

# 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：電解質溶液的電流磁效應

關 鍵 詞：電流磁效應、電解(電流的化學效應)

編號：030207

---

**學校名稱：**

臺南縣私立鳳和高級中學

**作者姓名：**

胡郁昇、許淑婷、林奕瑩、何孟穎

**指導老師：**

邱素芳



# 電解質溶液的電流磁效應

## 壹. 摘要

### 利用電解裝置說明

- 一、導線上由自由電子移動產生的電流可使磁針發生偏轉，那麼在電解時正、負離子分別往負極、正極移動所產生的電流也可使磁針發生偏轉。
- 二、由磁針偏轉的方向來判斷正、負離子移動的方向。
- 三、溶液上方及下方磁場方向相反且其磁場強度與電流大小有關這些皆與導線情形相同。
- 四、把磁針放在溶液中某位置時，因上方離子移動其電流所產生的磁場方向與下方離子移動其電流所產生的磁場方向相反，當兩者的強度相同，把磁針擺在這位置時，將不偏轉。

## 貳. 研究動機：

- 一、在上理化第十三章時，講到電解質為什麼可以導電時，電解質溶於水就分解成帶電的粒子，這些粒子叫離子。帶正電的離子稱為正離子，帶負電的稱為負離子，離子在溶液中可以自由的移動，當通以電流時，正離子移向負極，負離子移向正極，這些移動的離子，形成水溶液中的電流。
- 二、回想在理化十二章，剛學過電流的磁效應，任何通有電流的導線，都可以在其周圍產生磁場，使在附近的磁針發生偏轉。
- 三、金屬導線是靠自由電子的移動來導電，而電解質溶液是靠離子的移動來導電，那麼離子的移動是否也可以產生磁場，使指針發生偏轉。
- 四、通有電流的導線其上方與下方磁場方向相反，電解質溶液其上方與下方磁場方向是否也相反
- 五、在理化十三章習題問答題第 1 題中，有些人說：「某種水晶有磁性。」你如何證實或否定此一說法？答：以磁針靠近此種水晶，觀察磁針之指向是否受水晶影響而偏轉。那麼電解質溶液在未通電之前是否也具有磁性？

## 參. 研究目的：

- 一、電解質溶液在未通電之前是否具有磁性？
- 二、電解質溶液在通電之後是否有磁場產生？
  - (一) 在電極附近磁場方向與強度。
  - (二) 在溶液中不同深度位置其磁場方向與強度。
- 三、電解質溶液在通電之後如有磁場產生我們將探討哪些才是最主要影響其磁場強度的主要因素？
  - (一) 探討濃度或電流的改變，電解質溶液磁場強度的變化
  - (二) 探討濃度或電壓的改變，電解質溶液磁場強度的變化
  - (三) 不同的電解質在通電後產生的磁場強度是否相同

## 肆. 研究設備及器材

### 一、 器材：

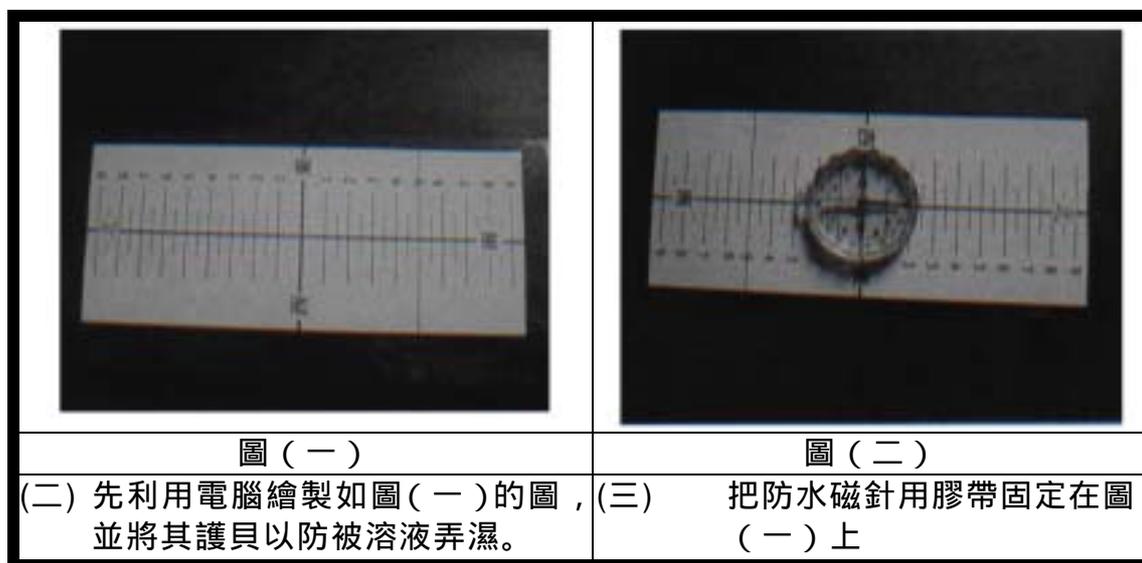
材料名稱	規格	數量	材料名稱	規格	數量
1 直流電源供應器	50v 5A	1 台	2 導線 (附銅夾)	1 公尺 30 公分	各 2 條
3 羅盤	防水 透明	3 個	4 碳棒	直徑約 1cm 長度約 10cm	2 根
伏特計	30V	1 個	6 安培計	5A	1 個
7 硬的塑膠板	5cm*12cm 打二個相距 8cm 直徑約 1cm 的洞	1 個	8 透明的壓克力板	15cm*45cm 打二個相距 8cm 直徑約 1cm 的洞	1 個
9 溫度計	0~100	1 支	10 塑膠尺	30cm	1 支
11 長方形透明容器	高度約 8 公分 10cm*20cm	1 個	12 長方形透明容器	高度約 8 公分 30cm*40cm	1 個

