

嘉義市第 38 屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：自然

組 別：國中組

作品名稱：博大「晶」深-探討電場與磁場對結晶的影響

編 號：

關 鍵 詞：強力磁鐵、磁場、電場

摘要

因為想了解如何讓硫酸銅的結晶更快，而想到用外加磁場和電場的方式來看看結晶狀況的變化，我們試了強電解質的硫酸銅、食鹽和硝酸鉀；弱電解質的檸檬酸以及非電解質的尿素，研究結果發現，如果用蒸發結晶的方式，外加磁場會讓結晶量增加，而電場對電解質溶液的結晶沒有影響

壹、研究動機

一開始，我們在 **YouTube** 看到有人的硫酸銅結晶形狀是雪花狀的，我們覺得很有趣，並開始嘗試利用飽和的硫酸銅水溶液靜待它結晶，展開了一連串的實驗，希望能用不同的方式使得硫酸銅結晶更加快速，並嘗試其他種類的水溶液。

貳、研究目的

- 一、探討結晶的形狀是否會受外加磁場的影響？
- 二、探討結晶的重量是否會受外加磁場的影響？
- 三、探討結晶的形狀是否會受電場中電力的強弱而受影響？

參、研究設備及器材

- 一、藥品：硫酸銅晶體、檸檬酸、尿素、食鹽、硝酸鉀、水
- 二、儀器：


			
溫度計	電子秤	燒杯	電源供應器
			
壓克力盒	纏漆包線的壓克力盒	加熱攪拌器	電源供應器

圖 1.研究設備及器材

肆、研究流程

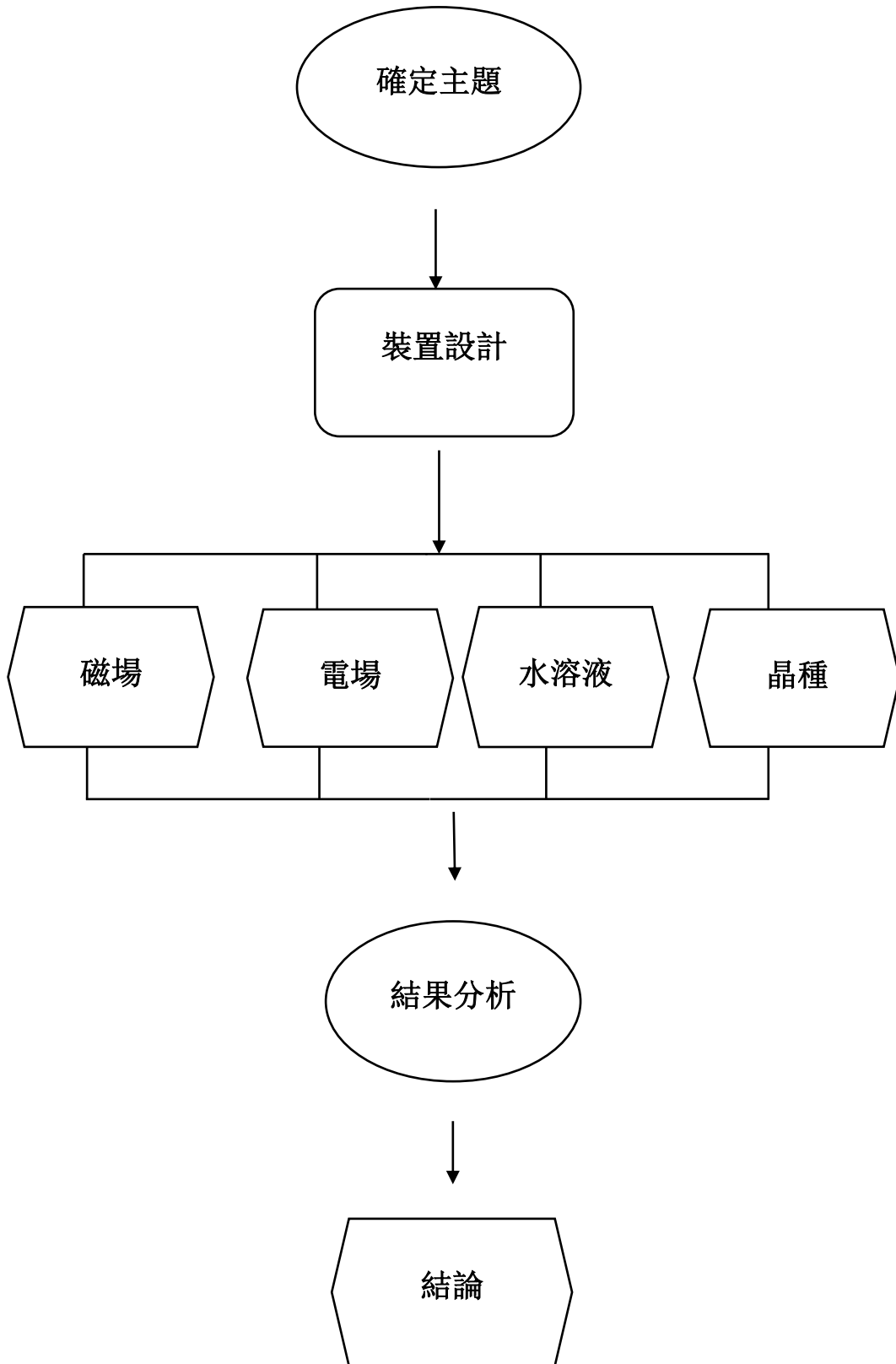


圖 2.研究流程及方法

伍、研究過程或方法

第一部分：探討用強力磁鐵所製造出來的磁場對結晶的影響

強力磁鐵燒杯的製作：

1. 準備一個燒杯、兩個相同的強力磁鐵、數條雙面膠。
2. 確認強力磁鐵的磁極，並標示出 N、S 極。
3. 在燒杯壁上相對 180 度的位置黏貼膠帶
4. 將磁鐵黏貼在燒杯壁上並使磁鐵兩兩相斥或相吸。



