

# 中華民國第四十九屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

類 別：化學類

科 別：自然科

組 別：國小組

作品名稱：電磁效應與結晶

關 鍵 詞：結晶、電磁效應、磁力

編 號：

# 電磁效應與結晶

## 摘要

在去年的科展作品中，我們看到有關結晶的作品，深深為美麗的結晶所吸引，幾個同學就想要好好研究，在幾次的討論之中，有人不經意的提出「如果將結晶通電會如何」，這個想法馬上吸引大家的注意，可是不知道如何進行，於是向老師請教，老師說如果直接對水溶液通電會造成電解的效應，比較可行的方法應該是利用電磁效應來觀察，在水溶液中放一條長直導線，觀察因為通電產生的磁場對結晶的影響，經過與老師的一番討論之後，我們決定以電磁效應對結晶的影響作為科展的主題，希望透過電磁效應可以得到更好的結晶。

### 壹、 研究動機

在討論的過程中，我們完全不知道電磁效應對結晶的影響，網路上也查不到相關的資料，最後我們決定以電池的數量、電極的距離、溶液的種類及濃度，溫度來作為實驗的重點。

### 貳、 研究目的

我們想要研究以下幾個主題：

- 一、不同的物質來製作結晶。
- 二、使用不同的電線及棉線圈數來製作結晶。
- 三、配置不同濃度的溶液製作結晶。
- 四、改變電壓來製作結晶。
- 五、改變電極的距離來製作結晶。
- 六、改變冷卻溫度來製作結晶。
- 七、觀察磁場對結晶的影響。

### 參、 研究設備及器材

鹽 /明礬 /燒杯 大小各若干 /電子天平 /波棒 /酒精燈  
瓶子 /鐵絲 /鋁線 /棉線 /鉛線 /鐵線 /米尺

#### 肆、 研究過程及方法

- (一) 實驗一：不同的物質及濃度來製作結晶。我們選用鹽及明礬來製作結晶，物質  
量取 150 克加水 150 克，加熱至 70°C，觀察形成結晶的時間、結晶的大小、  
結晶的品質。以 250 克明礬對 250 克水加熱至 70°C，不通電，觀察結晶的大  
小
- (二) 實驗二：使用不同的電線及棉線圈數來製作結晶。
- 二-1、接好電池裝置（6 伏特），正負極分別接上銅線，觀察溶液的變化及是否  
有結晶產生。
- 二-2、分別使用銅線、鋁線、鉛線、鐵線，將四種不同的金屬線彎成底為 6 公  
分的 U 字型，以棉線纏繞一層（避免溶液直接與金屬接觸），接上 6 伏  
特的電池，溶液配置為 250 克明礬加 250 克水，加熱至 70°C 後觀察結晶的  
形成。
- 二-3、使用銅線，分別在銅線上纏繞 1 圈、2 圈、3 圈的棉線，接上 6 伏特的電  
池，溶液配置為 250 克明礬加 250 克水，加熱至 70°C 後觀察結晶的形成。
- (三) 實驗三：配置不同濃度的溶液製作結晶：我們將溶液配成以下的比例--水：物  
質（5：1）、（3.5：1）、（3：1）、（2：1）、（1.5：1）、（1：1）、（1：2）、（飽和濃  
度），使用銅線為導線，接上 6 伏特的電池，加熱至 70°C 後觀察結晶的形成。
- (四) 實驗四：改變電壓來製作結晶：溶液配置為 250 克明礬加 250 克水，以銅線為  
導線，分別接上 3 伏特、6 伏特、9 伏特的電壓，加熱至 70°C 後觀察結晶的形成。
- (五) 實驗五：改變電極的距離來製作結晶：溶液配置為 250 克明礬加 250 克水，以  
銅線為導線，接上 6 伏特的電壓，改變銅線 U 字型底部的長度，分別為 2 公分、  
3 公分、4 公分、5 公分、6 公分、7 公分，加熱至 70°C 後觀察結晶的形成。
- (六) 實驗六：改變冷卻溫度來製作結晶：溶液配置為 250 克明礬加 250 克水，以  
銅線為導線，接上 6 伏特的電壓，銅線 U 字型底部的長度為 6 公分，加熱至 70  
°C 後，分別放置於常溫、20°C 冷水、12°C 冷水中，觀察結晶的形成。
- (七) 實驗七：觀察磁場對結晶的影響：溶液配置為 250 克明礬加 250 克水，以  
銅線為導線，不接電池，銅線 U 字型底部的長度 6 公分，加熱至 70°C 後，在燒