### 二、 藥品：

	1	2	3	4	5	6	7	8
藥品名稱	NaOH	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NaNO <sub>3</sub>	KCl	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	KNO <sub>3</sub>

### 三、 裝置：

(一) 在防水磁針及透明的壓克力板上用油性筆畫東西及南北兩條紅線。



(四) 把圖 (二) 黏貼在透明容器的底部。

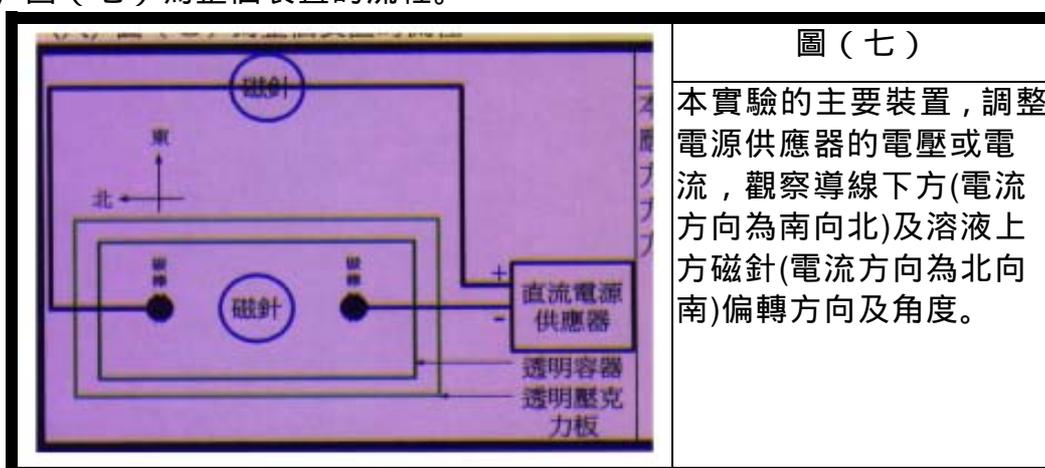
(註：主要將二電極的碳棒及溶液上方的磁針定位，以使視線不致傾斜較能更準確讀取讀數)

	
圖(三)	圖(四)
(五) 把透明的壓克力板覆蓋在容器上，並插上碳棒	(六) 在透明的壓克力板放置磁針。

(七) 圖(五)、圖(六)為實驗過程的圖片。

	
圖(五)	圖(六)
此為實驗過程中，第一位同學負責觀測導線上磁針偏轉的角度及方向，第二位同學負責觀測容器上方或下方磁針偏轉的角度及方向，第三位負責調整直流電源供應器的電壓或電流，第四位同學負責紀錄。	為通電後在容器上方磁針發生偏轉的情形。

(八) 圖(七)為整個裝置的流程。



## 伍. 研究歷程與方法：

### 一、 電解質溶液在未通電之前是否具有磁性

- (一) 配製 0.5M 的下列溶液： $\text{NaOH}$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaNO}_3$ 、 $\text{KCl}$ 、 $\text{K}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{K}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{KNO}_3$ 。
- (二) 以磁針靠近上述配好的靜止中的溶液，觀察磁針的指向是否受溶液的影響而偏轉。
- (三) 以玻璃棒攪拌溶液，讓溶液往同一方向(順時鐘或逆時鐘)流動或任意攪拌，再把磁針靠近溶液，觀察磁針之指向是否受溶液流動的影響而偏轉。
- (四) 結果紀錄在表(一)

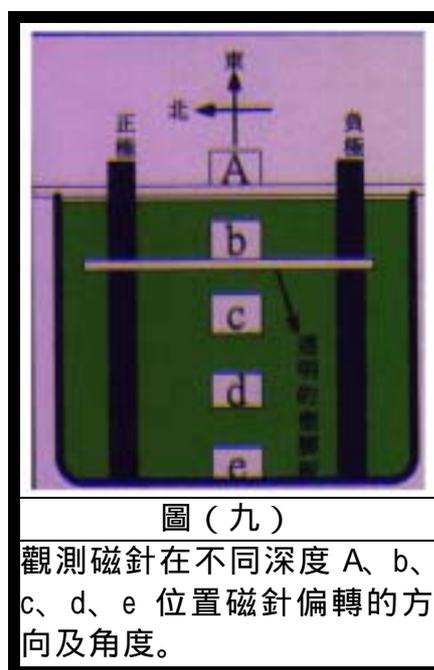
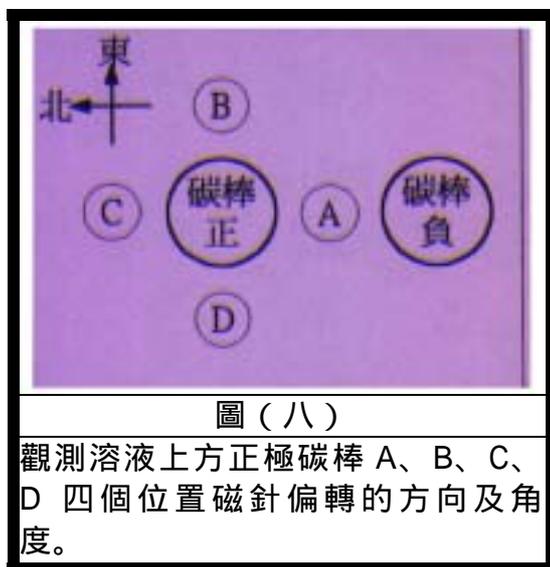
### 二、 電解質溶液在通電之後是否有磁場產生？

