

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 化學科

佳作

030216

當電與藝術邂逅

學校名稱：臺南縣私立興國高級中學(附設國中)

作者： 國三 李建忠 國三 李修甫 國三 吳睿致 國三 楊仲凱	指導老師： 黃淑芬
---	------------------

關鍵詞：電解、酸鹼、氧化還原

當電與藝術邂逅

壹、摘要

我們利用電解水或其他反應時，在兩極產物本身有顏色或使酸鹼指示劑產生變化，做出具有多種色彩的化學畫板。我們採用了 KI、CuSO₄、KNO₃、NaNO₃、K₃Fe(CN)₆ 等多種電解液或加有酸鹼指示劑，以及不鏽鋼、鋁箔、黃銅板、銅片等多種導電板，在不同的電壓及濃度下，以一系列的實驗，得出許多不同的結果，並比較出其優劣性。我們發現以 0.3M 的混合液(KI：酚酞=4：1)為電解液，不鏽鋼為導電板時，通以 3V 的直流電，正、負兩極均可分別立刻產生褐色及粉紅色，達到雙色的效果；電解紫色高麗菜汁可得到紅色或綠色字；電解赤血鹽正極可得藍色；電解硫酸銅負極可得黑色。

貳、研究動機

理化實驗課時，我們曾做過許多不同的電解實驗，其中電解紫色高麗菜汁時，在正負極有明顯顏色的變化令我們驚奇。所以我們想，如果能夠運用各種電解反應所造成的顏色，進一步呈現在紙上，即可以形成特別且五彩繽紛的一張圖畫。

參、研究目的

本作品主要是利用電解原理，在紙上進行化學反應後顯現不同的顏色。探討的變因有電解液種類與濃度、電解電壓、導電板材質、畫紙材質、畫筆材質等等，找尋最佳條件後，再運用國中所學的基本電路製作一個可以隨身攜帶演示的魔術畫板。

- 一、找尋在濾紙上電解碘化鉀溶液所需之最低濃度，最小電壓。
- 二、探討不同導電板、不同畫紙、不同畫筆、不同電解液使字跡清楚所需的條件。
- 三、測量各種不同條件下對溶液電阻的影響。
- 四、探討不同消除液對字跡的消除效果。
- 五、利用生活中常見物品做出最合適的畫板。

肆、研究設備及器材

一、研究器材

略。

二、藥品

碘化鉀(KI)、硝酸鉀(KNO₃)、硝酸鈉(NaNO₃)、硫酸銅(CuSO₄·5H₂O)、赤血鹽(K₃Fe(CN)₆)、硫代硫酸鈉(Na₂S₂O₃)、檸檬酸(C₆H₈O₇)、紫色高麗菜汁、本氏液、多倫試液、斐林試液、酚酞指示劑、廣用指示劑、澱粉液

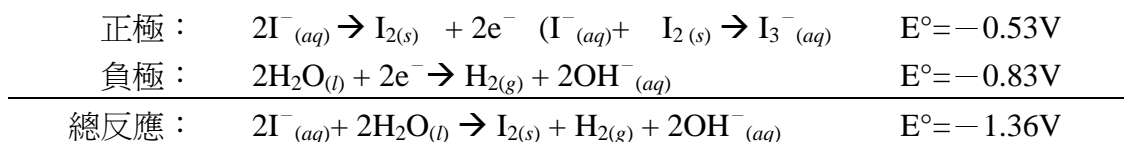
伍、研究過程或方法

【文獻探討】

電解，是通直流電於電解液中，使電解質發生化學反應的過程，電解時將電能轉換為化學能。電解質分解反應是非自發性的氧化還原反應，其電動勢為負值，從外界供給電能時，可迫使反應發生，所以電解是一種被迫的氧化還原反應。

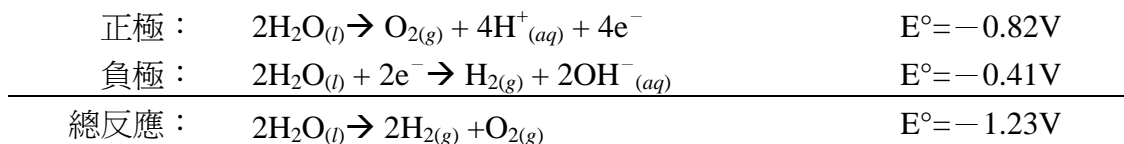
電解質在水溶液中產生陰、陽離子，通直流電於溶液中，陽離子游向負極被還原析出金屬或氫氣等產物，在中性電解質溶液中，若是水進行電解反應，會伴隨著有 OH^- 的生成而使負極呈現鹼性；陰離子游向正極被氧化析出非金屬或氧氣等產物，在中性電解質溶液中，若是水進行電解反應，會伴隨著有 H^+ 的生成而使正極呈現酸性，因此若酸鹼指示劑存在時，則酸鹼指示劑會隨電極附近溶液之酸鹼性而有顏色的改變。而電解所需的電壓應超過電解質被分解的氧化還原反應之電動勢。

(一) 電解碘化鉀溶液：

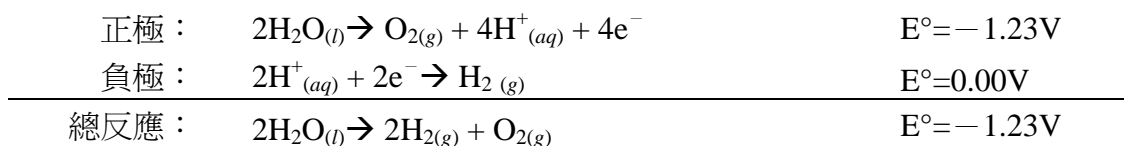


若溶液中的 $\text{I}^-_{(aq)}$ 會與產物 $\text{I}_{2(s)}$ 產生棕褐色 $\text{I}_3^-_{(aq)}$ ；若溶液中含有澱粉， $\text{I}_2 + \text{澱粉} \rightarrow \text{I}_2\text{-澱粉}$ (藍色)，會產生藍色。

