

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 化學科

佳作

040211

小兵立大功－粉筆在化學實驗中的應用

學校名稱：國立彰化女子高級中學

作者： 高一 王奕方 高一 江宜倫 高一 連以娟 高一 蔡旻盈	指導老師： 陳琬菁 蔡家興
---	-----------------------------

關鍵詞： 粉筆、電解、電池

壹、摘要

粉筆，在日常生活中可輕易獲得，看似平凡無奇的粉筆，其實可以巧妙的應用在化學實驗上。我們以粉筆為實驗裝置的主角，找出其優點及實用性，並探討實驗裝置原理。我們以改良原實驗裝置，藉由粉筆的取代有更好的實驗結果，並具有相當的穩定性。我們操作改良的實驗有三：(1) 離子移動的觀察－課本中以濕潤濾紙上放過錳酸鉀晶體觀察離子移動，我們以粉筆代替濾紙，比較效果的差異，並改變不同電解液，觀察離子移動的速率。(2) 電解碘化鉀－不同於在 U 型管內電解，可直接在粉筆上觀察到清楚的碘分子。(3) 鋅銅電池－以粉筆加入浸泡硫酸銅、硫酸鋅溶液與硝酸鉀溶液，可得到較強的電流，這是有別於傳統鋅銅電池的效果，並且可以達到節省藥品的目的，我們分別用 8、4、2 公分的粉筆進行實驗，比較並探討其中的原因。

貳、研究動機

有一堂化學課，主題是「離子移動實驗」(基礎化學 3-3 物質的性質)，課本上列舉了二鉻酸銅溶液的導電和過錳酸鉀溶液的導電為例子，解釋了離子存在的證據。但我們在實際實驗中發現，結果並不明顯，而滴在濾紙上的過錳酸鉀在導電後會四處擴散，妨礙觀察。因此引起我們改良此實驗的動力，最後選用粉筆，觀察實驗結果是否較佳？或加入粉筆以改良課內的鋅銅電池的裝置(基礎化學 4-3 化學電池)？都是值得研究的實驗。在老師的鼓勵下，與幾個也同樣對此有興趣的同學，一起研究令我們所好奇的問題！

參、研究目的

為了改良原實驗的缺點，決定加入粉筆或以粉筆替代，記錄並比較結果，希望能因此發現其中的優點，加以應用，達到更好的效果。期望能達到以下目的：

- 一、離子移動的觀察－比較以濾紙為載體與以粉筆為載體的結果，列出以粉筆替代的優點。
- 二、電解碘化鉀水溶液－比較傳統電解法與粉筆替代的結果。
- 三、鋅銅電池－比較傳統鋅銅電池和粉筆電池組的實驗結果，以三種不同的長度，分別為 8、4、2 公分，且探討原因並分析優缺點，以達最佳實驗裝置。

肆、研究設備及器材

實驗共同器材: 粉筆(悅適牌) 各容量燒杯 容量瓶 滴管 刮勺 電子秤
實驗一離子移動的證據: 簡易鋸子、電鑽 NaOH、HCl、H ₂ SO ₄ 、H ₂ O、石墨棒(筆芯)
實驗二電解碘化鉀: 直流電源供應器、碳棒、鐵架與鐵夾、單孔橡皮塞、KI、FeCl ₃ 、C ₆ H ₁₄ 、U 型管
實驗三鋅銅電池: 鋅片、銅片、保麗龍座、硫酸鋅、硫酸銅、硝酸鉀、U 型管、棉花

伍、研究過程或方法

一、離子移動的觀察

過錳酸鉀、鉻酸鉀或二鉻酸鉀等物質，在通電後，其帶有顏色的負離子會逐漸往正極移動。以過錳酸鉀為例，在一般傳統的實驗中，是以濾紙來進行此實驗，再浸過電解液(如硫酸、鹽酸、氫氧化鈉等…)之後，通電之後可以見到紫色的過錳酸根逐漸向正極移動。但使用濾紙進行實驗其實效果不彰，不但移動的情況不明顯，甚至還會擴散的一蹋糊塗。因此我們將過錳酸鉀配成 0.1M 之水溶液，觀察由粉筆代替濾紙之結果。

(一)使用濾紙：

- 1.將濾紙剪裁成長方形，在上方滴上欲使用的電解液
- 2.在有電解液的濾紙上放上過錳酸鉀之固體(如圖 1)，通電，每隔五分鐘記錄其變化

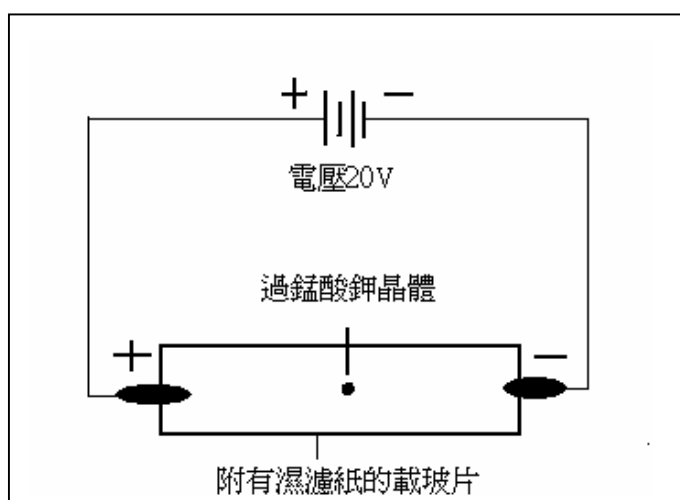


圖 1



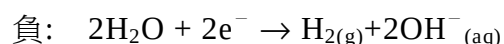
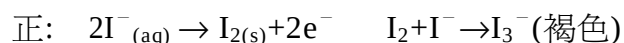
圖 2

(二)使用粉筆：

- 1.所需粉筆的長度約為 4 公分，兩端鑽約 0.5cm 的小洞，在中間部份刻上環狀的凹痕，順著凹痕滴入過錳酸鉀使其完全滲入。(如圖 2)
- 2.一端浸在 0.1M NaOH_(aq)中，讓溶液慢慢擴散至接近過錳酸鉀時即拿起，另一端亦如此。(粉筆浸入溶液之深度不可太深，須讓溶液慢慢滲透上來，方能使粉筆內部充分充滿電解液)
- 3.將筆芯插入兩端的洞中，接上電壓 20V 的直流電源供應器，每隔五分鐘記錄離子移動的變化。
- 4.將 NaOH_(aq)置換成 0.1M HCl_(aq)、0.1M H₂SO_{4(aq)}、H₂O 重覆步驟 1~3。

二、電解碘化鉀水溶液

碘化鉀在經過電解之後，正極會出現紫黑色的碘，負極則會產生氫氣並呈鹼性，其反應式如下：



我們分別利用粉筆及 U 型管為實驗裝置,以做比較。

(一)使用 U 型管：

- 1.於 U 型管中裝入碘化鉀水溶液，將作為電極的碳棒插入 U 型管兩端，接上電流。(如圖 3)
- 2.每 2 分鐘觀察一次,正極會產生碘分子，I₂ 溶解於 KI_(aq)中，呈褐色，負極則因產生氫氣而冒出大量氣泡
- 3.取出 2ml 負極溶液,再加入酚酞檢驗 OH⁻。