圖 3. 實驗裝置

實驗一：探討強力磁鐵的磁場是否會影響硫酸銅的結晶

實驗步驟：

- 1、將強力磁鐵依照圖中位置，相吸或相斥黏貼在 50ml 燒杯壁外緣。
- 2、配置飽和硫酸銅水溶液，分別取 50 公克，分別倒入磁極相斥、相吸和未黏貼磁鐵（對照組）的燒杯中。
- 3、靜置一週後記錄硫酸銅結晶情形。

實驗一：探討強力磁鐵的磁場是否會影響影響氯化鈉的結晶

實驗步驟：

- 1、強力磁鐵依照圖中位置，相吸或相斥黏貼在 50ml 燒杯壁外緣。
- 2、配置飽和氯化鈉水溶液，分別取 50 公克，分別倒入相斥、相吸和未黏貼磁鐵的燒杯。
- 3、靜置一週後記錄氯化鈉結晶情形。

第二部分：探討漆包線纏繞的線圈磁場對結晶的影響

磁場實驗裝置的製作：

- 1.先準備一個電源供應器、六個相同的壓克力盒、三個可變電阻、數條電線、數條漆包線。
- 2.在每個壓克力盒外緣纏上一層漆包線，此層的每圈漆包線圈圈密接，直到線圈的寬度至 10cm。
3. 將六個纏繞漆包線的壓克力盒，兩兩串聯為一組，再分別接上可變電阻。
- 5.將三組壓克力盒分別接上電源供應器，即完成整個磁場裝置，如下圖。
- 6.另外準備未纏繞線圈的壓克力盒作為對照組。
- 7.通電時，為了避免長時間通電造成危險，因此利用訂時器，每通電一小時就斷電一小時。



圖 4. 磁場實驗裝置圖

實驗三：探討線圈造成的磁場對硫酸銅結晶的影響

- 1、配置飽和硫酸銅水溶液。
- 2、取 40 公克飽和硫酸銅水溶液，倒入 100ml 的燒杯中，共準備 4 杯，分別放入三組不同的壓克力盒及對照組中，。
- 3、打開電源供應器，調整可變電阻，使通過三組壓克力盒線圈的電流分別逼 0.2mA、0.4mA、0.6mA。
- 4、靜置 1 個星期後紀錄硫酸銅結晶情形。

實驗四：探討線圈造成的磁場對硝酸鉀結晶的影響

- 1、配置飽和硝酸鉀水溶液。
- 2、取 40 公克飽和硝酸鉀水溶液，倒入 100ml 的燒杯中，共準備 4 杯，分別放入三組不同的壓克力盒及對照組中，。
- 3、打開電源供應器，調整可變電阻，使通過三組壓克力盒線圈的電流分別逼 0.2mA、0.4mA、0.6mA。
- 4、靜置 1 個星期後紀錄硝酸鉀結晶情形。

實驗五：探討線圈造成的磁場對尿素結晶的影響

- 1、配置飽和尿素水溶液。
- 2、取 40 公克飽和尿素水溶液，倒入 100ml 的燒杯中，共準備 4 杯，分別放入三組不同的壓克力盒及對照組中，。
- 3、打開電源供應器，調整可變電阻，使通過三組壓克力盒線圈的電流分別逼 0.2mA、0.4mA、0.6mA。
- 4、靜置 1 個星期後紀錄尿素結晶情形。

第三部分：探討電場對結晶的影響

電場實驗裝置製作：

利用兩塊 L 形的鐵片，分別接上電源供應器的正、負極。通電後，則會在兩塊鐵板間形成電場。為了避免長時間通電造成危險，因此利用訂時器，每通電一小時就斷電一小時。



圖 5.實驗裝置圖

實驗六、探討電場是否會影響硝酸鉀的結晶

- 1、配置飽和硝酸鉀水溶液，分別取 30 公克，倒入兩杯 50ml 燒杯中。
- 2、將其中一杯溶液放入電場中，另一杯 為對照組。
- 3、一週後，紀錄硝酸鉀結晶情形。