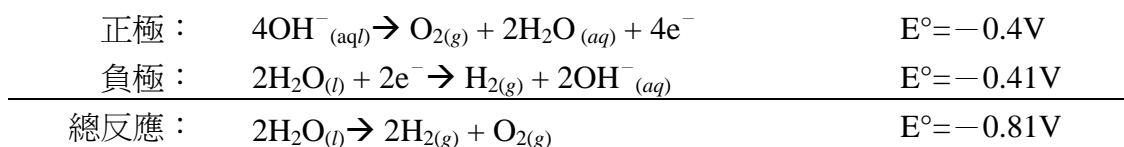
(二) 電解水(中性電解質時)溶液：



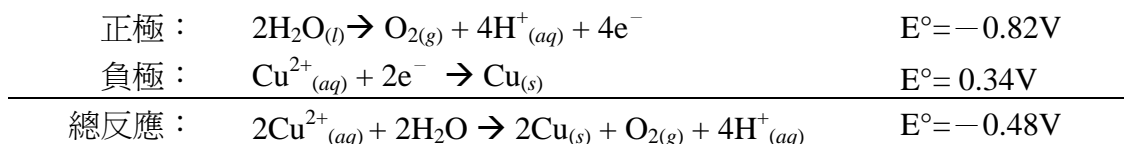
(三) 電解水(酸性電解質時)溶液：



(四) 電解水(鹼性電解質時)溶液：



(五) 電解硫酸銅水溶液：



常見酸鹼指示劑的變色情形為：

	酸性	中性	鹼性
酚酞指示劑	無色	無色	紅色
廣用指示劑	紅橙黃	綠	藍靛紫
紫色高麗菜汁	紅	紫	黃綠

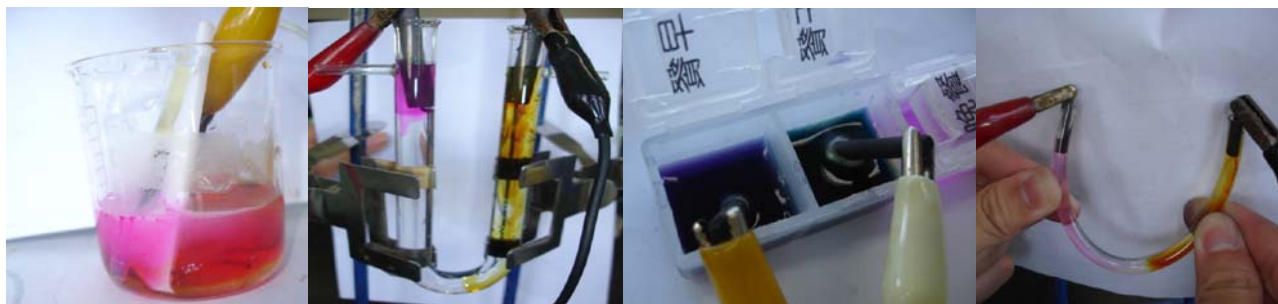
【第一部份：電解實驗】

實驗一：比較不同裝置對電解反應之影響

〈一〉試劑：1 M KI 溶液、紫色高麗菜汁

〈二〉實驗步驟：

1. 取 1 M KI 溶液加入酚酞指示劑(體積比 4 : 1)做為電解液。
2. 分別以燒杯(50mL)、U 型管、小藥盒、水管等等為電解裝置，如圖(一)所示。電源供應器調整到電壓 10V，以導線串聯安培計，導線兩端接上碳棒做為電極。
3. 記錄所取用 KI 的量。碳棒浸入液面下 1.5 cm，打開電源後，記錄電流值並觀察電解的情形。
4. 以紫色高麗菜汁重覆上述實驗。



燒杯

U 型管

小藥盒

水管

(圖一)四種不同電解裝置

實驗二：比較不同電壓對電解紫色高麗菜汁之影響

〈一〉試劑：紫色高麗菜汁

〈二〉實驗步驟：

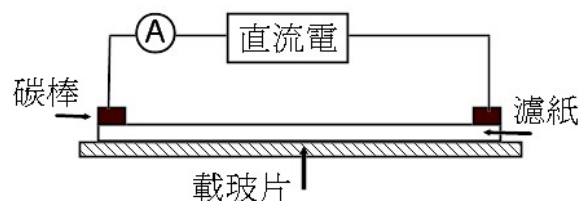
1. 將 8 mL 紫色高麗菜汁倒入單格的小藥盒中，用摺成一半的濾紙隔開兩邊，再用接成通路的碳棒電解，在不同的電壓下，記錄顏色產生明顯變化的時間。
2. 改用雙格小藥盒，分別倒入 8 mL 紫色高麗菜汁，兩格之間的隔板有打洞，可以溝通兩邊的溶液成為通路。重覆上述實驗。

實驗三：探討在紙上進行電解不同的水溶液的實驗

〈一〉試劑：1 M KI、KNO₃、NaNO₃、CuSO₄ 溶液

〈二〉實驗步驟：

1. 取濾紙(5 cm*2 cm)一張，置於載玻片上，滴上 KI 溶液 0.2 mL 後，將電極壓在濾紙兩端距離 5 cm 上，電源供應器調整到電壓 5 V，以導線串聯安培計。示意圖如圖(二)。打開電源後，記錄電流值。
2. 改變不同電解質；不同電壓為 10、15V；不同電極距離 1、3 cm；不同紙類，使用蒸籠布、茶包袋、書畫紙、咖啡用濾紙等等重覆上述實驗。



(圖二)在濾紙上之電解裝置

實驗四：探討在廣用試紙上進行電解水的實驗

〈一〉試劑：0.1、0.5、1 M KNO_3 、 NaNO_3 溶液

〈二〉實驗步驟：

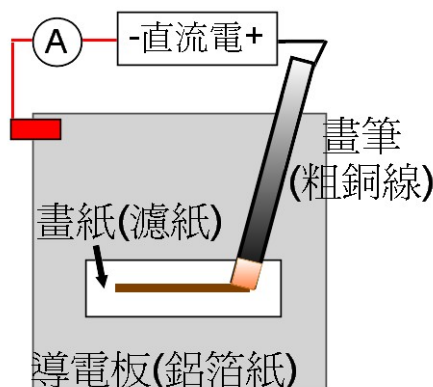
1. 剪一長度 4 cm 廣用試紙，置於載玻片上，滴上 0.2 mL、0.1 M 的 KNO_3 溶液。將電極壓在廣用試紙兩端，通以 10V 之直流電。裝置如圖(二)。
2. 記錄正、負極顏色到達 1 cm 所需之時間，以及兩種顏色相遇時之距離。
3. 改變其他條件，重覆上述實驗。

實驗五：比較不同導電板對電解 KI 溶液的影響

〈一〉試劑：0.5M KI 溶液 + 酚酞

〈二〉實驗步驟：

1. 取濾紙(裁成 4 cm*2 cm)一張做為畫紙，置於做為導電板的鋁箔紙上，滴上 0.2 mL 電解質溶液。將負極夾於鋁箔紙一端，以粗銅線為正極畫筆。基本畫板的示意圖如圖(三)。
2. 調整直流電源供應器，用銅線在濾紙上畫直線，記錄可以清楚顯現字跡最小電壓。
3. 改變導電板、電池正負極，重覆上述實驗。



(圖三)畫板示意圖

實驗六：比較不同畫紙對電解 KI 溶液的影響

- 〈一〉試劑：0.5 M KI 溶液 + 酚酞
- 〈二〉實驗步驟：略。

實驗七：比較不同電解液的影響

- 〈一〉試劑：1M CuSO₄ 溶液、紫色高麗菜汁、硝酸鉀/酚酞、硝酸鉀/廣用指示劑
- 〈二〉實驗步驟：略。

實驗八：比較不同畫筆的影響

- 〈一〉試劑：1M CuSO₄ 溶液、紫色高麗菜汁、1M 硝酸鉀/酚酞、1M 硝酸鉀/廣用指示劑、1M 赤血鹽溶液
- 〈二〉實驗步驟：略。

實驗九：比較不同溶液清除字跡的效果

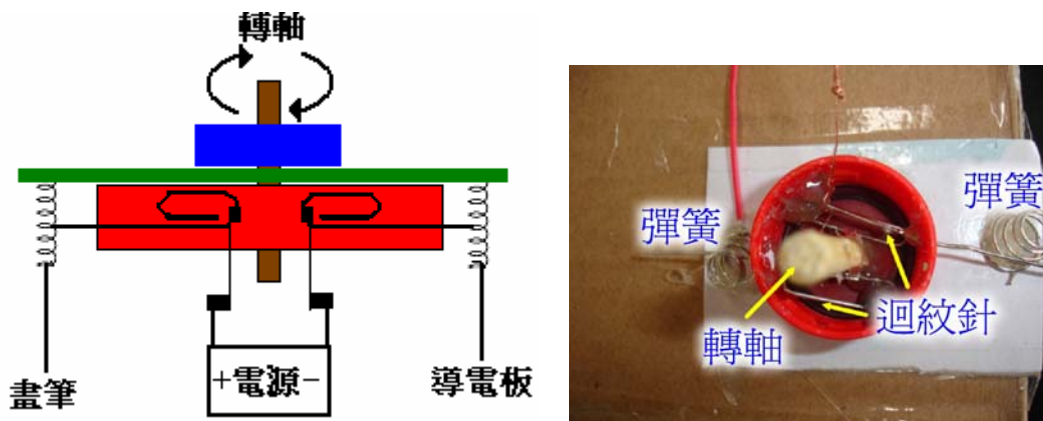
- 〈一〉試劑：1M Na₂S₂O₃ 溶液、檸檬酸溶液
- 〈二〉實驗步驟：
 1. 將經由電解在濾紙上所產生的字跡，滴上數滴 Na₂S₂O₃ 溶液，記錄情形。
 2. 改用檸檬酸溶液取代 Na₂S₂O₃ 溶液，記錄情形。