(二)使用粉筆

- 1.粉筆兩端鑽孔後,在兩端約 0.5 公分處鑽氣孔(如圖 4),浸入碘化鉀水溶液中
- 2.取出，用棉花將酚酞擦拭至粉筆表面
- 3.以筆芯代替石墨為電極,進行電解。

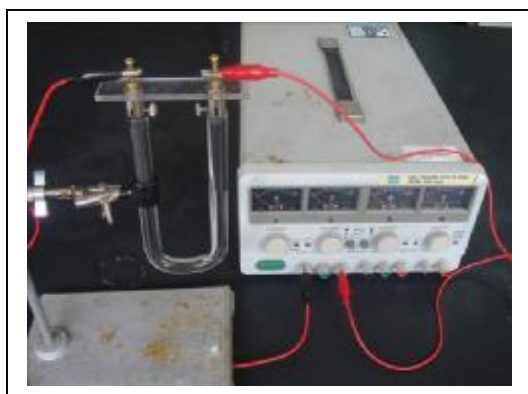


圖 3

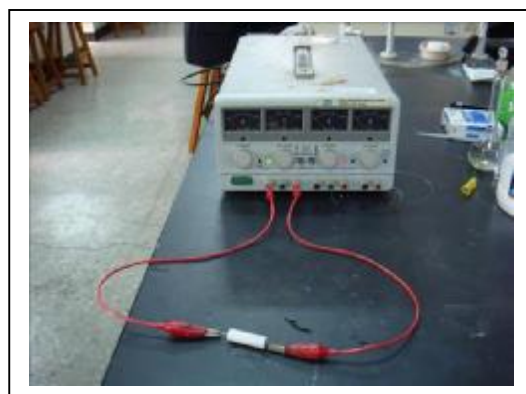


圖 4

三、 鋅銅電池

傳統的鋅銅電池，是將兩燒杯裝入硫酸銅及硫酸鋅溶液，並分別放置一銅片和鋅片。以裝有硝酸鉀的 U 型管放置於兩杯溶液中，做為鹽橋導電。同時，兩燒杯均發生了化學變化，硫酸鋅溶液中的鋅片逐漸溶解，硫酸銅溶液中的銅片表面則漸漸有銅析出。

這樣的一個實驗，調配使用了不少藥品及器材，不但耗費時間且大量消耗藥品。我們同樣的也用粉筆嘗試來改良這個實驗，以粉筆浸泡硫酸銅及硫酸鋅並和鋅片銅片接觸，並分別測量有鹽橋和沒鹽橋兩者之間的差異。

(一)傳統鋅銅電池

1.將硫酸鋅及硫酸銅溶液分別裝在兩個燒杯中，且分別放入銅片和鋅片。

(我們使用 1M 之硫酸銅水溶液及硫酸鋅水溶液)

2.再將硝酸鉀溶液裝入 U 型管中，並將兩端用棉花塞住。(使用 1.5M 之硝酸鉀水溶液)

3.把裝有硝酸鉀的 U 型管倒放，兩端分別插入硫酸鋅和硫酸銅中。(如圖 5-1)

4.串連兩組時，重複步驟 1~3，再將兩組之鋅片銅片連接。(如圖 5-2) 串連三組時以此類推(如圖 5-3)



圖 5-1

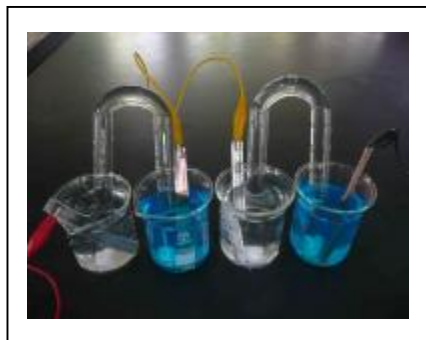


圖 5-2



圖 5-3

(二)粉筆鋅銅電池(含鹽橋)

1.將粉筆用砂紙磨成長條片狀，以利互相接觸。(如圖 6)

2.取三片粉筆，分別泡在硫酸銅、硫酸鋅及硝酸鉀溶液內使其內部吸收，約浸泡五分鐘。

3.將兩粉筆相疊，以銅片接觸浸泡於硫酸銅溶液中的粉筆，以鋅片接觸浸泡在硫酸鋅溶液中的粉筆，兩片粉筆之間再隔一片浸泡硝酸鉀溶液之粉筆片

4.將整組裝置固定在保利龍盒中。(如圖 7-1)

5.串連兩組時，重複步驟 1~3，再將兩組的鋅片及銅片，直接接觸，在固定到較大的保利龍盒中(如圖 7-2)，串連三組時亦然。(如圖 7-3)



圖 6

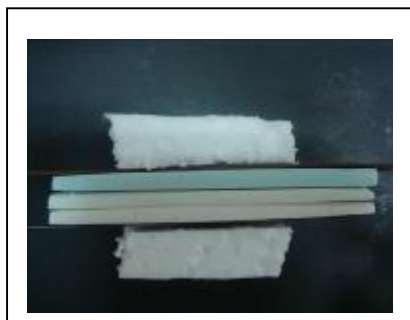


圖 7-1

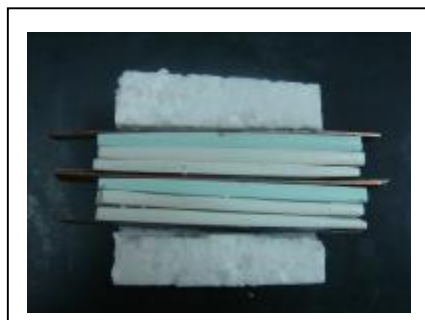


圖 7-2

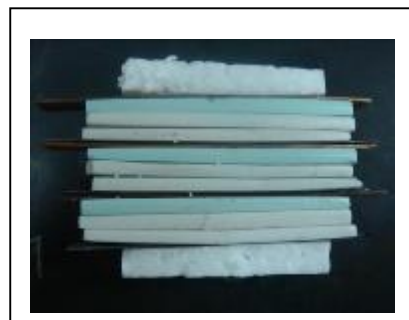


圖 7-3

(三)粉筆鋅銅電池(不含鹽橋)

- 1.將粉筆用砂紙磨成長條片狀，以利互相接觸，切成不同的長度，分別為 8、4 與 2cm
- 2.取兩枝粉筆片，分別泡在硫酸銅、硫酸鋅溶液內使其內部吸收，約浸泡五分鐘。
- 3.將兩粉筆相疊，以銅片接觸浸泡於硫酸銅溶液中的粉筆，以鋅片接觸浸泡在硫酸鋅溶液中的粉筆，中間不需隔鹽橋，將兩片粉筆片直接接觸。
- 4.將整組裝置固定在保利龍盒中。(如圖 8-1)
- 5.串連兩組時，重複步驟 1~3，再將兩組的鋅片及銅片，直接接觸，在固定到較大的保利龍盒中(如圖 8-2)，串連三組時亦然。(如圖 8-3)