杯外分別使用磁鐵，觀察結晶的形成。

七-1：使用圓形磁鐵，磁鐵 N 極朝燒杯內部，沿燒杯外側環繞一圈。

七-2：在銅導線上加棒形磁鐵，以膠帶纏繞。

七-3：同七-1，但圓形磁鐵以 N 極、S 極交互排列朝燒杯內部。

## 伍、研究結果：

(一) 實驗一：不同的物質及濃度來製作結晶。

選用物質	物質：水	加熱溫度	懸線	結晶時間	結晶敘述
明礬	150 克：150 克	70°C	棉線	約 2 小時	六邊形較大的結晶
鹽	150 克：150 克	70°C	棉線	約 2 天	四邊形較小的結晶

發現：1.明礬結晶的速度很快，約 2 小時就完成，而且結晶很大，表面較鹽的結晶整齊，透明度高，所以決定選用明礬作為結晶的觀察物質：

2.未通電時，相同的實驗條件，結晶重量為 47.4 克，所做的實驗均以此為參考標準。



圖一：未通電條件下製作結晶，結晶重量 47.4 克

(二) 實驗二：使用不同的電線及棉線圈數來製作結晶。

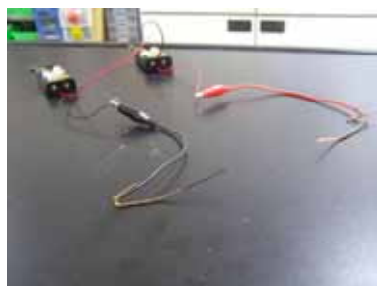
二-1、接好電池裝置（6 伏特），正負極分別接上銅線，觀察溶液的變化及是否有結晶產生。

選用物質	物質：水	溫度	正極反應	負極反應	溶液變化
明礬	150 克：150 克	室溫	附著銅的金屬	產生氣泡，電極變灰	有漂浮的細屑

發現：若直接將銅線接入溶液之中，則開始進行電解的反應，溶液不會產生結晶。



圖二：明礬溶液的電解



圖三：明礬電解的正負電極



圖四：正極上所附著的銅

二-2、分別使用銅線、鋁線、鉛線、鐵線製作結晶。

導線	溶液（明礬/水）	底線距離	溫度	電壓	棉線	結晶重量	結晶敘述
銅線	250 克/250 克	6 公分	70°C	6 伏特	1 層	78.1g	圖六
鋁線						75.5g	圖七
鉛線						35.3g	圖八
鐵線						21.3g	圖九