以下為(一)、(二)的實驗情況

裝置	溶液	電流	兩碳棒之間的距離	正電極	溶液高度
圖(三)	0.1M $\text{Na}_2\text{SO}_4$	2A	8.0cm	在北方	8.0cm

#### (一) 在電極附近磁場方向與強度

1. 如圖(八)，把磁針放置在壓克力板上的 A 點，打開電源，觀察其偏轉的情形？
2. 關閉電源
3. 把磁針分別移至 B、C、D 三點，重複步驟 1、2。
4. 結果紀錄在表(二)



#### (二) 在溶液中不同深度位置其磁場方向與強度

1. 利用透明的塑膠板把磁針固定放在溶液中不同深度位置如圖(九)中的 A、b、c、d、e，觀察磁針偏轉的情形？
2. 結果紀錄在表(三)

### 三、 電解質溶液在通電之後如有磁場產生我們將探討哪些才是最主要影響其磁場

### 強度改變的主要因素？

#### (一) 探討濃度或電流的改變，電解質溶液磁場的變化

裝置	電流	兩碳棒之間的距離	正電極	溶液高度	導線的電流方向	溶液的電流方向	磁針位置
圖(三)	改變	8cm	在北方	8.0cm	南向北	北向南	A 點

1. 如圖(五)的操作，透明容器內放 0.01M 的硫酸鈉，調整電流，觀察溶液上方及導線下方的磁針偏轉的情形。
2. 改使用 0.05M、0.1M、0.5M 的硫酸鈉溶液，重複 1。
3. 結果紀錄在表(四)

#### (二) 探討濃度或電壓的改變，電解質溶液磁場強度的變化

裝置	電壓	兩碳棒之間的距離	正電極	溶液高度	導線的電流方向	溶液的電流方向	磁針位置
圖(三)	改變	8cm	在北方	8.0cm	南向北	北向南	A 點

1. 如圖(五)的操作，透明容器內放 0.01M 的硫酸鈉，調整電壓，觀察溶液上方磁針偏轉的情形。
2. 改使用 0.05M、0.1M、0.5M 的硫酸鈉溶液，重複 1。
3. 結果紀錄在表(五)

#### (三) 不同的電解質在通電後產生的磁場強度是否相同

裝置	溶液	電流	兩碳棒之間的距離	正電極	溶液高度	磁針位置
圖(三)	0.5M 的不同的電解質溶液	2A	8cm	在北方	8.0cm	A 點

- (一) 如圖(五)的操作，容器中分別改放 NaOH、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、NaNO<sub>3</sub>、KCl、K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、KNO<sub>3</sub> 觀察溶液上方磁針偏轉的情形。
- (二) 結果紀錄在表(六)

## 陸. 研究結果：

### 一、 電解質溶液在未通電之前是否具有磁性

磁針是否有偏轉		0.5M 的溶液							
		NaOH	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NaNO <sub>3</sub>	KCl	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	KNO <sub>3</sub>
溶液是否 有攪拌	靜止	否	否	否	否	否	否	否	否
	攪拌	否	否	否	否	否	否	否	否

- (一) 無論把溶液從任何方向靠近磁針，磁針完全靜止不動。
- (二) 在配製藥品的過程中 NaOH 溶於水後放出大量的熱，KCl、K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、NaNO<sub>3</sub>、KNO<sub>3</sub> 溶於水後溶液的溫度下降，其餘藥品溶於水後溫度並沒有很明顯的變化。
- (三) K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 較不易溶解，其溶解速率較慢。