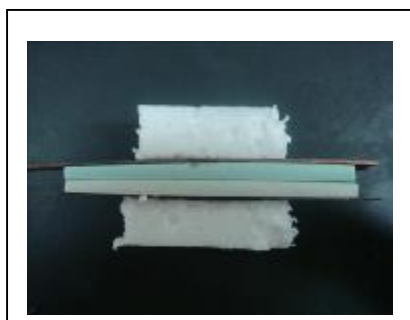


圖 8-1

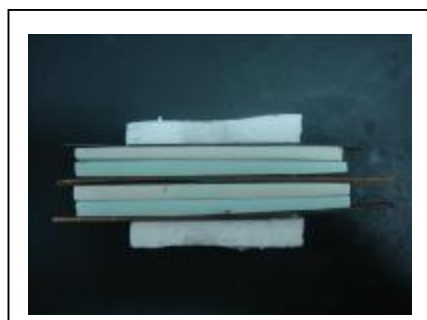


圖 8-2

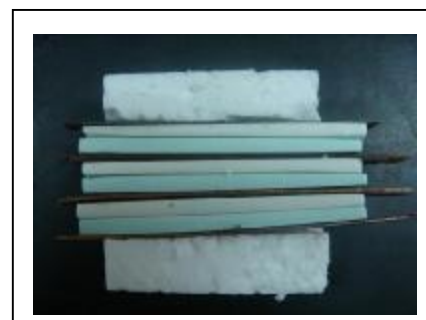


圖 8-3

陸、研究結果

一、離子移動的觀察

在搭配不同的電解液下，分別比較濾紙和粉筆在 5、10、15 分鐘時所移動的距離 (皆從起始點開始測量)

(一)使用 0.1M 鹽酸為電解液

濾紙(如圖 9)

粉筆(如圖 10)

距離(CM) \ 時間 次數	5	10	15	距離(CM) \ 時間 次數	5	10	15
第一次(cm)	0.30	0.60	0.70	第一次(cm)	0.30	0.55	0.65
第二次(cm)	0.20	0.40	0.60	第二次(cm)	0.2	0.40	0.50
第三次(cm)	0.20	0.30	0.50	第三次(cm)	0.25	0.50	0.60
平均(cm)	0.23	0.43	0.60	平均(cm)	0.25	0.48	0.58

1. 濾紙



圖 9: 5 分鐘

à



10 分鐘

à



15 分鐘

2. 粉筆



圖 10: 5 分鐘

à



10 分鐘



15 分鐘

(二)使用 0.1M 硫酸為電解液

濾紙(如圖 11)

粉筆(如圖 12)

距離(cm) \ 時間 次數	5	10	15	距離(cm) \ 時間 次數	5	10	15
第一次(cm)	0.30	0.50	0.60	第一次(cm)	0.50	1.00	1.20
第二次(cm)	0.20	0.40	0.60	第二次(cm)	0.45	0.95	1.05
第三次(cm)	0.20	0.30	0.50	第三次(cm)	0.55	0.80	1.00
平均(cm)	0.23	0.4	0.57	平均(cm)	0.5	0.92	1.08

1. 濾紙

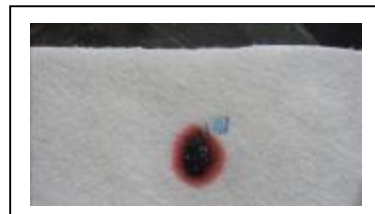


圖 11: 5 分鐘

à



10 分鐘



à

15 分鐘

2. 粉筆



圖 12: 5 分鐘

à



10 分鐘



à

15 分鐘

(三)使用 0.1M 氫氧化鈉為電解液

濾紙(如圖 13)

粉筆(如圖 14)

距離(cm) \ 時間 次數	5	10	15	距離(cm) \ 時間 次數	5	10	15
第一次(cm)	0.10	0.20	0.30	第一次(cm)	0.60	1.05	1.30
第二次(cm)	0.10	0.20	0.20	第二次(cm)	0.60	1.10	1.40
第三次(cm)	0.10	0.20	0.30	第三次(cm)	0.55	1.20	1.40
平均(cm)	0.10	0.20	0.27	平均(cm)	0.58	1.12	1.33

1.濾紙



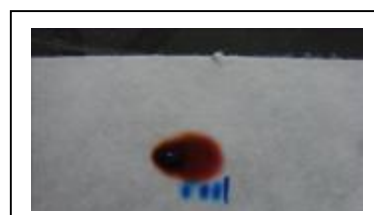
圖 13: 5 分鐘

à



10 分鐘

à



15 分鐘

2.粉筆



圖 14: 5 分鐘

à



10 分鐘

à



15 分鐘

(四)使用蒸餾水作為電解液

濾紙(如圖 15)

粉筆(如圖 16)

距離(CM) \ 時間 次數	5	10	15	距離(CM) \ 時間 次數	5	10	15
第一次(cm)	0.30	0.60	0.70	第一次(cm)	0.65	1.00	1.02
第二次(cm)	0.20	0.40	0.60	第二次(cm)	0.50	0.90	1.20
第三次(cm)	0.20	0.30	0.50	第三次(cm)	0.45	0.90	1.30
平均(cm)	0.23	0.43	0.6	平均(cm)	0.53	0.93	1.17

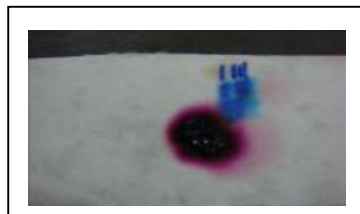
1. 濾紙



圖 15： 5 分鐘



10 分鐘



15 分鐘

2. 粉筆



圖 16： 5 分鐘



10 分鐘



15 分鐘

二、電解碘化鉀溶液

我們以利用粉筆及 U 型管為反應裝置，做以下比較：

(一)電解情形(如圖 17):