發現：1.使用銅線所產生的結晶重量及品質均較佳，與鋁線的結果相近。

2.在材質的選擇上，我們可以買到有塑膠絕緣體的銅線，沒有有絕緣體的鋁線。

3.查資料得知，銅線的導電效果較鋁線佳，所以我們決定使用銅線作為導線材質。

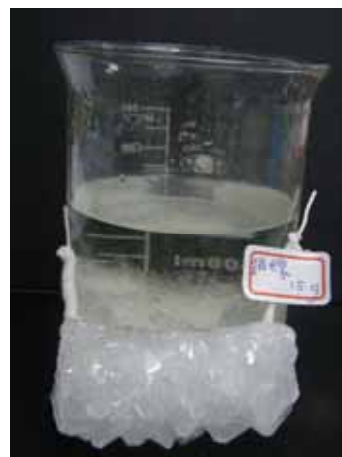
4.結晶的重量 = 導線與結晶總重量 --- 導線重量



圖五：實驗裝置之一



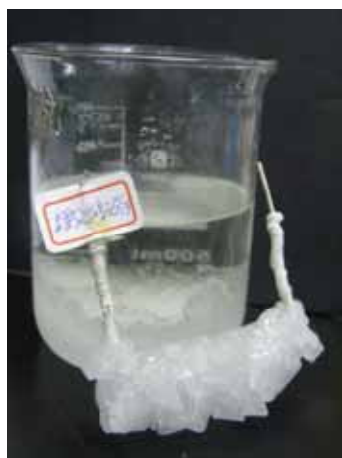
圖六：銅線上的結晶



圖七：鋁線上的結晶



圖八：鉛線上的結晶

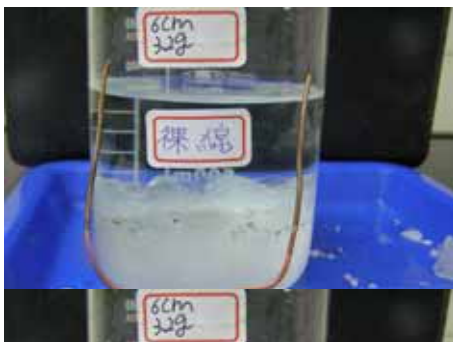


圖九：鐵線上的結晶

二-3、使用銅線，分別在銅線上纏繞 1 圈、2 圈、3 圈的棉線。

導線	溶液（明礬/水）	底線距離	溫度	電壓	棉線	結晶重量	結晶敘述
銅線	250 克/250 克	6 公分	70°C	6 伏特	裸線	0g	圖十
					1 層	68.8g	圖十一
					2 層	28.7g	圖十二
					3 層	65.9g	圖十三

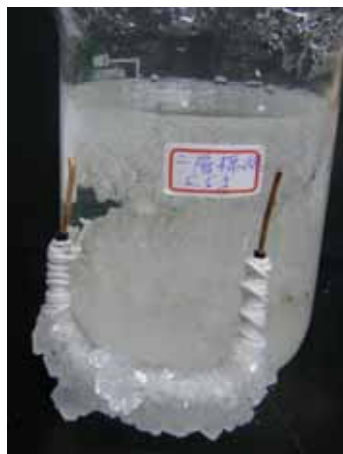
發現：因為銅線上的塑膠絕緣體無法附著結晶，產生的結晶輕輕一碰就掉落，所以我們選擇用棉線纏繞在導線上，因為棉線的吸附力較佳，結果發現纏繞一圈的效果最佳，所以我們決定以纏繞一圈為主。



圖十：裸線的結晶



圖十一：一層綿線



圖十二：兩層綿線

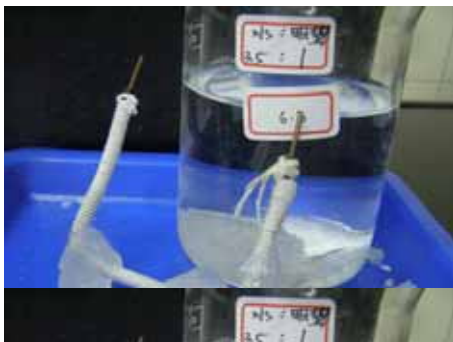


圖十三：三層綿線

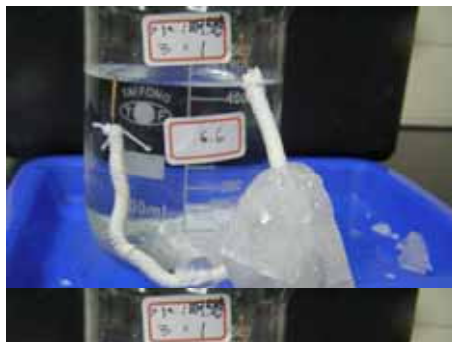
(三) 實驗三：配置不同濃度的溶液製作結晶：

導線	溶液 (明礬/水)	底線距離	溫度	電壓	棉線	結晶重量	結晶敘述
銅線	250/1250 (1 : 5)	6 公分	70°C	6 伏特	1 層	30.0g	
	250/875 (1 : 3.5)					22.6g	圖十四
	250/750 (1 : 3)					39.8g	圖十五
	250/500 (1 : 2)					51.6g	圖十六
	250/375 (1 : 1.5)					26.1g	圖十七
	250/250 (1 : 1)					78.1g	
	250/125 (2 : 1)					69.9g	圖十八
	250/100 (2.5 : 1)					145.5g	圖十九