### 二、 電解質溶液在通電之後是否有磁場產生？

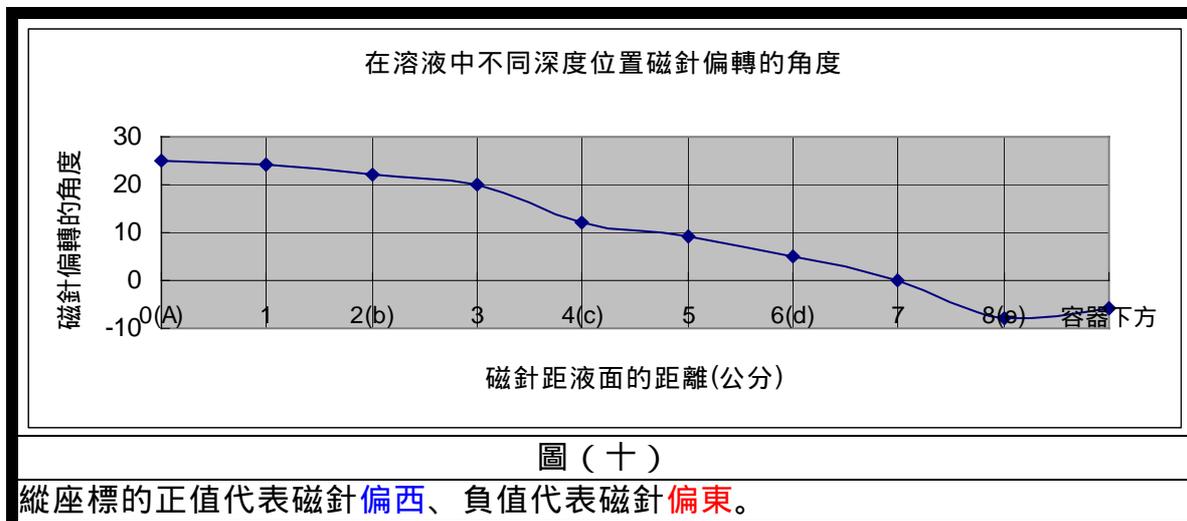
#### (一) 在電極附近磁場方向與強度

磁針在 壓克力 板的位置 (公分)	測量次數						平均	
	1		2		3		偏轉 方向	偏轉 角度
	偏轉 方向	偏轉 角度	偏轉 方向	偏轉 角度	偏轉 方向	偏轉 角度		
A	偏西	16	偏西	15	偏西	15	偏西	15
B	偏西	3	偏西	1	偏西	1	偏西	2
C	偏東	12	偏東	11	偏東	11	偏東	11
D	偏東	1	偏東	1	偏東	1	偏東	1

(二) 在溶液中不同深度位置其磁場方向與強度變化

磁針在溶液中的深度(公分)	測量次數						平均	
	1		2		3		偏轉方向	偏轉角度
	偏轉方向	偏轉角度	偏轉方向	偏轉角度	偏轉方向	偏轉角度		
0(A)	偏西	24	偏西	25	偏西	25	偏西	25
1	偏西	24	偏西	24	偏西	24	偏西	24
2(b)	偏西	22	偏西	22	偏西	21	偏西	22
3	偏西	19	偏西	20	偏西	20	偏西	20
4(c)	偏西	12	偏西	11	偏西	12	偏西	12
5	偏西	9	偏西	9	偏西	9	偏西	9
6(d)	偏西	5	偏西	5	偏西	5	偏西	5
7	偏西	0	偏西	0	偏西	0	偏西	0
8(e)	偏東	8	偏東	8	偏東	8	偏東	8
容器下方	偏東	7	偏東	6	偏東	6	偏東	6

磁針愈接近容器底部偏轉角度愈小，到了液面下 7 公分偏轉角度為 0 度，再往下偏轉方向相反。



三、 電解質溶液在通電之後如有磁場產生我們將探討哪些才是最主要影響其磁場強度的主要因素

(一) 探討濃度或電流的改變，電解質溶液磁場強度的變化

表 ( 四 )												
此表所紀錄的磁針偏轉方向皆向西												
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 溶液的濃度								導線			
	0.01M		0.05M		0.1M		0.5M		測量值 (度)	平均值 (度)		
電流 (安培)	測量值 (度)	平均值 (度)	測量值 (度)	平均值 (度)	測量值 (度)	平均值 (度)	測量值 (度)	平均值 (度)			測量值 (度)	平均值 (度)
0.1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	5		
	1		1		1		1		5			
	1		1		1		1		5			
0.2	2	2	2	2	2	2	2	2	8	9		
	2		2		2		2		9			
	2		2		2		2		9			
0.3	3	3	3	3	4	4	3	3	12	12		
	2		3		3		3		12			
	3		3		4		3		12			
0.4	4	4	5	4	5	5	4	4	15	15		
	4		4		5		4		15			
	4		5		6		5		15			
0.5	6	6	7	6	7	7	6	6	18	18		
	6		6		7		6		17			
	6		6		7		7		18			
1.0	直流電源供應器最大電壓為 50V，做到此電壓以達 47.6V 無法繼續做下去。		12	12	13	13	12	12	27	26		
			12		13		13		26			
			12		12		12		26			
1.5			18	18	19	19	19	19	19	19	32	32
			18		19		19		32			
			18		19		19		32			
2.0			22	22	24	24	24	24	24	24	38	39
			22		24		24		39			
			22		23		23		39			
2.5	27	27	29	29	30	29	30	29	41	42		
	27		28		29		42					
	27		29		29		42					
3.0	直流電源供應器最大電壓為 50V，做到此電壓以達 43V 無法繼續做下去。		32	32	33	32	33	32	45	45		
			32		32		32		45			
			32		32		32		45			
3.5			36	35	37	35	37	37	37	37	47	48
			35		37		37		47			
			35		37		37		47			