【第二部份：應用部份】

實驗十：正負極轉換開關

- 〈一〉第一代：

步驟略。示意圖與照片，參考圖(四)。



圖(四) 第一代正負極轉換開關

- 〈二〉第二代：

步驟略。參考圖(五)。



圖(五) 第二代正負極轉換開關

實驗十一：攜帶型隨身畫板

〈一〉變因：電源、導電板、畫筆

〈二〉實驗步驟：略。

陸、研究結果

【第一部分：電解實驗】

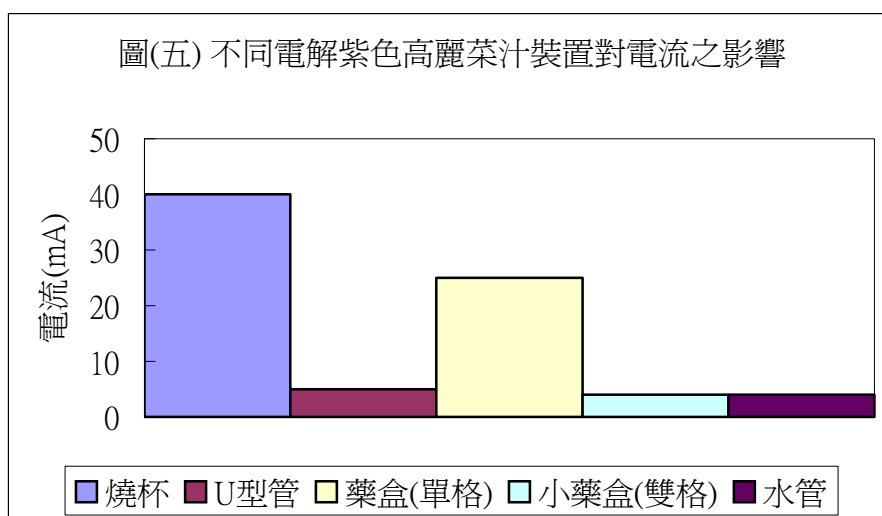
一、進行【實驗一與實驗二】所得結果，整理於(表一)與(表二)，圖(五)~圖(七)。

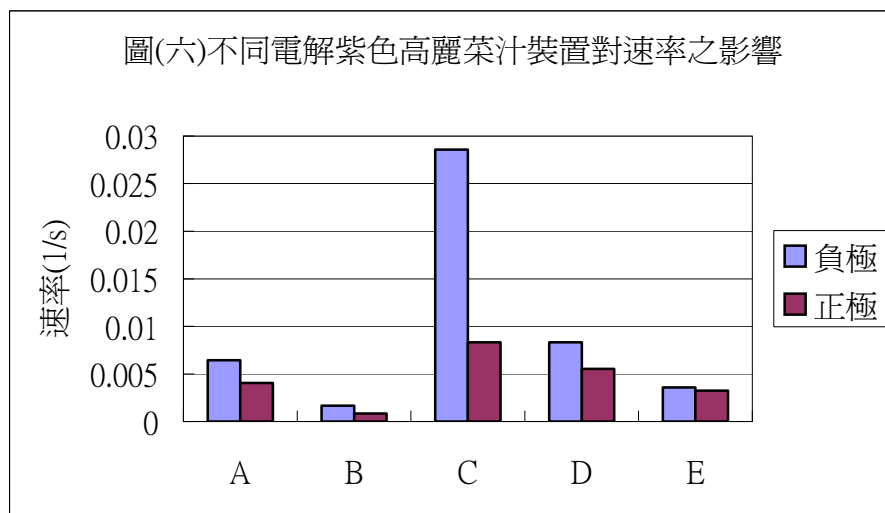
(表一) 不同電解裝置的比較

電解液	不同裝置	用量 (mL)	電流 (mA)	兩電極 距離(cm)	正負極顏色及出現時間	
					正極	負極
KI	燒杯	20	850	4	褐色，馬上	粉紅色，馬上
	U型管	20	39	11	褐色，約 3s	粉紅色，馬上
	小藥盒(單格)	8	1300	2	褐色，馬上	粉紅色，馬上
	小藥盒(雙格)	8	47	4	褐色，約 3s	粉紅色，馬上
	水管(10 cm)	2	97	7	褐色，馬上	粉紅色，馬上
	水管(15 cm)	2	16	12	褐色，馬上	粉紅色，馬上
紫色高麗菜汁	燒杯	20	40	4	深紫色，4min 7s	墨綠色，2min35s
	U型管	20	5	11	沒明顯變化，20min	墨綠色，10min
	小藥盒(單格)	8	25	2	深紫色，1min5s	墨綠色，35s
	小藥盒(雙格)	8	4	4	深紫色，3min	墨綠色，2min
	水管(10 cm)	2	4	7	深紫色，5min7s	墨綠色，4min37s
	水管(15 cm)	2	5	12	深紫色，5min30s	墨綠色，5min

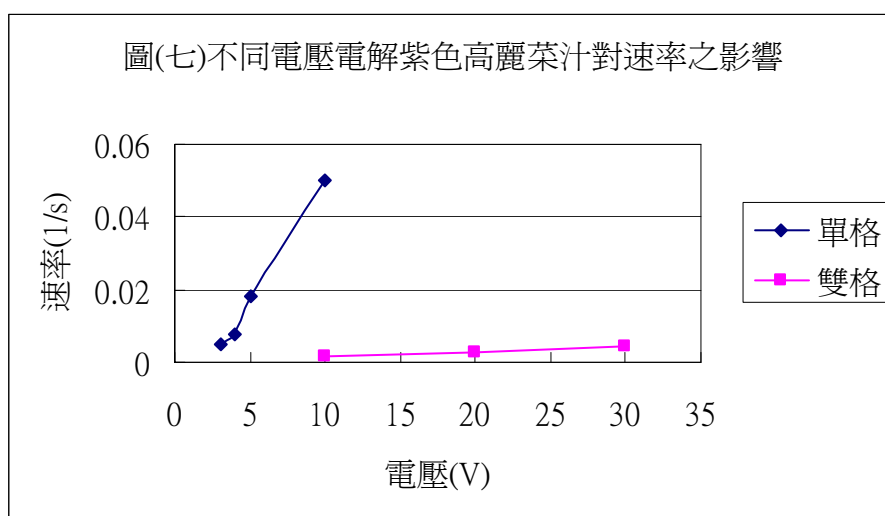
(表二)不同電壓下電解紫色高麗菜汁變色之時間

裝置	小藥盒(單格)				小藥盒(雙格)		
電壓	3V	4V	5V	10V	10V	20V	30V
顏色產生時間	3min30s	2min10s	50s~1min	20s	10min	6min30s	3min40s