實驗七、探討電場是否會影響檸檬酸的結晶

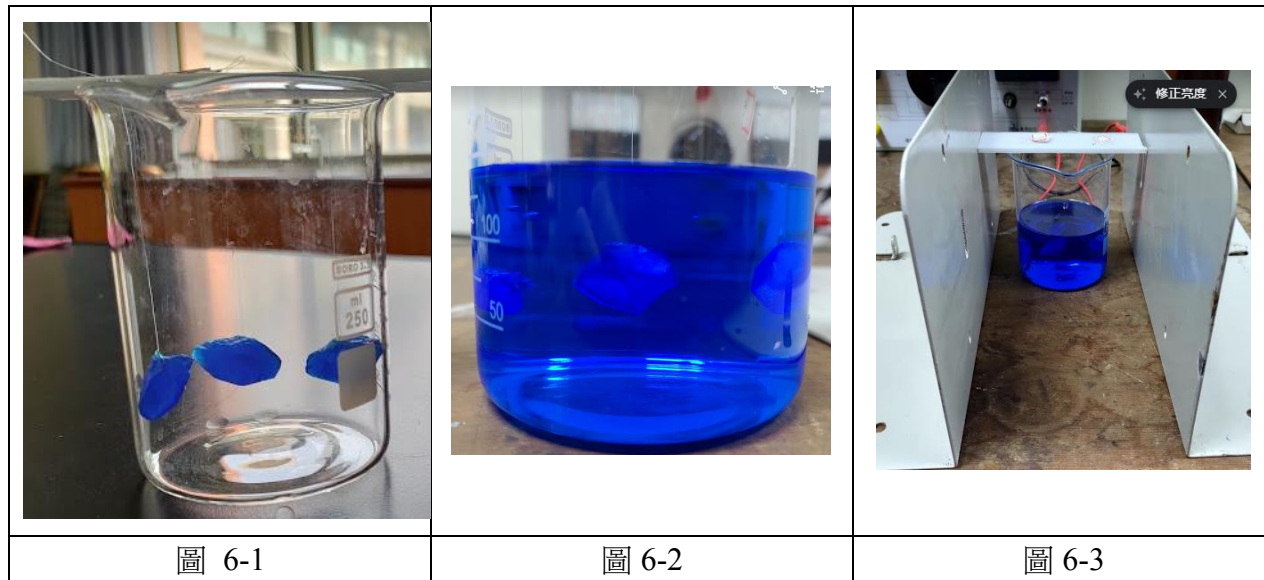
- 1、配置 1 飽和檸檬酸水溶液，分別取 30 公克，倒入兩杯 50ml 燒杯中。
- 2、將其中一杯溶液放入電場中，另一杯 為對照組。
- 3、一週後，紀錄檸檬酸結晶情形。

實驗八、探討電場是否會影響尿素的結晶

- 1、配置飽和尿素水溶液，分別取 30 公克，倒入兩杯 50ml 燒杯中。
- 2、將其中一杯溶液放入電場中，另一杯為對照組。
- 3、一週後，紀錄尿素結晶情形。

實驗九、探討距離金屬板不同位置，硫酸銅結晶的差異

- 1、準備 6 塊硫酸銅結晶，用釣魚線綁好好稱重後，三個一組，分別懸掛在燒杯上。如圖 6-1，而各倒入 150ml 的飽和硫酸銅溶液（如圖 6-2）。
- 2、將一杯燒杯放置於電場中（如圖 6-3），一杯遠離電場做為對照組。
- 3、靜置一週後，紀錄結晶情形。