1. 電解前



圖 17-1：U 型管架置完畢



圖 17-2：粉筆已塗上酚酞

2. 2 分鐘

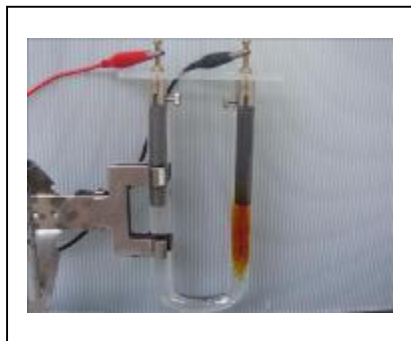


圖 17-3：正極開始出現棕色的 I_3^-



圖 17-4：負極產生 OH^- ，使酚酞呈粉紅色

3. 12 分鐘後



圖 17-5：電解一段時間後， I_3^- 產量增加，因此顏色加深



圖 17-6：負極產生的氫氣及 OH^- 增加

(二)正極的碘：粉筆的裝置可明顯看到紫黑色的碘，但以 U 型管的裝置實驗，碘卻溶在 $KI_{(aq)}$ ，無法直接觀察得到(如圖 18)：



圖 18-1：由於碘分子會溶在碘化鉀溶液裡，故不易觀察到

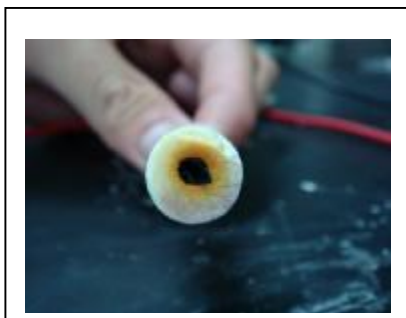


圖 18-2：正極明顯看到黑色的碘

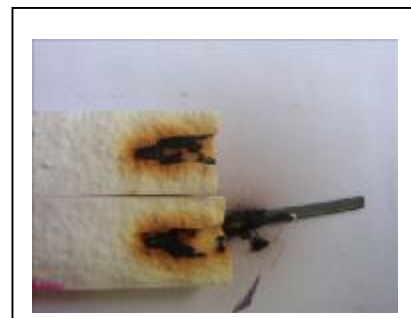


圖 18-3：剖開後的粉筆

(三)檢驗碘(如圖 19)



圖 19-1：碘的澱粉液明顯呈藍黑色



圖 19-2：深褐色的正極溶液加入正己烷，搖晃後則分為兩層，上層為 I_2 溶於正己烷中，呈紫色；下層為 I_2 溶於 $KI_{(aq)}$ 中，呈褐色。

(四)負極反應: (如圖 20)



圖 20-1：氣泡的產生(氫氣)



圖 20-2：加酚酞檢驗

粉筆在電解前已先塗上酚酞,左端為負極,∴產生 OH^- ，呈鹼性，故呈粉紅色

三、鋅銅電池

(一)粉筆(8 公分)含鹽橋

1. 單組

(1)電壓、電流(如表 1-1)

時間(分)	5	10	15	20	25	30
電壓(V)	1.000	1.004	1.002	0.997	0.988	0.983
電流(mA)	85	85	90	95	93	95
時間(分)	35	40	45	50	55	60
電壓(V)	0.969	0.962	0.952	0.947	0.946	0.937
電流(mA)	95	95	90	88	90	90
時間(分)	65	70	75	80	85	90
電壓(V)	0.943	0.937	0.935	0.918	0.926	0.917
電流(mA)	90	93	90	90	85	78
時間(分)	95	100				
電壓(V)	0.918	0.910				
電流(mA)	68	65				

表 1-1

(2)重量變化(如表 1-2)

時間(分)	原重	3	6	9	12	15
重量(g)	21.954	21.954	21.863	21.863	21.863	21.863
時間(分)	18	21	24	27	30	33
重量(g)	21.863	21.863	21.863	21.863	21.863	21.863
時間(分)	36	39	42	45	48	51
重量(g)	21.772	21.772	21.500	21.410	21.319	21.319
時間(分)	54	57	60			
重量(g)	21.319	21.319	21.319			

表 1-2

2. 串聯兩組

(1) 電壓、電流(如表 2-1)

時間(分)	5	10	15	20	25	30
電壓(V)	2.079	2.076	2.068	2.069	2.053	2.033
電流(mA)	103	103	103	108	108	115
時間(分)	35	40	45	50	55	60
電壓(V)	2.015	1.951	1.888	1.753	1.728	1.724
電流(mA)	110	105	105	90	90	98
時間(分)	65	70	75	80	85	90
電壓(V)	1.687	1.642	1.652	1.652	1.595	1.458
電流(mA)	80	83	75	80	65	70
時間(分)	95	100				
電壓(V)	1.452	1.436				
電流(mA)	65	58				

表 2-1

(2)重量變化(如表 2-2)

時間(分)	原重	3	6	9	12	15
重量(g)	42.184	42.184	42.184	42.184	42.184	42.093
時間(分)	18	21	24	27	30	33
重量(g)	42.093	42.093	42.093	42.093	42.093	42.093
時間(分)	36	39	42	45	48	51
重量(g)	42.093	42.093	42.093	42.093	42.003	42.003
時間(分)	54	57	60			
重量(g)	42.003	41.912	41.912			

表 2-2

3. 串聯三組

(1) 電壓、電流(如表 3-1)

時間(分)	5	10	15	20	25	30
電壓(V)	2.797	2.792	2.75	2.748	2.752	2.766
電流(mA)	85	80	80	80	80	80
時間(分)	35	40	45	50	55	60
電壓(V)	2.766	2.768	2.766	2.761	2.76	2.754
電流(mA)	80	80	80	80	75	80
時間(分)	65	70	75	80	85	90
電壓(V)	2.756	2.751	2.748	2.735	2.729	2.718
電流(mA)	75	70	70	70	70	70
時間(分)	95	100				
電壓(V)	2.711	2.709				
電流(mA)	70	70				

表 3-1

(2)重量變化(如表 3-2)

時間(分)	原重	3	6	9	12	15
重量(g)	68.456	68.424	68.361	68.266	68.211	68.170
時間(分)	18	21	24	27	30	33
重量(g)	68.120	68.071	68.023	67.969	67.914	67.860
時間(分)	36	39	42	45	48	51
重量(g)	67.817	67.773	67.719	67.701	67.653	67.617
時間(分)	54	57	60			
重量(g)	67.594	67.542	67.542			

表 3-2

(二)粉筆 2cm

1.單組

(1)電壓、電流(如表 4-1)

時間(分)	5	10	15	20	25	30
電壓(V)	1.093	1.094	1.094	1.091	1.088	1.087
電流(mA)	52	52	53	52	50	50
時間(分)	35	40	45	50	55	60
電壓(V)	1.084	1.081	1.08	1.08	1.079	1.078
電流(mA)	50	50	48	47	45	45
時間(分)	65	70	75	80	85	90
電壓(V)	1.077	1.077	1.076	1.074	1.074	1.074
電流(mA)	45	43	42	42	42	38
時間(分)	95	100				
電壓(V)	1.072	1.072				
電流(mA)	38	38				

表 4-1

(2)重量變化(如表 4-2)

時間(分)	原重	3	6	9	12	15
重量(g)	16.874	16.874	16.874	16.874	16.874	16.874
時間(分)	18	21	24	27	30	33
重量(g)	16.874	16.874	16.874	16.874	16.874	16.783
時間(分)	36	39	42	45	48	51
重量(g)	16.783	16.783	16.783	16.783	16.783	16.783
時間(分)	54	57	60			
重量(g)	16.783	16.783	16.783			

表 4-2

2. 串聯兩組

(1) 電壓、電流(如表 5-1)

時間(分)	5	10	15	20	25	30
電壓(V)	2.107	2.116	2.139	2.134	2.136	2.128
電流(mA)	45	40	40	38	40	35
時間(分)	35	40	45	50	55	60
電壓(V)	2.131	2.122	2.119	2.123	2.121	2.123
電流(mA)	33	38	35	30	33	33
時間(分)	65	70	75	80	85	90
電壓(V)	2.120	2.116	2.127	2.124	2.125	2.120
電流(mA)	33	33	28	28	28	28
時間(分)	95	100				
電壓(V)	2.127	2.131				
電流(mA)	20	25				