發現：當改變溶液濃度時，結晶重量及品質也不同，濃度越高結晶也越好，但是我們考慮到成本及結晶之間的平衡點，我們一致決定以 1 : 1 的比例配置明礬溶液。



圖十四：1 : 3.5



圖十五：1 : 3



圖十六：1 : 2



圖十七：1.5 : 1



圖十八：2：1



圖十九：飽和 (2.5：1)

(四) 實驗四：改變電壓來製作結晶：

導線	溶液 (明礬/水)	底線距離	溫度	電壓	棉線	結晶重量	結晶敘述
銅線	250 克/250 克	6 公分	70°C	3 伏特	1 層	36.0g	圖二十
				6 伏特		57.3g	圖二十一
				9 伏特		55.3g	圖二十二

發現：當改變電池的電壓時，再 6 伏特時結晶的重量與九伏特相差不多，因為製作結晶時導線是以短路的形式接成通路，所以電池的溫度會上升，甚至曾經將電池盒熔壞掉，在等待結晶時會將燒杯置於通風處，若溫度太高，會以風扇降低電池的溫度，電池串聯愈多，溫度也愈高，所以我們決定以 6 伏特的電壓來製作結晶。



圖二十：3 伏特



圖二十一：6 伏特



圖二十二：9 伏特



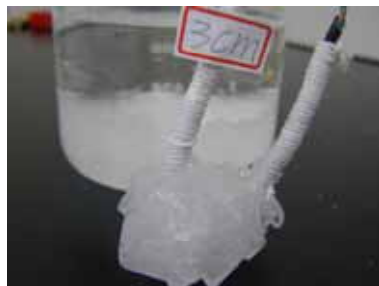
(五) 實驗五：改變電極的距離來製作結晶：

導線	溶液 (明礬/水)	底線距離	溫度	電壓	棉線	結晶重量	結晶敘述
銅線	250 克/250 克	2 公分	70°C	6 伏特	1 層	55.5g	圖二十三
		3 公分				14.8g	圖二十四
		4 公分				37.3g	圖二十五
		5 公分				65.1g	圖二十六
		6 公分				78.1g	圖二十七
		7 公分				95.6g	圖二十八

發現：距離越長，結晶的量越多，7 公分所得的量最多，但是因為 500 cc 的燒杯內徑約為 7 公分，產生的結晶會附著在燒杯的內壁上，不易取出，基於實驗的考量，我們決定以 6 公分作為電極之間的距離。



圖二十三：距離 2 公分



圖二十四：距離 3 公分



圖二十五：距離 4 公分



圖二十六：距離 5 公分 圖二十七：距離 6 公分 圖二十八：距離 7 公分

(六) 實驗六：改變冷卻溫度來製作結晶：

導線	(明礬/水)	底線距離	溫度	冷卻溫度	電壓	棉線	結晶重量	結晶敘述
銅線	250 克/250 克	6 公分	70°C	室溫	6 伏特	1 層	48.7g	圖二十九
				20°C			44.3g	圖三十
				12°C			28.4g	圖三十一

發現：在室溫（約 24°C）下自然冷卻所形成的結晶效果最佳。



圖二十九：室溫冷卻



圖三十：20°C 冷水冷卻



圖三十一：12°C 冷水冷卻

(七) 實驗七：觀察磁場對結晶的影響：

導線	(明礬/水)	底線距離	溫度	磁場	電壓	棉線	結晶重量	結晶敘述
銅線	250 克/250 克	6 公分	70°C	七-1	0 伏特	1 層	42.6g	圖三十二
				七-2			92.1g	圖三十三
				七-3			69.5g	圖三十四