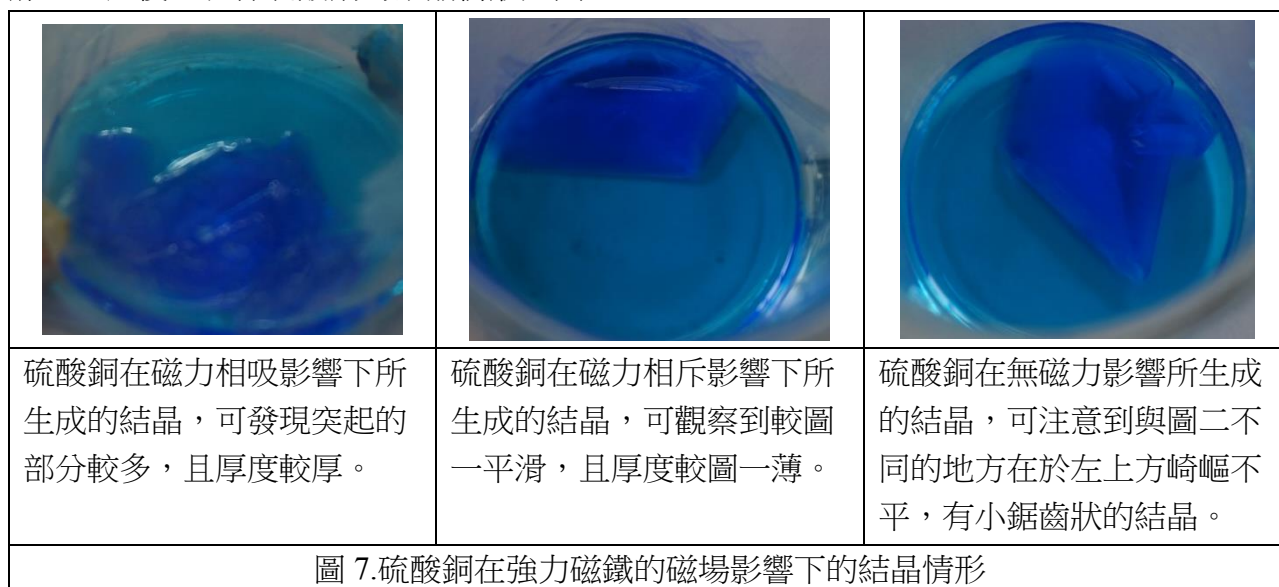
伍、研究結果與討論

第一部分：探討強力磁鐵的磁場對結晶的影響

一、實驗結果

實驗一：強力磁鐵的磁場是否會影響硫酸銅的結晶

靜置一週後，各杯硫酸銅的結晶情形如圖 7。







將結晶取出後，測量硫酸銅結晶的重量，結果如表 1。

表 1. 硫酸銅在強力磁鐵的磁場影響下的結晶重量				
磁場情形	結晶前溶液重	結晶後溶液重	水份蒸發量	硫酸銅結晶重量
相斥	40.0 克	25.3 克	9.7 克	5.0 克
相吸	40.0 克	24.6 克	9.8 克	5.6 克
對照組	40.0 克	26.7 克	8.0 克	4.3 克

實驗二：強力磁鐵的磁場是否會影響氯化鈉的結晶

靜置一週後，各杯氯化鈉的結晶情形如圖 8。

			
S,S 相斥的情況下所形成的結晶，分布較廣。	N,N 相斥的情況下所形成的結晶，分布較密集。	N,S 相吸的情況下所形成的，沒有形成結晶。	沒有磁力的情況下所形成的結晶，和粉末大小類似。
圖 8. 氯化鈉在磁力影響下的結晶情形			

將結晶取出後，測量硫酸銅結晶的重量，結果如表 2

表 2、氯化鈉在磁力影響下的結晶情形				
磁場情形	結晶前溶液重	結晶後溶液重	氯化鈉結晶重	水份蒸發量
相斥	40.0 克	30.6 克	3.9 克	9.4 克
相吸	40.0 克	31 克	4.6 克	9.0 克
對照組	40.0 克	30.4 克	4.2 克	9.6 克

二、研究討論：


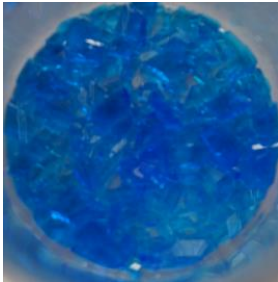
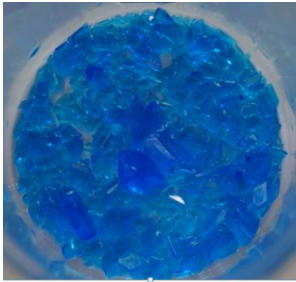
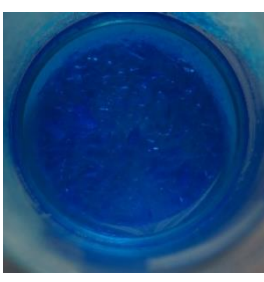
由實驗結果發現，在強力磁鐵的磁場影響下，硫酸銅的結晶重量會較大。我們推測在結晶的過程中，離子移動時會受到磁場的影響，造成結晶量的差異。只是磁鐵造成的磁場方向較不一致，因此我們決定討論線圈造成的磁場對結晶的影響。

第二部分：探討用漆包線所製造的磁場對結晶的影響

一、實驗結果：

實驗三：在蒸發結晶的情況下，線圈造成的磁場對硫酸銅結晶的影響

靜置一周後，觀察燒杯底部硫酸銅結晶情形，紀錄如圖 9。

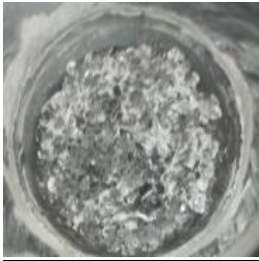



			
磁場 0.6mA 的情況下所形成的結晶，每一個結晶的形狀接近平行四邊體，結晶顆粒較大。	磁場 0.4mA 的情況下所形成的結晶，每一個結晶的形狀接近平行四邊體，結晶顆粒較大。	磁場 0.2mA 的情況下所形成的結晶，可發現其形狀接近平行四邊體，結晶顆粒較小。	在沒有磁力影響下所形成的結晶，每一個結晶的形狀接近平行四邊體，結晶顆粒較小。
圖 9. 硫酸銅在不同強度的磁場影響下的結晶情形			

將結晶取出，放置在濾紙上，靜待水份蒸發後，測量硫酸銅的重量，結果如表 3。

電流強度	結晶前溶液重	結晶後總重	結晶重量	水份蒸發量
0.6mA	50.0 克	33.8 克	6.4 克	16.2
0.4mA	50.0 克	33.8 克	5.1 克	16.2
0.2mA	50.0 克	30.2 克	5.0 克	19.8
對照組	50.0 克	32.8 克	4.8 克	17.1

實驗四：探討線圈造成的磁場對硝酸鉀結晶的影響

靜置一周後，觀察燒杯底部硝酸鉀結晶情形，紀錄如圖 10。





			
磁場 0.6mA 的情況下所形成的結晶，為顆狀結晶，顆粒較大，有攀壁現象。	磁場 0.4mA 的情況下所形成的結晶，為顆狀結晶，顆粒較大，攀壁現象十分明顯。	磁場 0.2mA 的情況下所形成的結晶，為顆狀結晶，顆粒較小，攀壁現象十分明顯。	沒有磁場影響的情況下所形成的結晶，為顆狀結晶，攀壁現象的位置些微明顯。
圖 10. 硝酸鉀在不同強度的磁場影響下的結晶情形			