表 5-1

(2) 重量變化(如表 5-2)

時間(分)	原重	3	6	9	12	15
重量(g)	29.665	29.665	29.574	29.574	29.574	29.574
時間(分)	18	21	24	27	30	33
重量(g)	29.574	29.574	29.484	29.484	29.484	29.484
時間(分)	36	39	42	45	48	51
重量(g)	29.484	29.484	29.484	29.393	29.393	29.393
時間(分)	54	57	60			
重量(g)	29.393	29.393	29.393			

表 5-2

3. 串聯三組

(1) 電壓、電流(如表 6-1)

時間(分)	5	10	15	20	25	30
電壓(V)	3.138	3.152	3.081	2.965	2.808	2.876
電流(mA)	40	43	35	35	30	30
時間(分)	35	40	45	50	55	60
電壓(V)	3.016	2.749	2.975	2.931	2.966	2.576
電流(mA)	30	33	33	35	30	25
時間(分)	65	70	75	80	85	90
電壓(V)	2.972	2.968	2.894	2.887	2.764	3.060
電流(mA)	28	28	28	28	25	25
時間(分)	95	100				
電壓(V)	2.902	2.803				
電流(mA)	23	23				

表 6-1

(2)重量變化(如表 6-2)

時間(分)	原重	3	6	9	12	15
重量(g)	45.269	45.269	45.269	45.269	45.178	45.178
時間(分)	18	21	24	27	30	33
重量(g)	44.996	44.996	44.906	44.906	44.815	44.724
時間(分)	36	39	42	45	48	51
重量(g)	44.724	44.724	44.724	44.724	44.633	44.633
時間(分)	54	57	60			
重量(g)	44.633	44.543	44.543			

表 6-2

(三)粉筆 4cm

1.單組

(1)電壓、電流(如表 7-1)

時間(分)	5	10	15	20	25	30
電壓(V)	1.096	1.096	1.095	1.093	1.091	1.089
電流(mA)	80	80	80	80	80	78
時間(分)	35	40	45	50	55	60
電壓(V)	1.088	1.087	1.087	1.084	1.085	1.084
電流(mA)	77	77	75	75	75	73
時間(分)	65	70	75	80	85	90
電壓(V)	1.083	1.083	1.083	1.082	1.082	1.079
電流(mA)	72	72	72	72	72	68
時間(分)	95	100				
電壓(V)	1.079	1.076				
電流(mA)	67	67				

表 7-1

(2)重量變化(如表 7-2)

時間(分)	原重	3	6	9	12	15
重量(g)	14.787	14.787	14.787	14.787	14.696	14.696
時間(分)	18	21	24	27	30	33
重量(g)	14.696	14.696	14.696	14.696	14.696	14.696
時間(分)	36	39	42	45	48	51
重量(g)	14.696	14.696	14.696	14.696	14.696	14.696
時間(分)	54	57	60			
重量(g)	14.696	14.696	14.696			

表 7-2

2. 串聯兩組

(1) 電壓、電流(如表 8-1)

時間(分)	5	10	15	20	25	30
電壓(V)	2.202	2.197	2.194	2.191	2.189	2.186
電流(mA)	90	90	95	95	95	93
時間(分)	35	40	45	50	55	60
電壓(V)	2.185	2.183	2.181	2.181	2.178	2.175
電流(mA)	95	90	88	88	88	85
時間(分)	65	70	75	80	85	90
電壓(V)	2.174	2.172	2.169	2.166	2.167	2.165
電流(mA)	85	85	80	80	80	78
時間(分)	95	100				
電壓(V)	2.163	2.162				
電流(mA)	75	75				

表 8-1

(2) 重量變化(如表 8-2)

時間(分)	原重	3	6	9	12	15
重量(g)	28.032	28.032	28.032	28.032	28.032	28.032
時間(分)	18	21	24	27	30	33
重量(g)	28.032	28.032	28.032	27.941	27.941	27.941
時間(分)	36	39	42	45	48	51
重量(g)	27.941	27.941	27.941	27.941	27.941	27.941
時間(分)	54	57	60			
重量(g)	27.941	27.941	27.941			

表 8-2

3. 串聯三組

(1) 電壓、電流(如表 9-1)

時間(分)	5	10	15	20	25	30
電壓(V)	3.293	3.285	3.279	3.278	3.277	3.265
電流(mA)	77	77	75	75	75	72
時間(分)	35	40	45	50	55	60
電壓(V)	3.275	3.271	3.267	3.255	3.254	3.252
電流(mA)	70	68	68	65	63	65
時間(分)	65	70	75	80	85	90
電壓(V)	3.247	3.242	3.242	3.243	3.240	3.241
電流(mA)	60	63	60	58	58	57
時間(分)	95	100				
電壓(V)	3.233	3.236				
電流(mA)	55	53				

表 9-1

(2)重量變化(如表 9-2)

時間(分)	原重	3	6	9	12	15
重量(g)	48.353	48.353	48.353	48.353	48.353	48.262
時間(分)	18	21	24	27	30	33
重量(g)	48.262	48.262	48.262	48.262	48.262	48.262
時間(分)	36	39	42	45	48	51
重量(g)	48.262	48.262	48.262	48.262	48.172	48.172
時間(分)	54	57	60			
重量(g)	48.172	48.172	48.172			

表 9-2

(四)粉筆 8cm

1.單組

(1)電壓、電流(如表 10-1)

時間(分)	5	10	15	20	25	30
電壓(V)	1.098	1.099	1.100	1.100	1.101	1.101
電流(mA)	108	112	113	115	112	113
時間(分)	35	40	45	50	55	60
電壓(V)	1.100	1.099	1.097	1.097	1.095	1.093
電流(mA)	112	108	107	107	107	107
時間(分)	65	70	75	80	85	90
電壓(V)	1.092	1.091	1.090	1.089	1.089	1.088
電流(mA)	103	102	100	100	97	95
時間(分)	95	100				
電壓(V)	1.087	1.087				
電流(mA)	95	93				

表 10-1

(2)重量變化(如表 10-2)

時間(分)	原重	3	6	9	12	15
重量(g)	26.762	26.762	26.762	26.762	26.671	26.671
時間(分)	18	21	24	27	30	33
重量(g)	26.581	26.581	26.581	26.581	26.581	26.581
時間(分)	36	39	42	45	48	51
重量(g)	26.581	26.581	26.581	26.581	26.581	26.490
時間(分)	54	57	60			
重量(g)	26.490	26.490	26.490			

表 10-2

2.串聯兩組

(1)電壓、電流(如表 11-1)

時間(分)	5	10	15	20	25	30
電壓(V)	2.133	2.125	2.123	2.12	2.121	2.121
電流(mA)	123	120	122	118	118	122
時間(分)	35	40	45	50	55	60
電壓(V)	2.119	2.118	2.124	2.121	2.118	2.116
電流(mA)	117	113	110	115	112	108
時間(分)	65	70	75	80	85	90
電壓(V)	2.118	2.112	2.112	2.109	2.108	2.103
電流(mA)	109	109	107	112	113	107
時間(分)	95	100				
電壓(V)	2.103	2.102				
電流(mA)	103	105				