A：燒杯, B：U型管, C：小藥盒(單格), D：小藥盒(雙), E：水管



- 〈一〉我們剛開始依照教科書上的步驟以燒杯進行電解 KI 實驗，兩極通以電流後，馬上可以看到兩極附近產生變化。正極附近溶液變成褐色，負極附近的溶液顏色變成了粉紅色，電極附近的顏色隨時間增加而變深。但所需 KI 的量很大，而且若要清楚觀察正負極的差異，要在燒杯中以濾紙分隔開來，分隔板的製作並不方便。
- 〈二〉進一步以 U 型管代替燒杯，兩極的變化較不會互相干擾，可以清楚觀察，正極的反應所需的電流要較大，溶液的電阻明顯較在燒杯中高很多，所以慢了一些才出現變化，負極的反應則影響不大。
- 〈三〉為了減少用量，改用理化老師自己設計的減量小藥盒裝置代替燒杯，使用兩格即可以有隔板，兩格之間的隔板有打洞，可以溝通兩邊的溶液成爲通路，但溶液的電阻明顯高，與在 U 型管中的相近。而在單格藥盒中，溶液的電阻可以較小，與在燒杯中的相近，但用量可以少了將近 2/3。
- 〈四〉我們進一步想減少用量但又可以輕易觀察，所以用水管代替 U 型管進行實驗。水管可以方便調整長度，減少用量，與 U 型管相比較可以少用了將近 9/10。但受限於水管本身的彈性，長度低於 8cm 時即不容易彎成 U 型，且當我們把溶液加到水管中時，管內很容易產生氣泡，而把溶液區隔開來形成斷路。

〈五〉由於 KI 為強電解質，因此在所有裝置中均可以很快速看到反應發生，但由圖(六)及圖(七)，電解紫色高麗菜汁時，在沒有外加任何電解質來幫助導電時，運用小藥盒雙格裝置時，如果電壓 3~5V 時，時間會拉長到 10 分鐘以上；調高電壓至 10V，可以縮短時間到 3min 左右。若在單格中反應，很明顯的，同一溶液中的反應速率會更快！但若使用 U 型管，正極 20min 還沒有明顯變化，溶液電阻較在燒杯或單格小藥盒中大很多，不太適合於短時間內觀察。

〈六〉由圖(六)，電解過程中，不管何種裝置，負極的反應速率均較正極快，也可以在負極附近看到很多氣泡的生成，在單格小藥盒中，負極的速率約為正極的 3.4 倍。

〈七〉綜合以上四個裝置，以減量減廢與縮短反應觀察時間，電解 KI 時，裝置明顯是水管會優於小藥盒，其次是燒杯，時間最長的為 U 型管。若是電解紫色高麗菜汁，小藥盒單格效果明顯比雙格的佳。

二、進行【實驗三】所得結果，整理於(表三)與圖(八)。

(表三)不同變因下所測得之電流值

KI--濾紙			
cm \ V	5	10	15
5	4	6	12
3	5	9	18
1	10	18	36

KI--蒸籠布			
cm \ V	5	10	15
5	4	7	11
3	5	11	16
1	8	20	30

KI--茶包袋			
cm \ V	5	10	15
5	2	4	6
3	2	5	9
1	4	9	18

KNO ₃ --濾紙			
cm \ V	5	10	15
5	2	5	8
3	3	7	11
1	4	16	24

KNO ₃ --蒸籠布			
cm \ V	5	10	15
5	3	7	8
3	3	10	11
1	6	20	25

KNO ₃ --茶包袋			
cm \ V	5	10	15
5	2	6	10
3	3	10	15
1	4	17	32

NaNO ₃ --濾紙			
cm \ V	5	10	15
5	2	5	7
3	3	7	12
1	5	15	25

NaNO ₃ --蒸籠布			
cm \ V	5	10	15
5	2	4	7
3	3	6	10
1	5	13	25

NaNO ₃ --茶包袋			
cm \ V	5	10	15
5	2	5	8
3	3	7	12
1	5	15	25

CuSO ₄ --濾紙			
cm \ V	5	10	15
5	2	4	6
3	3	5	8
1	4	10	14

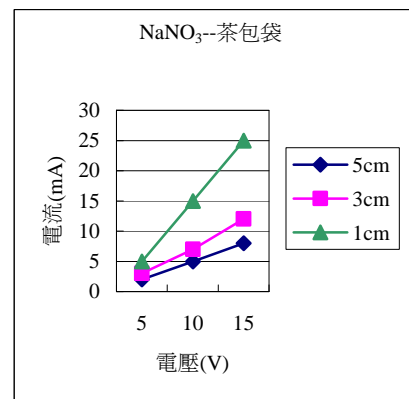
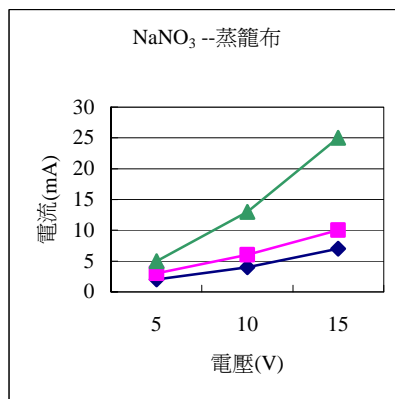
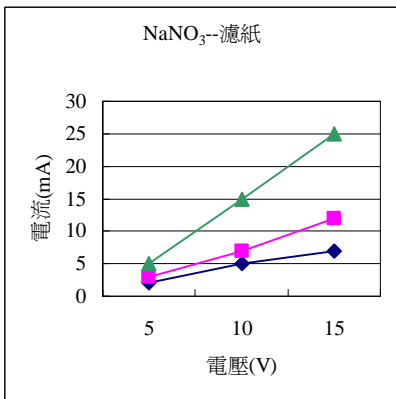
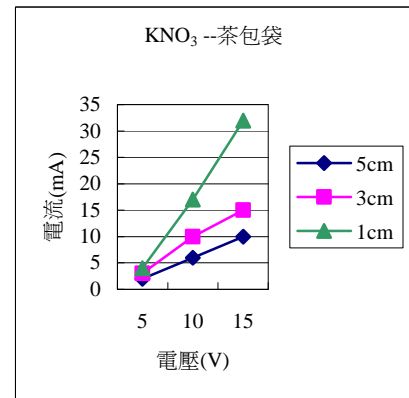
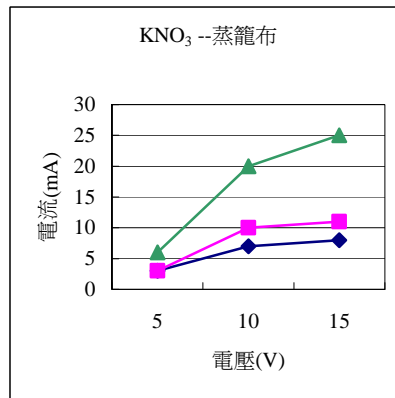
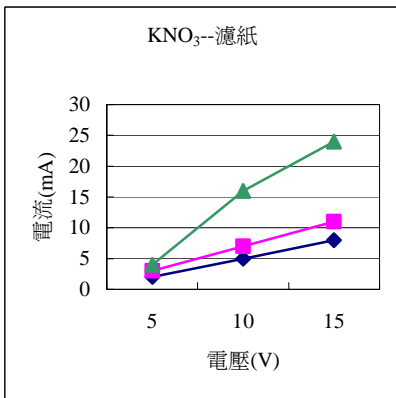
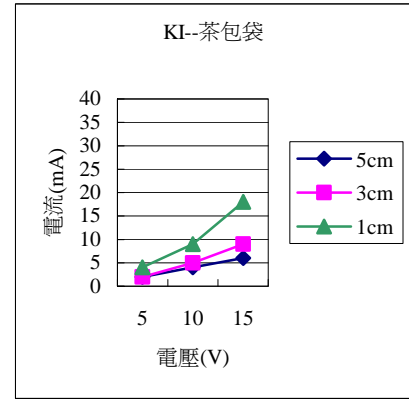
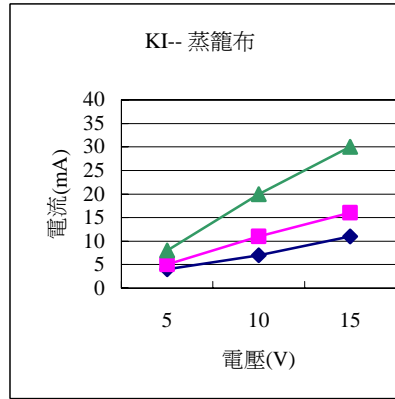
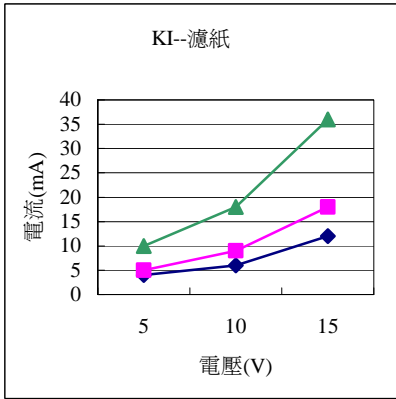
CuSO ₄ --蒸籠布			
cm \ V	5	10	15
5	2	4	6
3	3	5	8
1	4	9	14