將結晶取出，放置在濾紙上，靜待水份蒸發後，測量氯化鈉的重量，結果如表 4。

電流強度	結晶前溶液重	結晶後溶液重	結晶重量	水份蒸發量
0.6mA	50.0 克	37.7 克	10.3 克	12.3 克
0.4mA	50.0 克	38.8 克	10.1 克	11.2 克
0.2mA	50.0 克	34.8 克	9.6 克	15.2 克
對照組	50.0 克	34.2 克	9.1 克	15.8 克

實驗五：探討線圈造成的磁場對尿素結晶的影響

靜置一周後，觀察燒杯底部尿素結晶情形，紀錄如圖11。

			
磁場 0.6mA 的情況下所形成的結晶，為大針狀結晶，有攀壁現象。	磁場 0.4mA 的情況下所形成的結晶，為大針狀結晶，結晶情形較密集。	磁場 0.2mA 的情況下所形成的結晶，為小針狀結晶，結晶情形較分散。	沒有磁場影響的情況下所形成的結晶，為小針狀結晶，形狀與其他不同。
圖 11. 尿素在不同大小磁場影響下的結晶情形			

將燒杯中的溶液瀝乾後，測量尿素的重量，結果如表5。

電流強度	結晶前溶液重	結晶後溶液重	結晶重量	水份蒸發量
0.6mA	50.0	41.7	2.7	8.3
0.4mA	50.0	39.8	3.0	10.2
0.2mA	50.0	40.5	2.7	9.5
對照組	50.0	40.3	2.5	9.7

二、研究討論:

- 1、根據電流的磁效應，通電的線圈內部磁場強度只和電池強度及線圈的密集程度有關。我們在纏繞線圈時，只纏一層，確保線圈密集程度相同，因此我們可以利用通入電流的強度來代表磁場強度的差異。
- 2、將實驗三至實驗六，不同溶質在一周後結晶重量比較（如圖 12）發現當有磁場影響時，

