礬結晶量稀少，原因可能是溶液未達到過飽和狀態，無法使明礬順利析出。

（五）鋁片與強鹼完全反應後，過濾此溶液發現濾液顏色為微黃色

（ $\text{Al}(\text{OH})_4^{-}$ ）膠體，而留在濾紙殘渣為黑色，可能原因是鋁罐外表油漆或塑膠未磨除乾淨所致。

（六）明礬結晶之水冰浴溫度控制不一，所產生晶體大小也不同；由 Fig.5 得知，結晶過程中加冰塊可以加快其結晶的速率，且結晶析出量達 7.225 克，因冷卻可降低明礬的溶解度，而且放置時間長一些，結晶量較多。若急速冷卻時發現明礬結晶晶體為白色顆粒細小，且晶體表面“較亮”，而自然慢慢冷卻，晶體較大顆。這是因為急速冷卻使晶體來不及長大，無法使單晶整齊排列形成晶體，且完全整齊排列而成的單一晶塊，稱為單晶；促使許多微小白色晶粒析出且表面也較閃亮，所以單晶的形成必須在緩慢長時間的環境下生長出來，且單晶會附著在晶種上，最後可結晶出較大的明礬晶體；所以結晶產生的快慢影響形成結晶的大小及純度。

（七）物質在溶液中達到過飽和溶液時，會沉澱析出固體。所以我們要讓明礬晶體順利析出有兩種，其一是改變溫度降低溶質溶解度，使溶液成為過飽和溶液而溶質晶體析出；其二是在溶液中加入另一種溶質不溶的溶劑（酒精），降低溶質在混合溶劑中的溶解度而使晶體析出。

這次實驗中由 Fig.1 可看出，有加酒精與未加酒精使明礬析出量差距頗大，如在相同的條件（ $9\text{MH}_2\text{SO}_4$ ）下明礬析出量是未加酒精的 4 倍多，所以在溶液加入另一種的溶劑對結晶量的析出影響甚

大；且由 Fig.5 顯示，-2 的明礬析出量是室溫析出量的 2 倍多，可見冰水浴的溫度對明礬結晶析出量影響也很大。

(八) 從被丟棄不用的廢鋁罐，經過一些處理方法，轉變為有用的明礬結晶，明礬常當做紙工業、染整工業、食品工業添加劑及水質淨化聚凝劑等等，其中當水的淨水劑，利用加水分解，生成氫氧化鋁，它具有黏性和重量，有能力把水中的細菌雜質吸附而沉於水底，因此達到淨水作用。

(九) 在本實驗中將明礬晶體利用熱水加以溶解，且溶解量會隨著溫度的增加而增加，最後當物質加熱溶解到一定的限度，就無法再繼續溶解而形成一杯過飽和溶液，以再結晶技術純化並養出明礬的晶體來觀察紀錄，結果發現明礬晶體為多邊形的晶體結構。