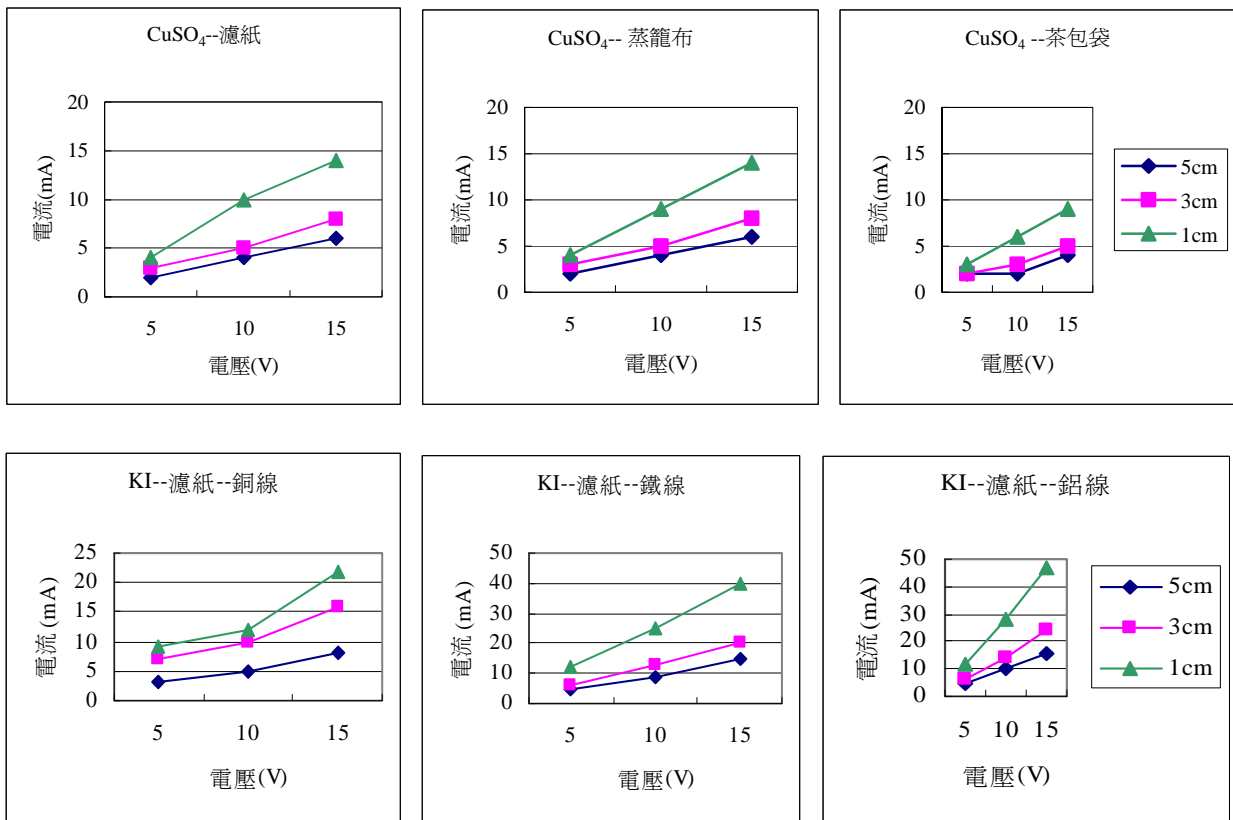
CuSO ₄ --茶包袋			
cm \ V	5	10	15
5	2	2	4
3	2	3	5
1	3	6	9

KI--濾紙--銅線			
cm \ V	5	10	15
5	3	7	9
3	5	10	12
1	8	16	22

KI--濾紙--鐵線			
cm \ V	5	10	15
5	5	9	15
3	6	13	20
1	12	25	40

KI--濾紙--鋁線			
cm \ V	5	10	15
5	5	10	16
3	6	14	24
1	12	28	47



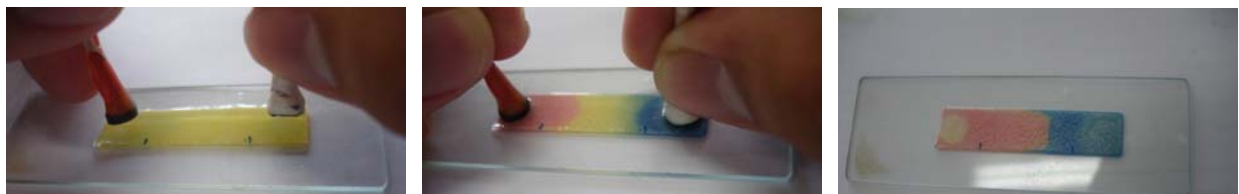


圖(八)不同變因下所測得之電流隨電壓變化之關係圖

- 〈一〉所有不同種類的電解質溶液與不同紙類下，溶液所測得的電流值均隨著電壓增加而增大；兩電極間的距離愈近，溶液的內電阻愈小，所以所測得的電流也會愈大。
- 〈二〉一般濾紙由棉質纖維素所組成，即由 β -葡萄糖所聚合的。它的表面有無數小孔可供液體粒子通過，每個葡萄糖上面有 OH 基，所以對水有較大親合力；而我們所選擇的蒸籠布材質為 PP，茶布袋的材質為 PET，由組成單體來看，其對水的親合力明顯較濾紙來的小，所以所測得的電流量均較小，在電解 KI 時可以明顯區分。
- 〈三〉將兩電極距離縮短至 3 或 1cm 的情況，除了可以獲得較大電流外，其 I 隨著 V 幾乎呈線性增加，與溶液種類、紙的種類無關。