七-1：使用圓形磁鐵，磁鐵 N 極朝燒杯內部，沿燒杯外側環繞一圈。

七-2：在銅導線上加棒形磁鐵，以膠帶纏繞。

七-3：同七-1，但圓形磁鐵以 N 極、S 極交互排列朝燒杯內部。

發現：磁場會對結晶產生一定的影響，棒形磁鐵產生的磁場較圓形磁鐵（圍繞燒杯一圈）產生的磁場更規律，所以結晶重量更重。



圖三十二：圓形、同向



圖三十三：棒形磁鐵



圖三十四：圓形、異向

## 陸、討論

（一）實驗一：不同的物質及濃度來製作結晶。

選用物質	結晶敘述	討論
明礬 鹽	六邊形較大的結晶 四邊形較小的結晶	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 明礬結晶較快。</li> <li>2. 明礬結晶顆粒較大。</li> <li>3. 明礬的結晶較整齊。</li> <li>4. 鹽的結晶過程容易受毛細現象影響，會沿著燒杯壁附著，不易觀察。</li> <li>5. 鹽的結晶顆粒大小較一致。</li> </ol>

基礎實驗的結晶量為 47.4 克，作為後續實驗的參考值。

（二）實驗二：使用不同的電線及棉線圈數來製作結晶。

二-1、接好電池裝置（6 伏特），正負極分別接上銅線，觀察溶液的變化及是否有結晶產生。

選用物質	正極反應	負極反應	溶液變化
明礬	附著紅色的銅	有氣泡、銅線附著灰色物質	漂浮細屑
<p>正極上附著的是銅，在負極所產生的氣體，向老師詢問的結果，可能是氫氣，但是因為不是本實驗的重點，所以沒有收集氣體並測試，當產生電解反應時，就不會進行結晶反應。</p>			

二-2、分別使用銅線、鋁線、鉛線、鐵線製作結晶。

導線	結晶	結晶敘述	討論
銅線	78.1g	圖六	1. 銅線及鋁線的結晶較大也較為整齊。 2. 鉛線及鐵線的結晶較少也較小，也比較容易脫落。 3. 我們無法找到相同粗細的金屬線，只能就市面五金行找到比較粗的線來進行實驗。 4. 鐵線上的結晶一段時間之後變黃。
鋁線	75.5g	圖七	
鉛線	35.3g	圖八	
鐵線	21.3g	圖九	

二-3、使用銅線，分別在銅線上纏繞 1 圈、2 圈、3 圈的棉線。

導線	棉線	結晶	結晶敘述	討論
銅線	裸線	0g	圖十	1. 纏繞棉線讓明礬的晶種可以附著。 2. 塑膠絕緣體讓結晶無法附著。 3. 纏繞 3 圈與纏繞 1 圈的結晶重量約略相等，但是纏繞 3 圈的結晶顆粒大小差異較大也較不整齊。
	1 層	68.8g	圖十一	
	2 層	28.7g	圖十二	
	3 層	65.9g	圖十三	

(三) 實驗三：配置不同濃度的溶液製作結晶：

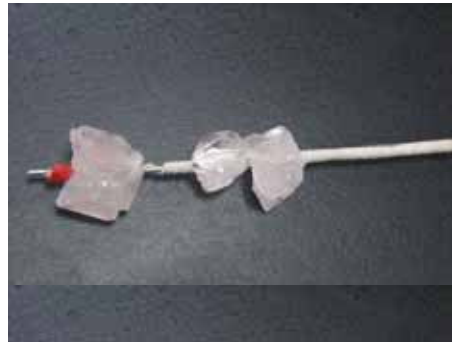
導線	溶液 (明礬/水)	結晶	結晶敘述	討論
銅線	250/1250 (1 : 5)	30.0g		濃度愈濃，結晶的量愈多，品質不一定較好，濃度較大的溶液結晶量雖多，但顆粒也較細碎，燒杯壁因為毛細現象的緣故，也附著較多的結晶，都不利觀察。
	250/875 (1 : 3.5)	22.6g	圖十四	
	250/750 (1 : 3)	39.8g	圖十五	
	250/500 (1 : 2)	51.6g	圖十六	
	250/375 (1 : 1.5)	26.1g	圖十七	
	250/250 (1 : 1)	78.1g		
	250/125 (2 : 1)	69.9g	圖十八	
	250/100 (2.5 : 1)	145.5g	圖十九	