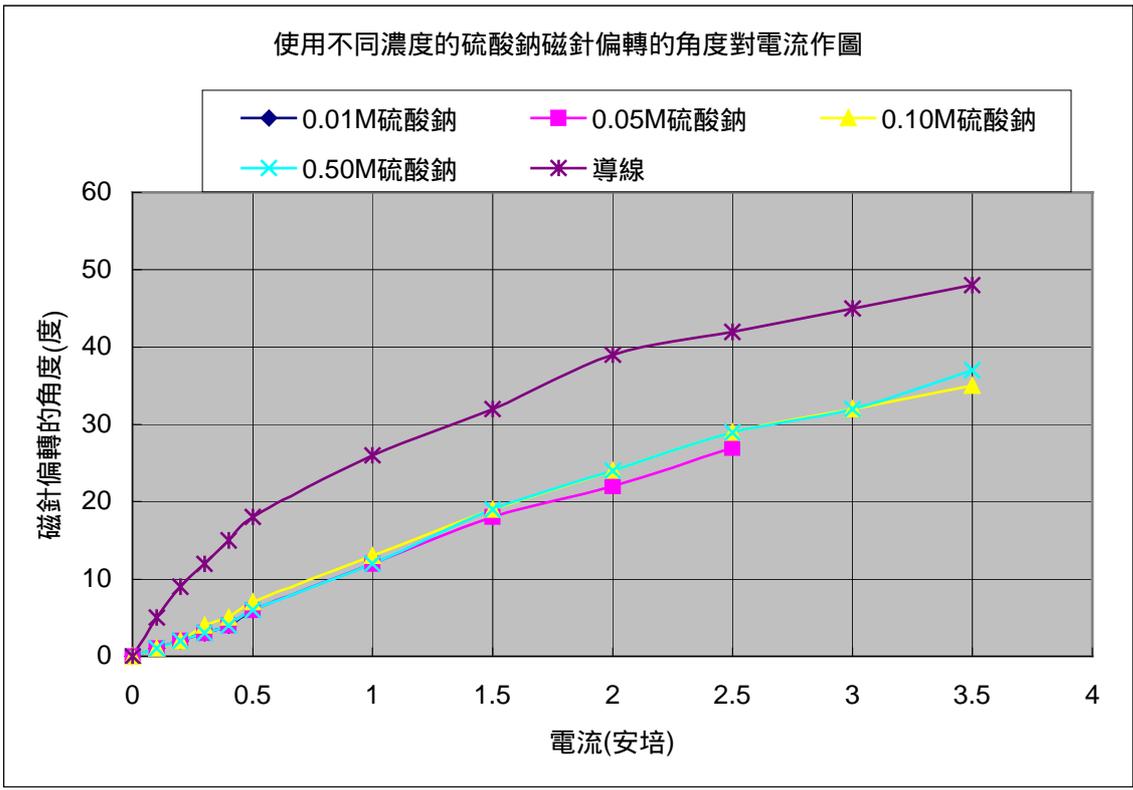


圖 (十一)

測量在不同濃度的硫酸鈉，改變電流時磁針在 A 點位置的偏轉角度與電流的關係圖

(二) 探討濃度或電壓的改變，電解質溶液磁場強度的變化

表 (五)								
此表所紀錄的磁針偏轉方向皆向西								
	溶液的濃度							
	0.01M		0.05M		0.1M		0.5M	
電壓 (伏特)	測 量 值 (度)	平 均 值 (度)	測 量 值 (度)	平 均 值 (度)	測 量 值 (度)	平 均 值 (度)	測 量 值 (度)	平 均 值 (度)
3.0	1	1	1	1	1	1	1	1
	1		1		1		0	
	1		1		1		1	
6.0	2	1	3	3	4	3	13	13
	1		3		3		12	
	1		3		3		13	
9.0	2	2	6	5	9	8	22	22
	2		4		8		22	
	2		5		8		22	
12.0	3	3	8	7	13	11	29	30
	3		7		11		30	
	3		7		11		30	
15.0	4	4	11	10	17	16	至此值流 電源供應 器無法在 調節	
	4		9		15			
	4		9		15			