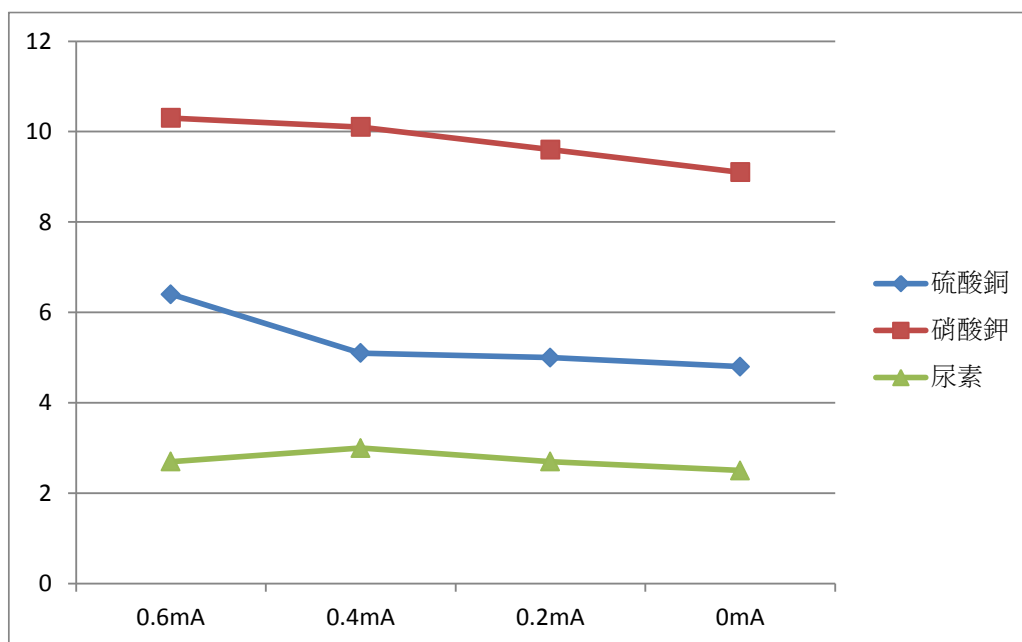


圖 12 不同溶質結晶重量比較

硫酸銅和硝酸鉀的結晶重量都較高，而且磁場愈強，結晶的重量也愈大，而尿素則較無明顯的變化。

- 3.比較不同電流強度下，水分蒸發量與結晶量之間的關係，並不是水蒸發的愈多，結晶量就愈大（見圖 13）。因此結晶重量的變化，可以排除線圈通電發熱的因素所造成。

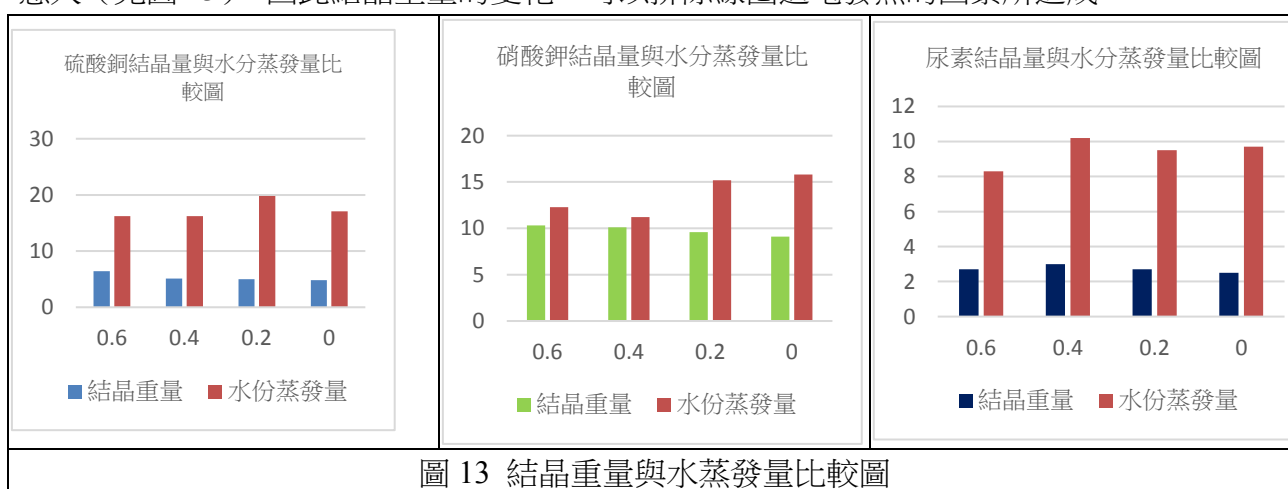


圖 13 結晶重量與水蒸發量比較圖

- 4.依據右手開掌定則，帶電的粒子在移動時會受到磁場的作用而改變移動方向，而硫酸銅和硝酸鉀都是強電解質，溶於水後幾乎都是以離子的形式存在，因此在結晶的過程中受到磁場的影響也較大。依據實驗的結果，磁場強度愈強，硫酸銅和硝酸鉀的結晶重量也愈

大，但對於非電解質的尿素，結晶重量就沒有明顯的差異，因此我們推論磁場會讓電解質的結晶量增加。

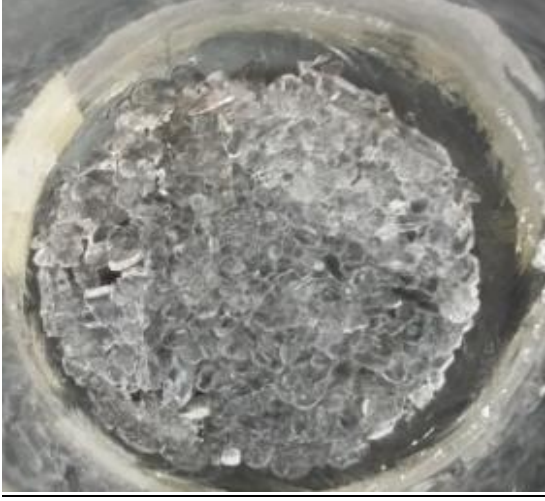

- 5.從結晶的外觀發現，在磁場作用下，磁場強度愈強，結晶的顆粒會愈大。我們的想法是：當沒有磁場作用下，離子在溶液中的移動方向是隨機的，而當有磁場作用時，因為正負離子所受的磁力剛好相反，因此在移動的過程中相遇的機會增加，造成了結晶的量及顆粒都較沒有磁場的情況下大。而尿素為非電解質，在溶液中是以不帶電的分子方式存在，不受磁場的影響，因此不同磁場強度下的結晶量，沒有明顯的不同。

第三部分：探討電場對結晶的影響

一、 實驗結果

實驗六、探討電場是否會影響硝酸鉀的結晶


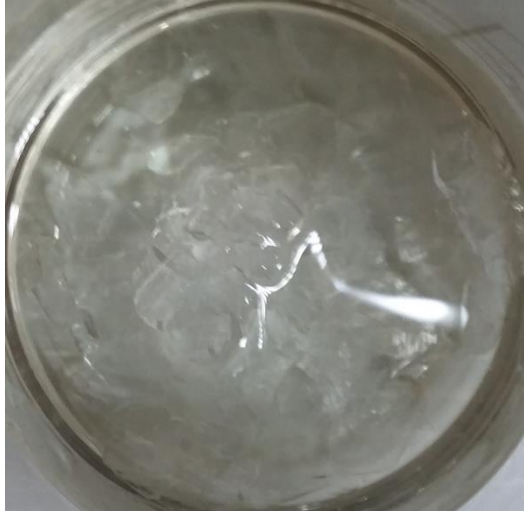
靜置一周後，觀察燒杯底部硝酸鉀結晶情形，紀錄如圖14

	
硝酸鉀在電場影響下所形成的結晶，為顆狀結晶，主體為一大塊硝酸鉀結晶。	沒有電場影響下所形成的結晶，為均勻顆狀結晶。
圖 14. 硝酸鉀在電場影響下一周後的結晶情形	

將燒杯中的溶液瀝乾後，測量硝酸鉀的重量，結果如表 6。

表 6、 硝酸鉀在電場影響下一周後的結晶情形				
電場有無	結晶前溶液重	結晶後溶液重	結晶重	水份蒸發量
有電場	50.0 克	36.3 克	4.1 克	13.7 克
對照組	50.0 克	38.2 克	3.1 克	11.8 克