七、結 論

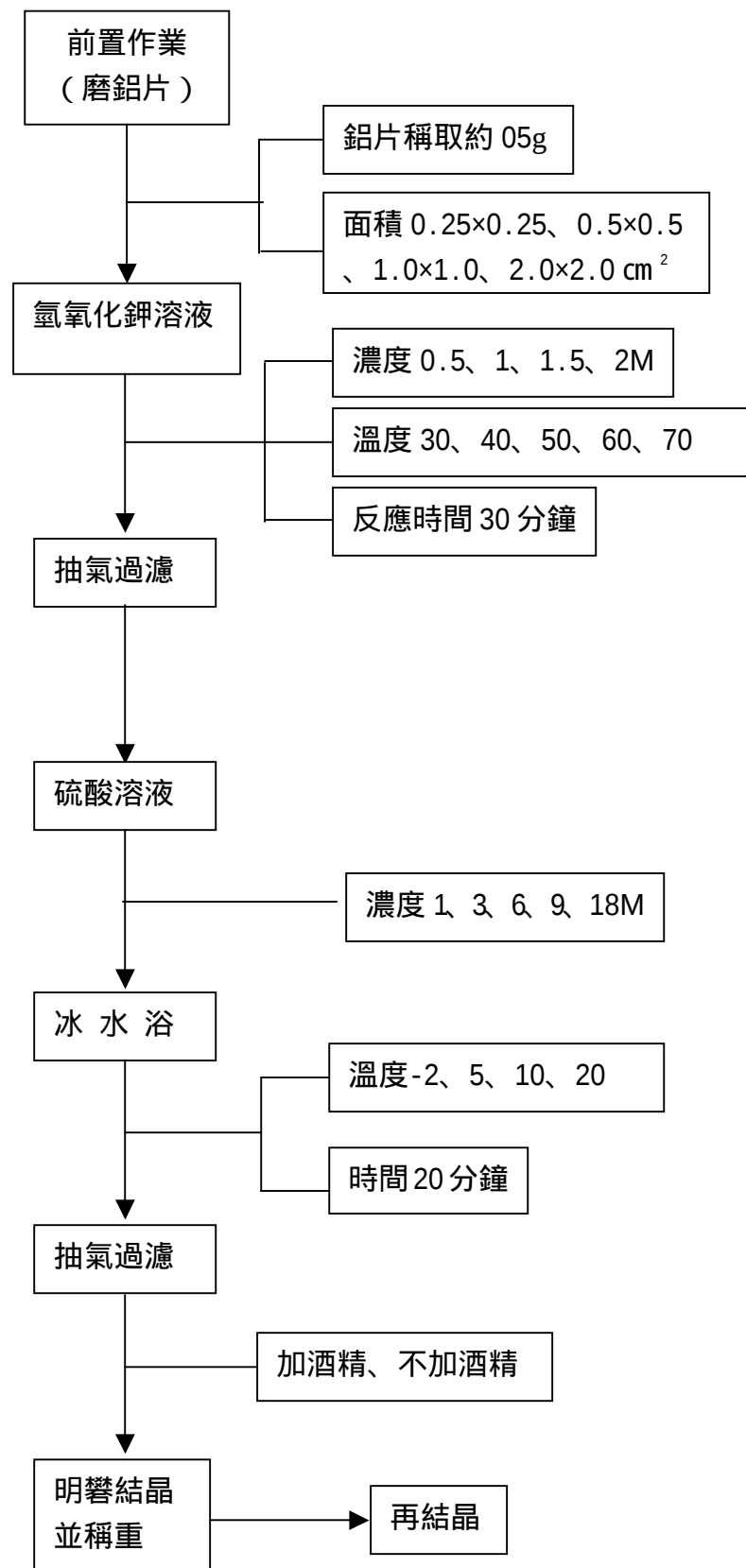
- (一) 當酸加入反應後的 KOH 溶液時，會產生先有沉澱而後溶液變為澄清；因溶液中需含有硫酸鹽 (SO_4^{2-})、三價正離子 (Al^{3+}) 及單價離子 (K^+)，才能形成明礬結晶。
- (二) 硫酸的濃度在 9M 時，明礬的結晶量最多，鋁的回收率為 83.2%。
- (三) 本實驗我們仔細觀察結果，認為影響明礬結晶速率快慢有三點：1. 冰浴溫度高低 2. 溶液達到過飽和 3. 放置時間的長短。
- (四) 把明礬晶體溶液放置 2~3 週，發現明礬結晶為透明的八面晶體。
- (五) 雖然鋁是地殼中含量高居第三位的元素（僅次於氧、矽），世界上每年的年產量超過千萬噸，但這並不代表取之不盡，用之不竭。由 Fig.2、Fig.4 及 Fig.6 中得知，影響廢鋁罐的回收率頗多；如不同硫酸濃度、不同鹼液濃度及冰水浴的溫度等等。且由簡單的化學反應就能把廢鋁罐製成有用的明礬且回收率亦高。所以當然可藉由廢棄物的回收，達到資源再利用，減低環境惡化的目的。

八、參考資料及其他

- (一) 楊永華編著，高中普通化學實驗()，東大圖書，p141~172，民 89。
- (二) 魏明通編著，高中分析化學，七版，東大圖書，p119~127，民 84。
- (三) 中興大學化學系編，普通化學實驗上冊，p37~42，民 83。
- (四) 國中理化(一)，二版，國立編譯館主編，p30~38，民 90。
- (五) 國中理化(二)，二版，國立編譯館主編，p53~57，民 91。
- (六) 國中理化(三)，二版，國立編譯館主編，p61~64，民 90。

附件一

實驗流程圖



附件二

實驗過程集錦



圖一



圖二



圖三



圖四



圖五



圖六



圖七



圖八



圖九



圖十