三、 進行【實驗四】所得結果整理如(表四)：

所欲探討的變因有電壓、廣用試紙長度、電極種類，電解質等等，記錄正極與負極的顏色變化離電極處 1 cm 所需之時間以及兩顏色交界處之距離比。廣用試紙上顏色的變化如圖(九)。各變因對正、負極速率的影響，整理於圖(十)。



圖(九)在廣用試紙上電解 KNO_3

(表四)不同變因下所測得之時間與距離比

(1) KNO ₃ -1M-4 cm-GC			
電壓 (V)	時間(s)		距離比
	正極	負極	
10	49	58	5 : 3
20	23	52	5 : 3
30	8	26	5 : 3

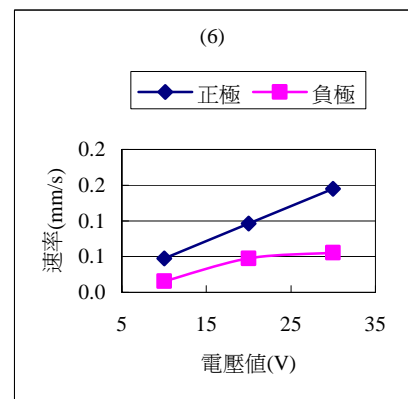
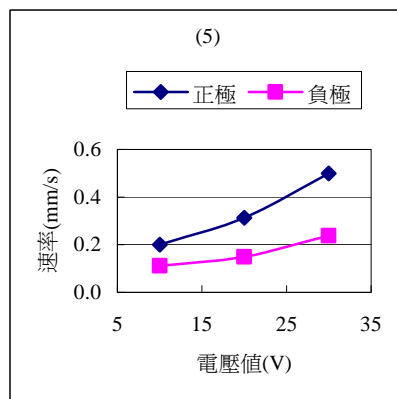
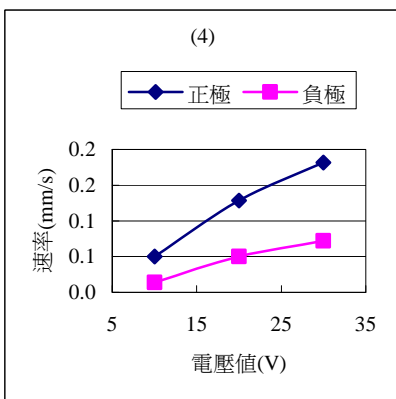
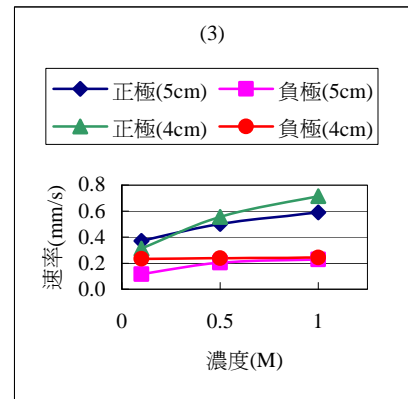
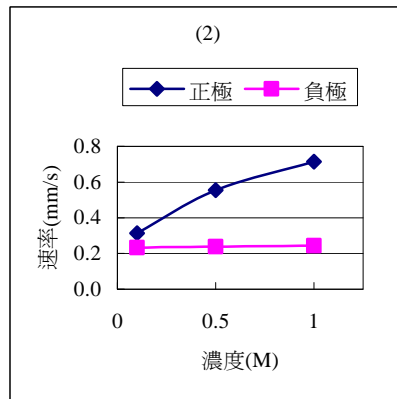
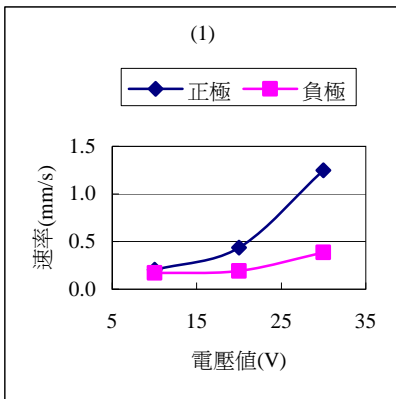
(2) KNO ₃ -4 cm-30V--GC			
濃度 (M)	時間(s)		距離比
	正極	負極	
0.1	32	43	5 : 3
0.5	18	42	5 : 3
1.0	14	41	5 : 3

(3) KNO ₃ -5cm-30V--GC			
濃度 (M)	時間(s)		距離比
	正極	負極	
0.1	27s	86s	7 : 3
0.5	20s	49s	33 : 17
1.0	17s	44s	33 : 17

(4) KNO ₃ -1M-4 cm-Fe			
電壓 (V)	時間(s)		距離比
	正極	負極	
10	200s	720s	碰不到
20	78s	199s	29 : 11
30	55s	139s	27 : 13

(5) NaNO ₃ -1M-4 cm-GC			
電壓 (V)	時間(s)		距離比
	正極	負極	
10	50	90	13 : 7
20	32	67	27 : 13
30	20	42	5 : 3

(6) NaNO ₃ -1M-4 cm-Fe			
電壓 (V)	時間(s)		距離比
	正極	負極	
10	210	644	碰不到
20	104	210	29 : 11
30	69	180	27 : 13



圖(十) 各變因對正、負極速率的影響

〈一〉電解 KNO₃ 水溶液之電壓愈大時，正、負極所產生之 H⁺與 OH⁻的移動速率愈大。KNO₃的濃度愈大，對正極所產生之 H⁺的移動速率愈大，但似乎不影響 OH⁻的移動速率。但兩顏色紅與藍綠的交界處之距離比值不受電壓大小、電解質濃度、試紙長度的影響，約等於 2 左右。

〈二〉但改變電極為迴紋針時，迴紋針裡的 Fe 是活性電極，理論上會進行氧化，使得產生之 H^+ 會較少，但因迴紋針與廣用試紙的接觸面積很小，所以仍以電解水為主，反而是產生之 OH^- 的移動速率影響較大，變得較慢，所以最終兩者顏色交界處之距離比約等於 3 左右。

四、 進行【實驗五】所得結果整理如(表五)：

(表五) 改變導電板對最小電壓值的影響

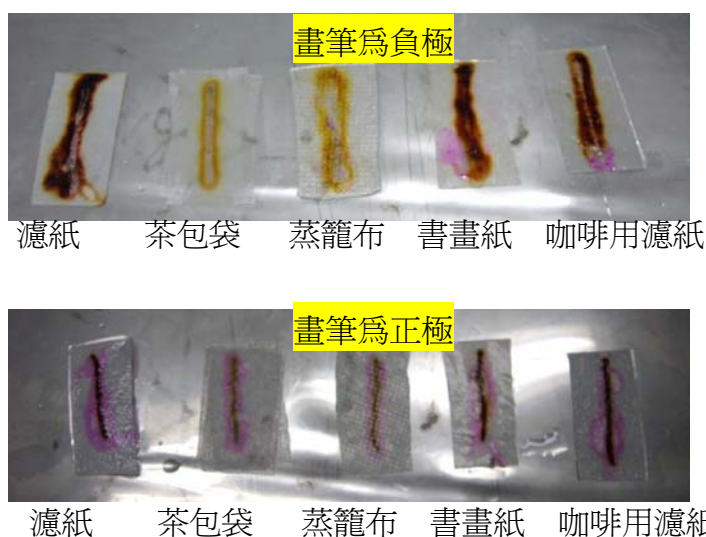
導電板 KI 濃度	不鏽鋼	鋁箔	黃銅板	銅片
0.1M	7V	6V	8V	5V
0.3M	3V	3V	4V	4V