表 11-1

(2)重量變化(如表 11-2)

時間(分)	原重	3	6	9	12	15
重量(g)	34.745	34.654	34.654	34.654	34.654	34.654
時間(分)	18	21	24	27	30	33
重量(g)	34.654	34.654	34.564	34.564	34.564	34.564
時間(分)	36	39	42	45	48	51
重量(g)	34.564	34.564	34.564	34.473	34.473	34.473
時間(分)	54	57	60			
重量(g)	34.473	34.473	34.473			

表 11-2

3.串聯三組

(1)電壓、電流(如表 12-1)

時間(分)	5	10	15	20	25	30
電壓(V)	3.257	3.268	3.27	3.268	3.264	3.258
電流(mA)	118	118	117	117	115	115
時間(分)	35	40	45	50	55	60
電壓(V)	3.254	3.232	3.232	3.231	3.223	3.178
電流(mA)	115	115	115	115	110	115
時間(分)	65	70	75	80	85	90
電壓(V)	3.215	3.215	3.211	3.209	3.208	3.204
電流(mA)	113	108	110	110	108	107
時間(分)	95	100				
電壓(V)	3.200	3.179				
電流(mA)	105	103				

表 12-1

(2)重量變化(如表 12-2)

時間(分)	原重	3	6	9	12	15
重量(g)	58.423	58.423	58.332	58.332	58.332	58.332
時間(分)	18	21	24	27	30	33
重量(g)	58.241	58.241	58.241	58.241	58.151	58.151
時間(分)	36	39	42	45	48	51
重量(g)	58.151	58.151	58.151	58.151	58.060	58.060
時間(分)	54	57	60			
重量(g)	58.060	58.060	57.969			

表 12-2

(五)粉筆 8cm 和傳統之比較

(註：因 3 種長度以 8cm 效果為最佳，因此以 8 公分和傳統鋅銅電池作比較)

1. 單組

(1)電壓(如表 13-1，時間與電壓關係圖如圖 21-1)

時間(分)	5	10	15	20	25	30
傳統電池單組(V)	1.078	1.073	1.075	1.079	1.071	1.071
粉筆電池單組(V)	1.098	1.099	1.100	1.100	1.101	1.101
時間(分)	35	40	45	50	55	60
傳統電池單組(V)	1.068	1.067	1.066	1.065	1.064	1.069
粉筆電池單組(V)	1.100	1.099	1.097	1.097	1.095	1.093
時間(分)	65	70	75	80	85	90
傳統電池單組(V)	1.071	1.063	1.072	1.071	1.063	1.062
粉筆電池單組(V)	1.092	1.091	1.090	1.089	1.089	1.088
時間(分)	95	100				
傳統電池單組(V)	1.060	1.058				
粉筆電池單組(V)	1.087	1.087				

表 13-1

電壓(伏特)

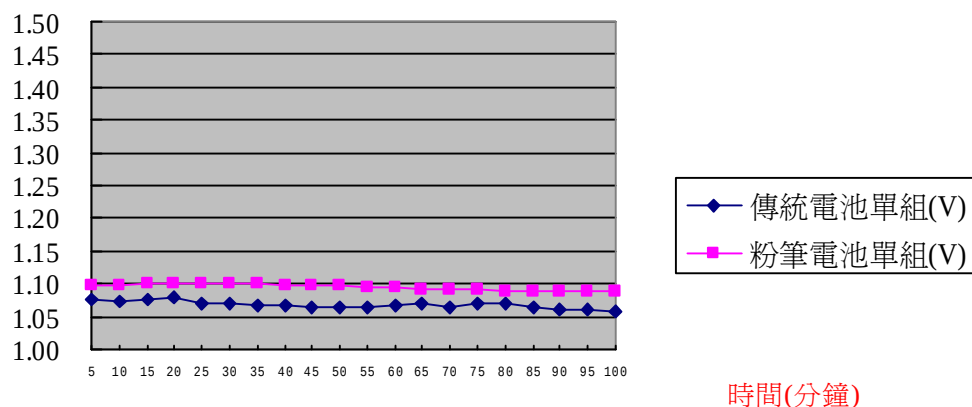


圖 21-1

(2) 電流(如表 13-2，時間與電流關係圖如圖 21-2)

時間(分)	5	10	15	20	25	30
傳統電池單組(mA)	4	4.2	3.9	3.8	3.8	3.9
粉筆電池單組(mA)	108	112	113	115	112	113
時間(分)	35	40	45	50	55	60
傳統電池單組(mA)	3.8	3.8	3.9	3.7	3.7	3.5
粉筆電池單組(mA)	112	112	108	107	107	107
時間(分)	65	70	75	80	85	90
傳統電池單組(mA)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
粉筆電池單組(mA)	107	103	102	100	100	97
時間(分)	95	100				
傳統電池單組(mA)	3.8	3.7				
粉筆電池單組(mA)	95	95				