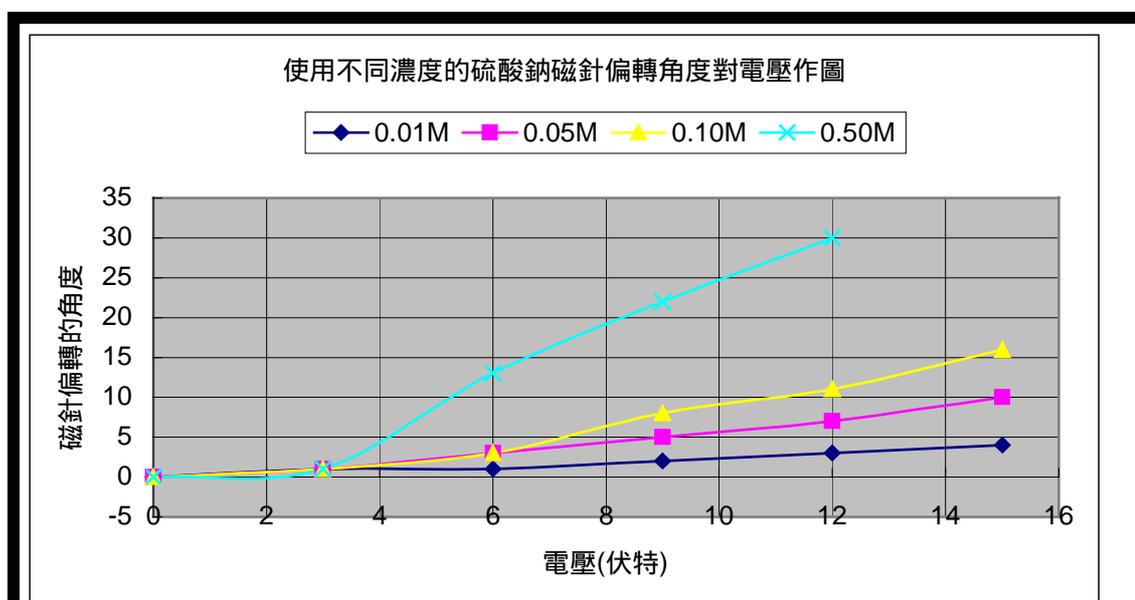
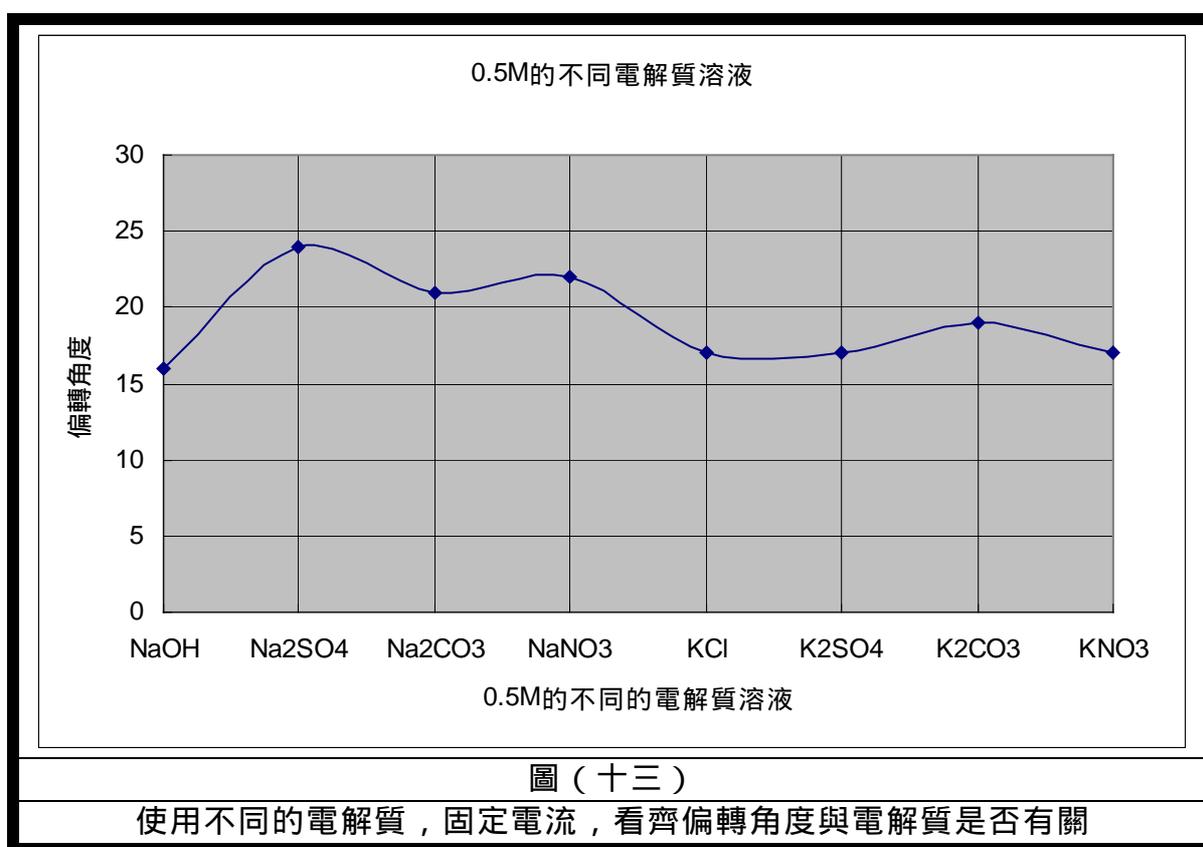


圖 (十二)

測量在不同濃度的氫氧化鈉，改變電壓時磁針在 A 點位置的偏轉角度與電壓的關係圖

(三) 不同的電解質在通電後產生的磁場強度是否相同

表 (六)								
電流 2A								
溶液的濃度為 0.5M								
此表所紀錄的磁針偏轉方向皆向西								
測量次數	NaOH	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NaNO <sub>3</sub>	KCl	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	KNO <sub>3</sub>
1	17	24	21	22	17	16	18	17
2	16	24	21	22	17	17	19	17
3	16	24	21	21	17	17	19	16
平均	16	24	21	22	17	17	19	17