圖(十) 不同導電板對正、負極顏色呈現的影響

- 〈一〉於 0.3M 溶液中，不鏽鋼所需最小電壓值為 3V，鋁箔亦是如此。於 0.1M 溶液中，黃銅板所需最小電壓值為 8V；銅片所需最小電壓值為 5V。於 0.1M 溶液中，可能是因為 KI 溶液的濃度過稀，導致字的顏色不是很清楚。
- 〈二〉電壓小，正極出現的粉紅色較電壓高時少，但碘的顏色會更清楚。
- 〈三〉畫筆為正極時，當其碰觸到濾紙，很快即有棕褐色的字跡出現，所需電壓較低；但若將畫筆為負極時，要呈現紅色的字所需電壓要較高，容易導致在畫紙上呈現出褐邊紅字，此現象在不鏽鋼與鋁箔紙為正極較明顯，黃銅片出現褐色較少。
- 〈四〉因為考慮到經濟效益的影響，我們從上述實驗中的四種導電板中選出不鏽鋼為最合適者，因為此所需 KI 溶液與所需之最小電壓值較符合經濟效益，所以我們即選用不鏽鋼為最佳導電板。

五、 進行【實驗六】所得結果整理如圖(十一)：



圖(十一)不同畫紙的影響

- 〈一〉茶包袋較薄，當以畫筆為負極時，紅色筆跡周圍幾乎都有褐色，也較容易破裂，可以多鋪兩層，解決此問題；以畫筆為正極時，也是都有紅色邊繞著筆跡，所以三種畫紙差異並不太大。

六、 進行【實驗七】所得結果：

- 〈一〉我們嘗試將實驗室裡一些可能會因電解產生顏色變化的溶液拿來電解。其中本氏液、多倫試液、斐林 A、B 試液和赤血鹽溶液因產生效果所需時間較長且電壓較高，或甚至根本無反應，故不適用。
- 〈二〉若是一般硝酸鉀加入指示劑做為電解液，利用電解水所引起的酸鹼性變化，可以有如(表七)的顏色出現。
- 〈三〉 CuSO_4 溶液效果良好，因此決定以 CuSO_4 溶液再做一系列的實驗。以不同濃度的 CuSO_4 溶液及導電板，碳棒為正極，記錄可出現字跡之最小電壓，結果如(表八)。但字跡並非為紅色的銅，而是偏向黑色字跡。
- 〈四〉對 CuSO_4 溶液而言，鋁箔的效果最佳，不鏽鋼次之，銅片最差，黃銅板則幾乎無反應。但因為鋁為活性金屬，在濾紙上也會產生 OH^- ，故不鏽鋼較佳。

(表七)不同電解液所呈現的顏色

電解液 \ 電極	碳棒		鐵線		銅線		鋁線	
	正極	負極	正極	負極	正極	負極	正極	負極
KI-酚酞	棕褐色 粉紅框	粉紅色 褐色框	棕褐色 粉紅框	粉紅色 褐色框	棕褐色 粉紅框	粉紅色 褐色框	棕褐色 粉紅框	粉紅色 褐色框
KI-酚酞-澱粉	棕褐色 粉紅框	粉紅色 褐色框	棕褐色 粉紅框	粉紅色 褐色框	棕褐色 粉紅框	粉紅色 褐色框	棕褐色 粉紅框	粉紅色 褐色框
KNO ₃ -廣用	黃色字 綠邊框	綠色字 紅邊框	黃色字 綠邊框	綠色字 紅邊框	黃色字 綠邊框	綠色字 紅邊框	黃色字 綠邊框	綠色字 紅邊框
KNO ₃ -紫色高麗菜汁	紅色字 綠邊框	綠色字 紅邊框	紅色字 綠邊框	綠色字 紅邊框	紅色字 綠邊框	綠色字 紅邊框	紅色字 綠邊框	綠色字 紅邊框
CuSO ₄	無作用	黑色字	無作用	黑色字	無作用	黑色字	無作用	黑色字
赤血鹽	---	----	藍色字	綠色字	---	---	---	---

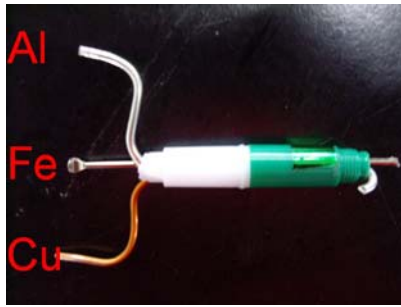
(表八)以不同濃度 CuSO₄ 溶液為電解液，改變導電板

CuSO ₄ 濃度 \ 導電板	0.5M	0.4M	0.3M	0.2M	0.1M
	不鏽鋼	4V	5V	5V	6V
鋁箔	3V	5V	6V	6V	7V
銅片	4V	6V	7V	9V	11V

七、進行【實驗八】所得結果：

- 〈一〉畫筆本身以幫助導電為主，所以並不會有太大差異性。若以鋁為畫筆，鋁為活性電極，只能看到一些淡淡的字跡。同樣的，以迴紋針為正極的畫筆時，會先有褐色的碘生成，但是之後會有綠色的字跡出現。但碳棒與鉛筆芯在書寫過程中，可能因碳殘留，會有黑色的字跡出現，所以仍以銅線為主要畫筆。
- 〈二〉我們嘗試以叉子當畫筆，可以有一畫好幾條字跡的多樣性出現。我們也自行設計了同時含有三種金屬的畫筆，可以同時在不同畫紙不同電解液上，同時電解多種反應，如圖(十二)所示。
- 〈三〉若要使用赤血鹽為電解液，必須使用鐵質的材質做為畫筆，才會有藍色字出現。此乃鐵會成為 Fe²⁺，會與赤血鹽裡的 Fe(CN)₆³⁻ 產生藍色的普魯士藍。反應方程式如下：

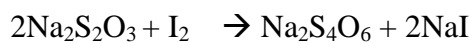




圖(十二) 三種不同材質的畫筆

八、 進行【實驗九】所得結果：

〈一〉以 KI 為電解液時，在正極字跡主要是因為產生了碘，所以要消除碘，可以利用氧化還原反應，將碘還原為無色的 I⁻，我們選擇了硫代硫酸鈉溶液，一畫上去即進行下列反應：



〈二〉也嘗試使用較生活化的檸檬酸溶液，不僅可與碘進行氧化還原反應消除褐色字跡，其本身為弱酸，也可以消除因鹼性而變色的紅色字。

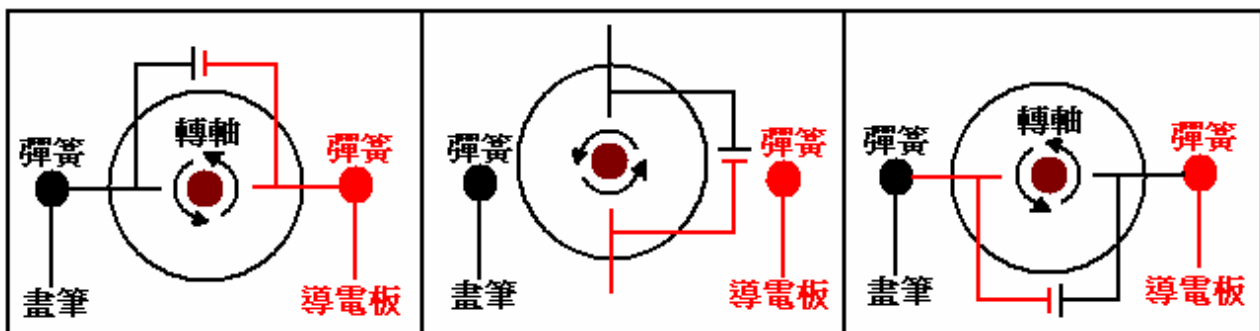
〈三〉但若以 KI-酚酞-澱粉溶液為電解液時，因碘已與澱粉形成錯離子而呈現藍黑色，故消除液無法將其顏色消除。