表 13-2

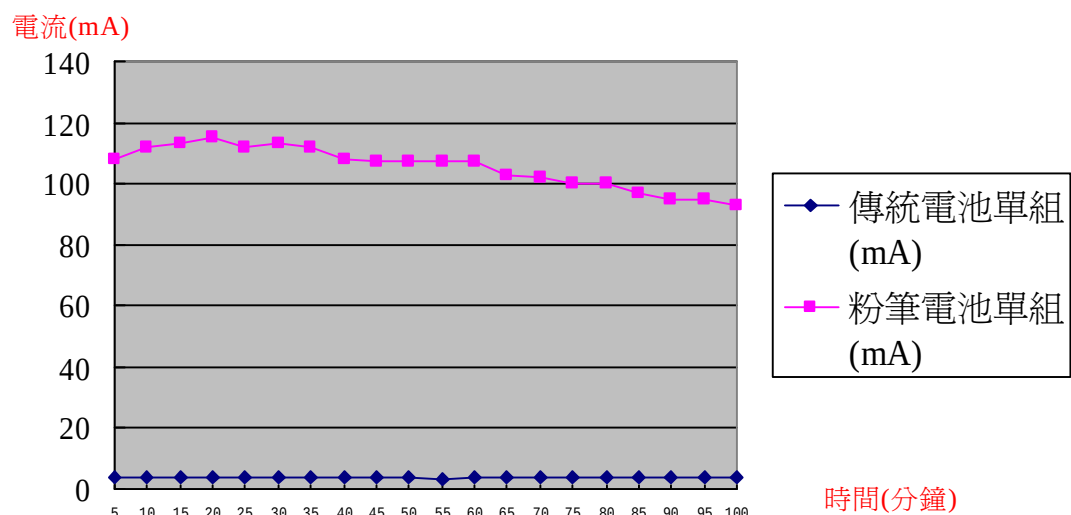


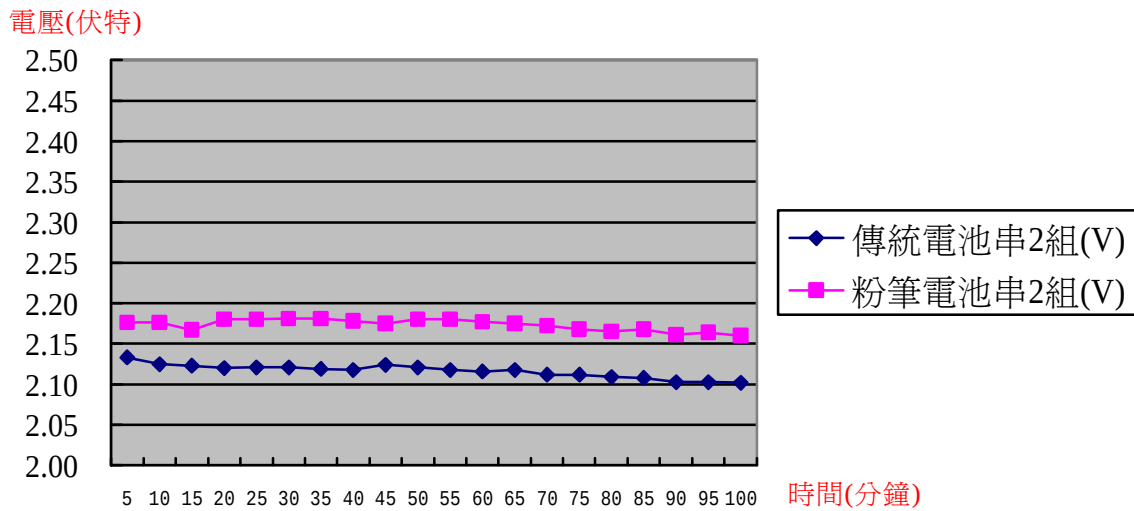
圖 21-2

2. 串聯兩組

(1) 電壓(如表 14-1，時間與電壓關係圖如圖 22-1)

時間(分)	5	10	15	20	25	30
傳統電池串2組(V)	2.133	2.125	2.123	2.120	2.121	2.121
粉筆電池串2組(V)	2.176	2.176	2.167	2.180	2.180	2.181
時間(分)	35	40	45	50	55	60
傳統電池串2組(V)	2.119	2.118	2.124	2.121	2.118	2.116
粉筆電池串2組(V)	2.181	2.178	2.175	2.180	2.180	2.177
時間(分)	65	70	75	80	85	90
傳統電池串2組(V)	2.118	2.112	2.112	2.109	2.108	2.103
粉筆電池串2組(V)	2.175	2.172	2.168	2.165	2.168	2.161
時間(分)	95	100				
傳統電池串2組(V)	2.103	2.102				
粉筆電池串2組(V)	2.164	2.160				

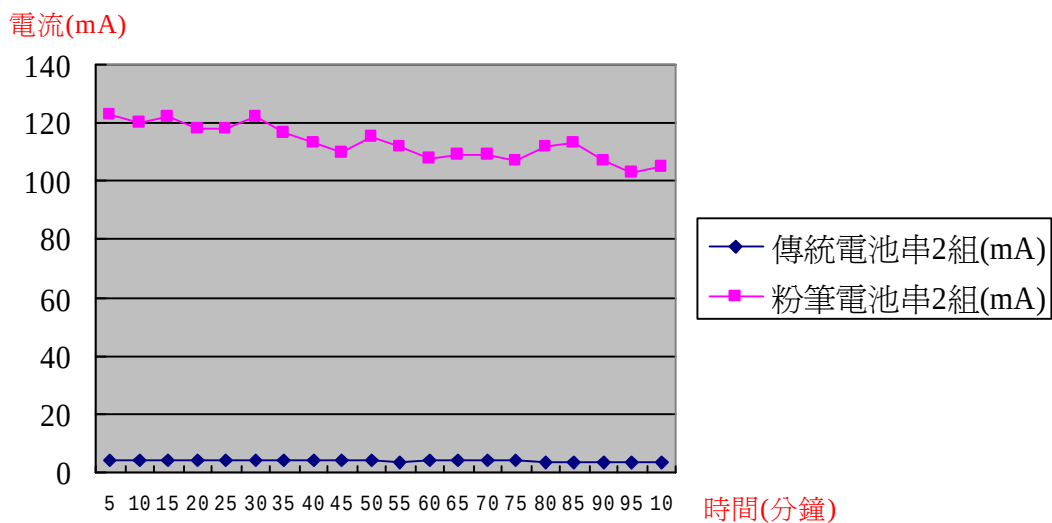
表 14-1



(2)電流(如表 14-2，時間與電流關係圖如圖 22-2)

時間(分)	5	10	15	20	25	30
傳統電池串2組(mA)	4.2	4	4	4	3.8	4
粉筆電池串2組(mA)	123	120	122	118	118	122
時間(分)	35	40	45	50	55	60
傳統電池串2組(mA)	4	4	4	4	3.7	3.8
粉筆電池串2組(mA)	117	113	110	115	112	108
時間(分)	65	70	75	80	85	90
傳統電池串2組(mA)	3.8	3.8	3.8	3.7	3.7	3.7
粉筆電池串2組(mA)	109	109	107	112	113	107
時間(分)	95	100				
傳統電池串2組(mA)	3.7	3.7				
粉筆電池串2組(mA)	103	105				

表 14-2



3.串聯三組

(1)電壓(如表 15-1，時間與電壓關係圖如圖 23-1)

時間(分)	5	10	15	20	25	30
傳統電池串3組(V)	3.258	3.272	3.254	3.266	3.255	3.257
粉筆電池串3組(V)	3.257	3.268	3.270	3.268	3.264	3.258
時間(分)	35	40	45	50	55	60
傳統電池串3組(V)	3.252	3.256	3.257	3.263	3.268	3.251
粉筆電池串3組(V)	3.254	3.232	3.232	3.231	3.223	3.178
時間(分)	65	70	75	80	85	90
傳統電池串3組(V)	3.247	3.247	3.244	3.240	3.233	3.248
粉筆電池串3組(V)	3.215	3.215	3.211	3.209	3.208	3.204
時間(分)	95	100				
傳統電池串3組(V)	3.248	3.250				
粉筆電池串3組(V)	3.200	3.179				

表 15-1

電壓(伏特)