實驗七、探討電場是否會影響檸檬酸的結晶



	
<p>檸檬酸在電場影響下所形成的結晶，為顆狀結晶，主體為一大塊結晶，有攀壁現象。</p>	<p>沒有電場影響的情況下所形成的結晶為顆粒狀結晶，有一結晶主體，也有攀壁現象。</p>
<p>圖 15. 檸檬酸在電場影響下一周後的結晶情形</p>	

將燒杯中的溶液瀝乾後，測量檸檬酸的重量，結果如表7。

表 7、 檸檬酸在電場影響下一周後的結晶情形				
磁場大小	結晶後溶液重	結晶後溶液重	結晶重	水份蒸發量
電場	50.0 克	39.4 克	5.2 克	10.6 克
對照組	50.0 克	37.9 克	4.1 克	12.1 克

實驗八、探討電場是否會影響尿素的結晶

靜置一周後，觀察燒杯底部尿素結晶情形，紀錄如圖16

	
<p>尿素在電場狀況下所形成的結晶，為塊狀結晶。</p>	<p>為沒有電場影響的情況下所形成的結晶，為顆狀結晶，且有攀晶現象。</p>
<p>圖 16. 尿素在電場影響下一周後的結晶情形</p>	

將燒杯中的溶液瀝乾後，測量尿素的重量，結果如表 8。

表 8. 尿素在電場影響下一周後的結晶情形				
電場有無	結晶前溶液重	結晶後溶液重	結晶重量	水份蒸發量
有電場	50.0 克	42.8 克	3.0 克	7.2 克
對照組	50.0 克	42.9 克	2.6 克	7.1 克

實驗九：探討距離金屬板不同位置，硫酸銅結晶的差異

硫酸銅晶體，懸掛燒杯上的相對應位置如圖17，放置一星期後，結晶的前後重量紀錄如表9。

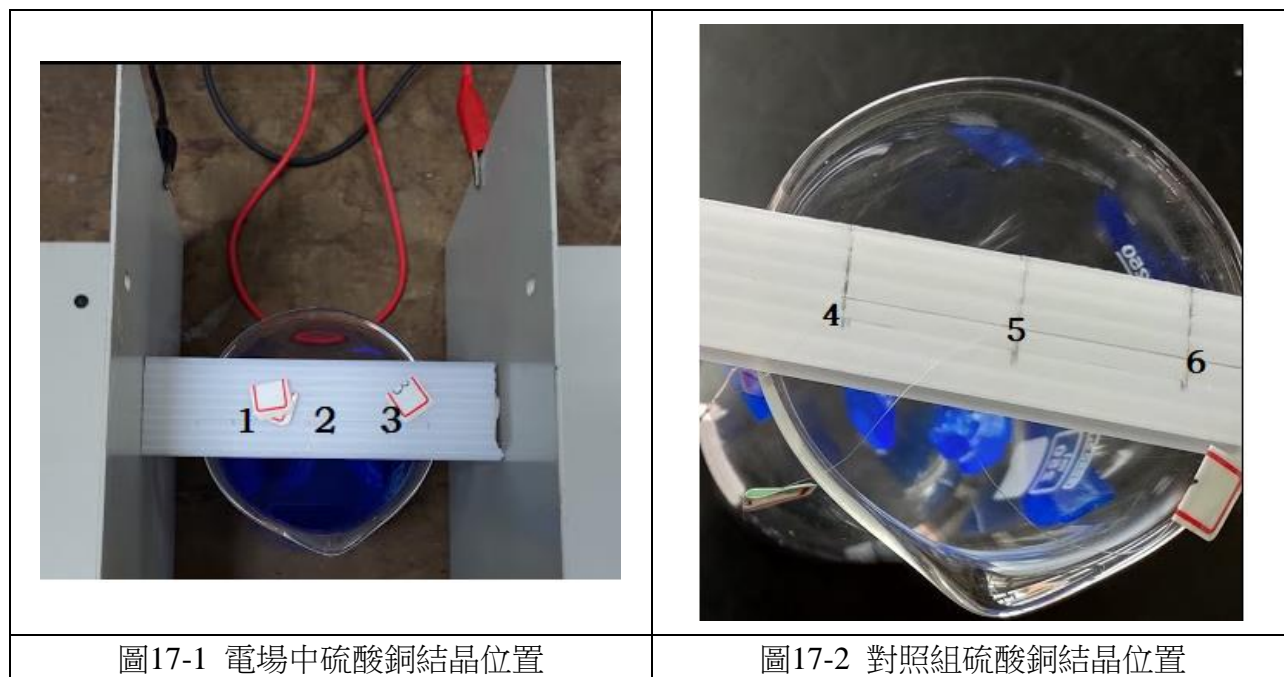


表 9 不同位置硫酸銅結晶量的變化						
組別	實驗組			對照組		
編號	1	2	3	4	5	6
靜置前結晶重 (克)	3.1	2.9	2.7	2.3	2.4	2.4
靜置後結晶重 (克)	5.4	6.5	5.8	5.6	5.4	5.0
重量差 (克)	2.3	3.6	3.1	3.3	3	2.6