柒. 討論：

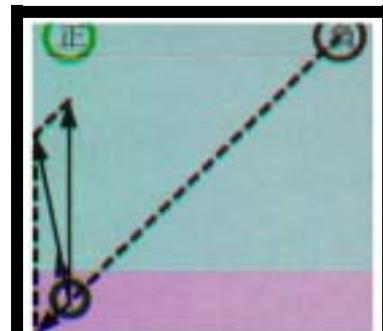
一、 電解質溶液在未通電之前是否具有磁性

由表（一）結果，可以推論，我們所使用的電解質溶液不管是否有無攪拌皆無磁性。

二、 電解質溶液在通電之後是否有磁場產生？

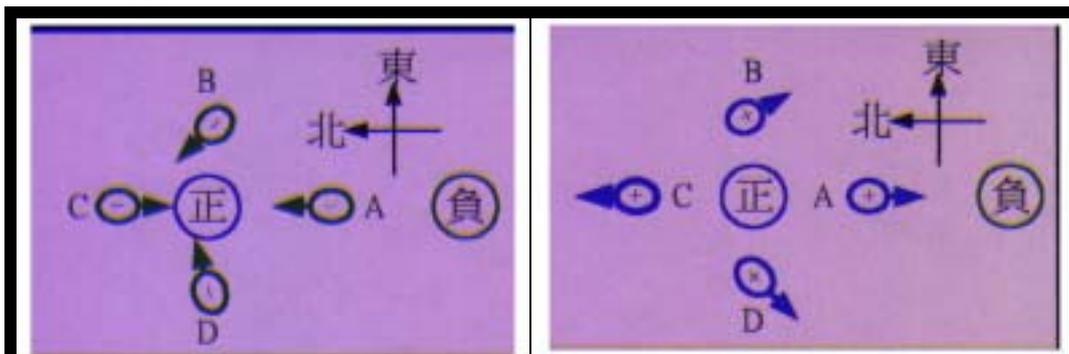
(一) 在電極附近磁場方向與強度

1. 由表（二）結果，可知偏轉角度的大小為  $A > C > B > D$
2. 利用圖（十一）方式，推測圖（十二）及圖（十三）離子在該點大略受力的方向，即為圖中箭頭方向。
3. 由右手定則判斷負離子在 A、B、C、D 四點建立的磁場方向，同理，推測正離子，如表（七）
4. 在表（七）我們推測出的偏轉方向與實驗結果只有在 D 點不同，可能受到影響的原因：
  - (1) 實驗進行中溶液中有氣泡產生影響離子的移動。
  - (2) 溶液附近上的導線電流所產生磁場的影響。



圖（十四）

利用合力的求法大略推測負離子在 D 點受力的情形



圖（十五）

圖（十六）

利用合力的觀念推測負離子在正極附近大略移動得情形

利用合力的觀念推測正離子在正極附近大略移動得情形

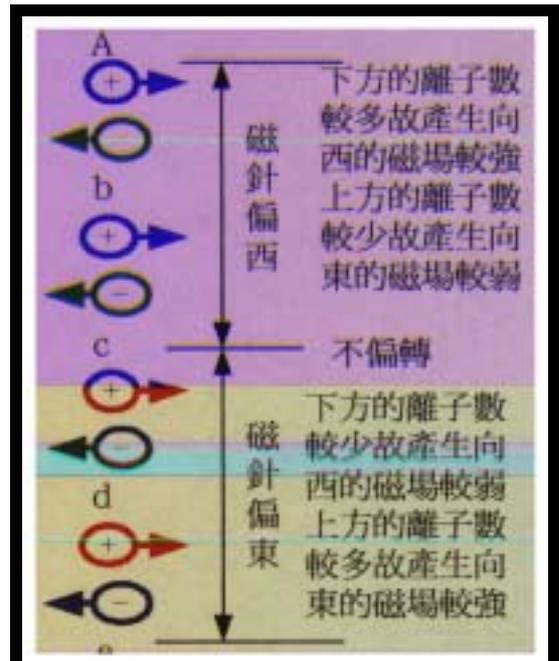
	右手定則		地球磁場方向強	由合成磁場觀念推測磁針偏轉方向	由表（二）的實驗結果	推測與實驗結果比較
	負離子弱	正離子弱				
A	向西	向西	向北	偏西	偏西 15°	符合
B	向南稍微偏西	向南稍微偏西	向北	偏西	偏西 2°	符合
C	向東	向東	向北	偏東	偏東 11°	符合
D	向北稍微偏西	向北稍微偏西	向北	偏西	偏東 1°	不符合

(二) 在溶液中不同深度位置其磁場方向與強度變化

1. 通有電流的導線其上方與下方磁場方向相反，如圖（十七），同理推測電解質溶液其正、負離子往相反方向前進時其上方與下方磁場方向也相反如圖（十八）。

<p>圖（十七）</p>	<p>圖（十八）</p>
<p>電流與電子流方向相反，磁針在導線上方及下方磁針偏轉的方向也相反。</p>	<p>電解質溶液通電後，正、負離子移動的方向相反，磁針在溶液上方及下方磁針偏轉的方向也相反。</p>

2. 如果如上 1 的推測，則溶液上方的磁針偏西，而溶液下方的磁針偏東，而在溶液正中間 C 點將不偏轉，如圖（十九）。
3. 由表(三)及圖(十)的實驗結果，溶液上方的磁針偏西，溶液下方的磁針偏東，與推測符合，但在溶液正中間 C 點並沒有不偏轉，而是發生在其更下方。
4. 我們推測可能溶液上方及下方離子移動速率不同所致，上方離子移動速率較快，下方離子移動速率較慢。也有可能我們實驗技巧不夠成熟所致。
5. 我們覺得此實驗更能證明，電解質溶液在通電之後有磁場產生，才能產生如此變化。