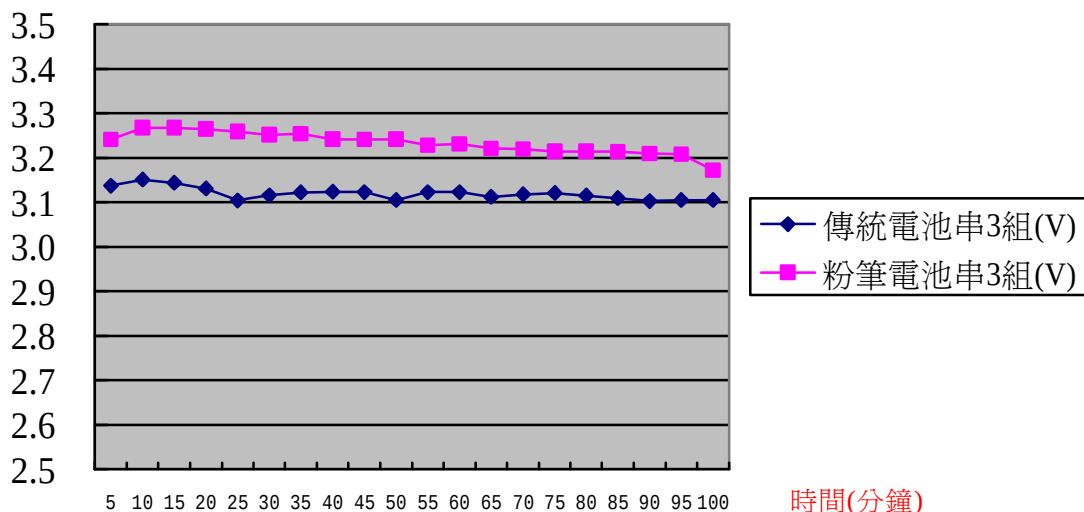


圖 23-1

(2)電流(如表 15-2，時間與電流關係圖如圖 23-2)

時間(分)	5	10	15	20	25	30
傳統電池串3組(mA)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
粉筆電池串3組(mA)	118	118	117	117	115	115
時間(分)	35	40	45	50	55	60
傳統電池串3組(mA)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
粉筆電池串3組(mA)	115	115	115	115	110	115
時間(分)	65	70	75	80	85	90
傳統電池串3組(mA)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
粉筆電池串3組(mA)	113	108	110	110	108	107
時間(分)	95	100				
傳統電池串3組(mA)	3.2	3.2				
粉筆電池串3組(mA)	105	103				

表 15-2

時間(分鐘)	傳統電池串3組(mA)	粉筆電池串3組(mA)
5	4	118
10	4	118
15	4	117
20	4	117
25	4	115
30	4	115
35	4	115
40	4	115
45	4	115
50	4	115
55	4	110
60	4	115
65	4	112
70	4	108
75	4	110
80	4	110
85	4	108
90	4	108
95	4	105
100	4	105

柒、討論

一、離子移動的實驗：載體粉筆為何優於濾紙？

二、在觀察過錳酸鉀離子移動的實驗中，以粉筆為反應載體，為何會出現咖啡色？

$$\text{MnO}_4^- \text{(aq)} + 3\text{e}^- + 2\text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{MnO}_2\text{(s)} + 4\text{OH}^- \text{(aq)}$$

(紫紅色) (棕色)

除了第一點所述擴散的情況較不嚴重以外，另外我們可由數據得知，濾紙是以硫酸及鹽酸效果較佳，對於氫氧化鈉則效果不彰，使用蒸餾水時移動的距離更是幾乎沒有移動，難以觀察。但使用粉筆時，無論搭配何種電解液，效果皆不差，使用蒸餾水時，移動的距離也非常明顯，可增加實驗操作的方便性。

四、用粉筆電解碘化鉀其優點為何？

在改良電解碘化鉀實驗中，我們將粉筆先浸泡碘化鉀溶液後，粉筆表面塗上酚酞，不同於傳統實驗需將電解後溶液取出加以檢驗。實驗結果在負極，可明顯觀察到粉筆表面呈現粉紅色；在正極，則可清楚看到紫黑色的固體(之後有以澱粉液檢驗，確認其為碘)。傳統實驗中的碘因溶於 KI 溶液中形成 I_3^- ，不容易觀察到碘分子。後來我們將粉筆剖半，可觀察到於負極產生的粉紅色(氫氧根造成)及正極產生的棕色 I_3^- ，這是採用粉筆取代 U 型管的優點。

此外也可節省大量藥品使用量，傳統實驗，一組約用掉 30ml KI (aq) 若改用粉筆，30ml KI (aq) 足可數組的實驗，以環保的觀點，粉筆取代 U 型管是很好的改良實驗。(如圖 24)，故較省材。(且可重複浸泡)



圖 24

五、鋅銅電池使用粉筆製作之好處？

粉筆極易取得又方便操作，整組裝置輕巧，節省了許多空間。在藥品的需求方面，因為粉筆體積小，只需「浸泡」溶液即可，另一方面也可節省許多藥品用量。避免造成不必要的浪費及 $CuSO_{4(aq)}$ 、 $ZnSO_{4(aq)}$ 廢液回收的問題，如果使用改良的粉筆來操作，配好的硫酸銅及硫酸鋅溶液，可浸泡相當多的粉筆，因此在藥品的節省量相當顯著。成效方面，粉筆鋅銅電池電壓和傳統差不多，但電流方面卻大了好幾倍！

六、為何粉筆製作的鋅銅電池電流會較傳統大 20~30 倍？

粉筆比傳統電流大了不少，其原因應不單純只有一樣因素，據我們推測，可能造成影響的因素可能有以下幾點：

- 1.粉筆成分：粉筆的成分複雜，除了主要成份硫酸鈣外，可能含有其他電解質，可幫助導電。
- 2.距離：傳統鋅銅電池之兩極由於浸泡在兩杯不同的溶液當中，因此電極距離較大，而粉筆兩電極中間只隔著兩片粉筆片(一片大約 2mm 左右)，和傳統相較之下近了很多，且我們直接將泡有硫酸銅、硫酸鋅的粉筆直接接觸，減少了離子移動的困難，故電流較大。

七、實驗過程中，曾以市售歐亞牌碳酸鈣無灰粉筆為載體，但因無灰粉筆粉本身質地緊密，滴上去的過錳酸鉀未能有效滲入，電解液也無法滲入，有別於無灰粉筆，普通的粉筆在過錳酸鉀的滲入，和電解液的滲入狀況方面，都相當良好，因此我們選定以普通粉筆作為實驗的材料。

捌、結論

- 一、離子移動證據實驗：以粉筆取代濾紙當過錳酸根離子 (MnO_4^-) 移動的載體，電解液採用 0.1M 氫氧化鈉溶液，紫紅色 MnO_4^- 往正極移動很明顯且無傳統實驗濾紙擴散的缺點。
- 二、電解碘化鉀溶液實驗：以粉筆取代 U 型管在負極可直接觀察氫氧根和酚酞產生粉紅色反應，在陽極可觀察到棕色 I_3^- ，也可直接看到紫黑色的碘分子 (I_2)。
- 三、鋅銅電池實驗：以粉筆當載體，可測得比傳統實驗高 20~30 倍的電流。
- 四、上述二、三的實驗，粉筆當載體可大量節省藥品使用量，而達到環保的概念，操作上也更具便利性。

玖、參考資料及其他

- 一、韓建誠。科學研習月刊，第 45 卷第 1 期，28-35。
- 二、葉名倉主編。高中基礎化學南一版，第三章、第四章及其範例實驗，91-92，111-113，164-166。

【評語】 040211

以粉筆當做層析載體，將粉筆刻出溝槽，磨成薄片，極具巧思，只是實用性及學術性不足，沒有在層板、厚度等向面找出定量關係也有點可惜。