二、研究討論

1、比較硝酸鉀、檸檬酸和尿素的實驗結果

(如圖 18)，在電場作用下，硝酸鉀和檸檬酸的結晶都有明顯的差異，而尿素則變化不大。

2、硝酸鉀和檸檬酸都是電解質，溶於水後形成離子，在沒有電場的作用下，運動方向是隨機的。但當有電場的作用時，正、負離子會分別負極與正極的電極的方向移動。移動的過程中，正負離子相遇的機會增加，因此結晶量也會增加。(如圖 19) 而尿素不是電解質，因此較不受電場影響。

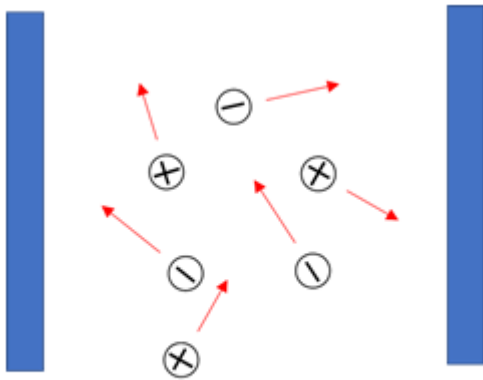
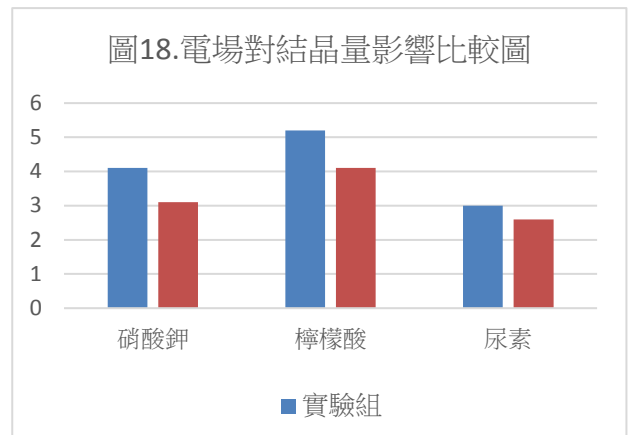


圖19-1 離子隨機移動

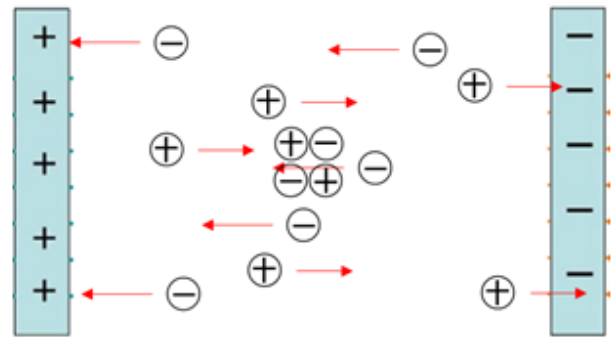
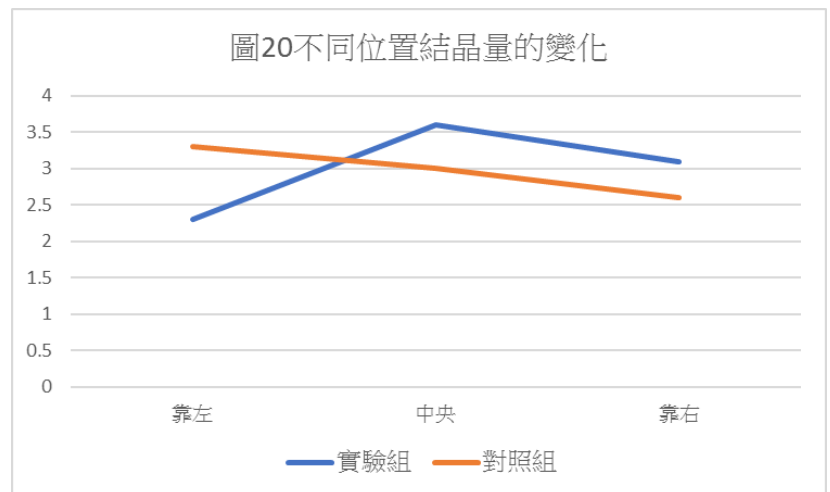


圖19-2 受到電場作用，離子有特定的移動方向

3、依照我們的推論，離子在電場的作用下，正離子往負極移到而負離子往正極移動，因此在兩塊電極板有中央，正負離子是最有機會相遇的位置，此處的結晶量應該會較靠近電極板處多，為了驗證我們的想法，而有了實驗十的設計。比較不同位置結晶量的變化(如圖 20)，可以發現在有中央位置處的結晶量是明顯的大於兩側的位置，支持我們的推論。



捌、結論

- 一、根據實驗的結果，在磁場的作用下，可以提升電解質水溶液的結晶量，但對非電解質水溶液的影響不會。
- 二、在電場的作用下，可以提升電解質水溶液的結晶量，而且結晶會較集中在兩塊電極的中央，但對非電解質水溶液的影響不會。

玖、參考資料

- 1、藍色夢幻—硫酸銅結晶的研究<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/57/pdf/080218.pdf>