九、 進行【實驗十與十一】所得結果：

〈一〉第一代之正負極轉換器

經由所有的測試後，我們要製做一個可以攜帶方便的演示畫板。以塑膠 CD 盒或壓克力文件夾為畫板基座，不鏽鋼或鋁箔為主要導電板，畫紙則可以較便宜的書畫紙取代較昂貴的濾紙。

顏色的改變，主要取決於不同的電解液與畫筆的正負極，所以我們著手自行設計正負極轉換器，可方便更改畫筆的性質。圖(十三)為第一代之正負極轉換器的示意圖。我們利用一轉動軸，轉動 180 度時可以輕易將畫筆的正負極轉換成功，而轉動 90 度時，還可以將裝置造成斷路，形同一個電源開關，算是多功能的正負極轉換與開關器。



畫筆為正極，導電板為負極

斷路

畫筆為負極，導電板為正極

圖(十三)第一代正負極轉換器的示意圖

〈二〉第二代之正負極轉換器

由於在使用第一代正負極轉換器時，有電線卡住的問題：電線常會纏住，所以我們改良第一代並製造出了第二代正負極轉換器。我們將迴紋針改成鐵片，彈簧改成以螺絲固定在兩旁的 L 型金屬片，再以迴紋針連接至導電板，利用鐵片碰觸兩旁的 L 型金屬片形成通路，便可兼顧上述多功能開關的優點，並加以改善電線纏繞在一起的問題。

柒、討論

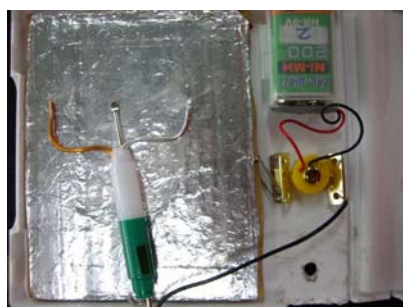
一、就電解部分：

- 〈一〉一般實驗室裡的電解反應大多是在燒杯裡進行，但若只是要定性上的觀察，用量上是很浪費的。這幾年一直陸續有減廢減量的裝置，如利用粉筆沾電解質溶液來觀察電解過程中有色離子的移動；也有利用吸管裝一些膠狀物來電解觀察。但這些裝置或許可以減量，但裝置的前置作業並不輕鬆。本報告利用的小藥盒，取得方便，用量也可以省很多，上蓋部份可以挖洞穿過電極，固定電極，利用魔鬼氈即可以固定在 CD 片上，方便操作。
- 〈二〉而在紙上的電解，或許沒有像在溶液中可以有較大電流，但純粹在廣用試紙上電解硝酸鉀溶液已經可以很清楚看到正極溶液偏酸性，負極溶液偏鹼性，兩極靠近一些，也可以清楚觀察到有氣泡生成，是很方便的裝置。
- 〈三〉電解過程中，外加電壓一定要大於電解質分解的氧化還原反應之電動勢。所以當我們以導電板為正極或負極時，若畫筆接觸畫紙時間過長，會有短路現象，所以畫的動作要輕要快。要避免產生一畫多色的情況，可以用厚一些的畫紙，如兩張畫紙，但通常在導電板與畫紙之間仍有部份顏色出現。
- 〈四〉我們嘗試在導電板與畫紙之間多墊了一張玻璃紙，可以減少一畫多色的情況，或許是玻璃紙阻擋了離子移動的方向。
- 〈五〉在紙上的電解行為與溶液中仍有差異，針對強電解質的電解可以清楚快速，但若是弱電解質，可能因內電阻過大而無法順利進行電解反應。

二、就應用部分：

- 〈一〉導電板：鋁箔本身為活性電極，當我們重覆正負極轉換多次時，鋁箔已經有穿洞的情形；同樣的，黃銅片也開始出現一些白色的物質，因此若要做為長期的演示畫板，導電板仍以不鏽鋼較佳。
- 〈二〉電解液部份：KI-酚酞溶液的正負極顏色差異很大，可以給人特別的印象，很適合作為電解液。文獻中曾記錄可以在溶液中添加澱粉，可使碘與澱粉產生藍色的錯合物，但經由我們測試，並無法得到藍色的字，推測是生成的碘與紙裡所含有的碘離子形成棕褐色的 I_3^- 之反應常數較大，若要呈現藍色，可以在析出的褐色字上滴加澱粉液。再者可以利用檸檬酸溶液將字跡再消除，真的可以有化學魔法的感覺。

- 〈三〉 可以自行設計電路，達成所要的目標，在討論推演過程，是真的很難能可貴的。最後的畫板如圖(十四)所示。



圖(十四) 畫板

捌、結論

- 一、在濾紙上電解最小濃度 0.3M 的碘化鉀溶液，所需最小電壓值為 3V。
- 二、使字跡清楚所需的條件：
 1. 鋁箔、黃銅板在電解的過程中會反應，所以用不鏽鋼為導電板最佳。
 2. 濾紙為畫紙可以清楚的把顏色顯現出來，且不易被劃筆劃破。
 3. 因為碳棒在作畫時會把碳殘留在紙上，有黑色的字跡出現，所以用銅線為畫筆較不會影響做畫品質。
 4. 電解液用碘化鉀可使字跡最清楚，且可有兩種顏色顯現。
- 三、在上面所有實驗中，兩極距離，電解質解離度、濃度、劑量，會影響溶液本身的電阻。
- 四、檸檬酸溶液不僅可與碘進行氧化還原反應消除褐色字跡，其本身為弱酸，也可以消除因鹼性而變色的紅色字，而且檸檬酸也是隨手可得的生活用品。
- 五、我們使用了厚紙板做為畫板的外框，黏上不鏽鋼板，做為導電板。而另外一面，則用 9V 電池作為電源，成為我們的畫板。

玖、參考資料或其他

- 一、高中基礎化學，電解 KI 實驗，南一出版社。
- 二、方金祥(民 95)，科玩 DIY-化學魔術畫板，科學教育月刊，第 239 期，p51-54。
- 三、謝昀叡、陳建霖、劉庭好、吳承哲，第四十九屆科展作品國小組生活與應用科學-來電顯示---利用電解水時的酸鹼變化製作畫板，台北縣蘆洲市忠義國民小學。
- 四、來電顯示---電解水時兩極指示劑變化，[http :
//frebsd.psjh.cy.edu.tw/~science/studauthor/89chem01/89chem01.htm](http://frebsd.psjh.cy.edu.tw/~science/studauthor/89chem01/89chem01.htm)
- 五、蕭次融，紫色高麗菜汁的電解，[http ://nature.ckps.tpc.edu.tw/](http://nature.ckps.tpc.edu.tw/)

【評語】 030216

利用電解方式產生顏色變化用於書寫或作畫，有其創意性但若能加以考慮如何將畫布復原之方式，以化學方式解決則更有實用。