圖（十九）

在溶液中 A、b、c、d、e 位置由於其上方及下方離子數目不同，其磁場方向及強度將也不同。

### 三、電解質溶液在通電之後如有磁場產生我們將探討哪些才是最主要影響其磁場強度的主要因素

#### (一) 探討濃度或電流的改變，電解質溶液磁場強度的變化

由表(四)及圖(十一)可推論如下

1. 濃度相同時，電流愈大，導線或溶液上的磁針偏轉角度愈大。
2. 相同電流下，導線下磁針偏轉角度皆較溶液大。
3. 相同電流下，溶液上方(A 點)磁針偏轉的角度幾乎與溶液的濃度無關，可由圖(十一)看出，不同濃度的 NaOH 溶液其曲線幾乎皆重疊在一起。
4. 由此判斷，主要影響通電中電解質溶液磁場強度的主要因素為電流的大小。

#### (二) 探討濃度或電壓的改變，電解質溶液磁場強度的變化

由表(五)及圖(十二)可推論如下

1. 濃度相同時，電壓愈大，溶液上的磁針偏轉角度愈大。(因電壓愈大，電流也愈大故偏轉角度愈大)
2. 相同電壓下，濃度愈大，溶液上方(A 點)磁針偏轉的角度愈大。(因濃度愈大溶液的電阻愈小，故電流愈大，偏轉角度愈大)
3. 電壓愈大或濃度愈大，偏轉角度愈大，皆因為電流變大的緣故。

#### (三) 不同的電解質在通電後產生的磁場強度是否相同

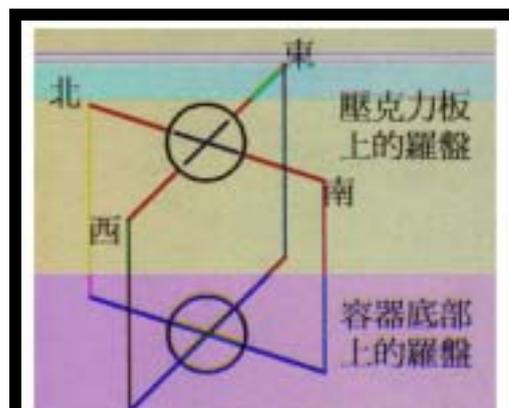
由表(六)及圖(十三)可推論如下

1. 不同的電解質其磁針偏轉的角度並沒有很大的差異。
2. 我們不能很明確的判斷不同的電解質溶液通電後並不影響磁場的強度

### 捌. 結論：

- 一、由上述的實驗，我們知道讓電解質中的正、負離子往相反方向前進時，會有磁場產生(理論上只要正、負離子不往同一方向皆有磁場產生，但以兩者以相反方向前進時產生的磁場最大)，其磁場的強度與導線中電流產生的磁場一樣主要與電流大小有關，電流愈大，磁場愈強。
- 二、由表(七)磁針偏轉的方向來判斷正、負離子大略移動的方向與我們預測的移動的方向圖(十五)及圖(十六)大略吻合。
- 三、在做 NaCl 及 KCl 時，電流會慢慢變小，不穩定。且在做的過程中有刺激味，老師說那是氯氣、而且此氣體有毒，故必須在通風良好的地方，且做的時間盡量縮短。
- 四、由於以上原因，加上在配製藥品的過程中 NaOH 屬於強鹼且溶於水後放出大量的熱，NaNO<sub>3</sub>、NaCl、KCl、KNO<sub>3</sub> 溶於水後會吸熱，在配製過程中要等其達到室溫。Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 與 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 雖屬於鹽類但溶液為鹼性，K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶解速率較慢，故以上實驗所使用的電解質為 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 較為合適，溶液為中性，且溶於水後溫度變化小幾乎無感覺。

五、本實驗所使用防水羅盤是透明的，最小刻度為 10 度，剛開始在讀羅盤時，有些困難，有時候視線稍微偏了，自己不知道，所讀取的刻度會差很大約 $\pm 5^\circ$ ，甚至  $10^\circ$  以上，如何使本實驗所讀取的刻度讀盡量準確，我們在羅盤及透明的壓克力板上用油性筆畫東西及南北兩條直線，並在容器底部放置如圖（二）做好的裝置（這樣才知容器是否有歪了），當要測量時，容器底部的羅盤、壓克力板及壓克力板上的羅盤，三個上面的兩條直線皆要對齊，這樣視線就不至於傾斜了。



圖（二十）

六、本實驗所使用防水羅盤，最小刻度為 10 度，在偏轉角度彼此在差異不是很大的情況下，很難下一個結論，但此磁針有一個特點，測量上不像其他的磁針搖晃很大。

在壓克力板、容器底部畫十字形對準指南針的東、西、南、北四方位。

七、由於鐵質物品會影響磁針的偏轉，所以這類物品最好要遠離實驗場所。

### 玖．參考資料及其他

作者	書名	版次	出版地	出版社	頁數	出版年
國立編譯館	理化第三冊				18 至 23 頁	88 年
國立編譯館	理化第三冊				47 至 50 頁	88 年
國立編譯館	選修理化第一冊				94 至 95 頁	87 年