(四) 實驗四：改變電壓來製作結晶：

導線	電壓	結晶	結晶敘述	討論
銅線	3 伏特	36.0g	圖二十	電壓愈大，因為短路所造成的熱效應也愈大，可以進行實驗的時間也較短，但是因為電壓較大，造成的磁場也較強，結晶晶形較好，3 伏特的結晶則是在中間段沒有結晶顆粒。
	6 伏特	57.3g	圖二十一	
	9 伏特	55.3g	圖二十二	



圖三十五：加燈泡



圖三十六：結晶

爲了確認電流強度對結晶的影響，我們再進行一個補充實驗，使用相同的裝置製作結晶，但是接上燈泡，因電阻變大，電流變小，相對磁場也變小，結果結晶非常小，只有約 30 克，可見磁場對明礬結晶有相當的影響。

(五) 實驗五：改變電極的距離來製作結晶：

導線	底線距離	結晶	結晶敘述	討論
銅線	2 公分	55.5g	圖二十三	1. 距離越長，結晶越多。 2. 大部分的結晶附著在銅線的水平段，可見磁場較穩定，或許也跟一開始的晶母附著有關。 3. 五公分以後結晶比不通電效果好，我們覺得轉彎處的磁場會影響結晶的效果。
	3 公分	14.8g	圖二十四	
	4 公分	37.3g	圖二十五	
	5 公分	65.1g	圖二十六	
	6 公分	78.1g	圖二十七	
	7 公分	95.6g	圖二十八	

(六) 實驗六：改變冷卻溫度來製作結晶：

導線	冷卻	結晶	結晶敘述	討論
銅線	室溫	48.7g	圖二十九	因爲明礬結晶速度相當快，若是再降低冷卻溫度，使得明礬結晶速度更快，來不及附著在銅線上，而直接掉落在燒杯底部，效果更差。
	20°C	44.3g	圖三十	
	12°C	28.4g	圖三十一	

(七) 實驗七：觀察磁場對結晶的影響：

導線	磁場	結晶	結晶敘述	討論
銅線	七-1	42.6g	圖三十二	結果發現磁場確實會影響明礬結晶的效果，或許與明礬的結構有關，因爲時間的關係，無法完成更多的討論，希望在明年可以深入了解磁場方向的影響。
	七-2	92.1g	圖三十三	
	七-3	69.5g	圖三十四	

## 柒、結論

- 一、不通電情況下，銅線上的結晶量為 47.4 克。
- 二、通電的情況下，若銅線分成兩條，效果如同電解，正極產生銅，負極產生氣泡，不會產生結晶。
- 三、使用銅線、鋁線、鉛線、鐵線製作結晶，銅線及鋁線效果較佳。
- 四、銅線若為裸線，無法附著結晶，纏繞棉線以一圈效果最佳。
- 五、溶液的濃度愈濃，結晶愈多，基於成本考量，以 1：1 為實驗條件。
- 六、串聯電池時效果較佳，以六伏特為實驗條件。
- 七、銅線的水平段愈長，結晶愈多，可見規律的磁場對結晶會造成影響。
- 八、冷卻的溫度越低，明礬結晶的速度越快，結晶來不及附著在銅線上而掉落燒杯底部，效果越差。
- 九、在銅線上綁一個棒形磁鐵，因為磁場更規律更強，結晶的量在所有實驗中效果最好。
- 十、綜合以上的實驗，我們發現磁場的存在確實會影響明礬在銅線上的結晶，磁場越規律，效果越好，磁場越強，效果越好；因此在銅線的安排中，製造一個更穩定干擾越少的磁場（譬如銅線的水平段的安排），對結晶的效果越有幫助。
- 十一、我們做完實驗之後，發現結晶的世界非常神奇，總是可以製造出我們意想不到的驚奇，在最後的實驗中，我們意外發現不通電只有磁場時效果更好，也給我們一個其他的想法，如何安排其他不同的磁場來觀察結晶的影響與形成，也讓我們幾位同學對明年的科展有更多的想法，真是一件令人高興的事情。

## 捌、參考資料

1. <http://tw.knowledge.yahoo.com/question/?qid=1405111515781>
2. <http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1005022502003>
3. <http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1305100104720>
4. <http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1008081006960>
5. <http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1607061902867>
6. <http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1609041306701>
7. <http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1105062908151>
8. <http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1105062708206>