

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 化學科

030214

廢乾電池大變身

學校名稱：臺中市立豐東國民中學

作者： 國三 劉思余 國二 侯妤玟 國二 呂筱芸	指導老師： 賴月琴 郭青景
---	-----------------------------

關鍵詞：碳鋅空氣電池、微形電解、廢材燃料

廢乾電池大變身

中文摘要

我們拆解廢乾電池內容物的三個部份為：碳棒、鋅殼、黑色乾燥或膠狀物質。

除了將回收「碳棒、鋅殼」重製電池再利用外，我們還承襲本校已研究出的「微形電解電鍍實驗」以取代耗材、污染性高的傳統實驗。

我們也創新的研究出將廢乾電池內所有的「黑色廢材混合太白粉」，製成可以取代傳統酒精燈「當熱源的燃料」及獨創「以燃料片當熱源的加熱系統」設計；「黑色廢材混合白膠、廢紙、洗米水」，製成「可遮陽防曬的窗簾」；檢測黑色廢材內含錳化合物的催化能力，設計改進傳統雙氧水以二氧化錳催化製氧的節能實驗。

我們不只讓廢乾電池的廢材回收率高達 90% 以上，我們還結合其它廢材組合成可再利用及環保減碳的實驗設計。

壹、研究動機

上學期，我們班又是學校「廢電池回收的年級第一名」，身為環保股長的我，雖說是與有榮焉，但是，看著這麼多的廢電池，除了感嘆為什麼我們班的電池用量這麼兇以外，我們用電池的方式真的夠環保嗎？廢電池難道不能自己回收再利用嗎？

上網查廢電池回收的相關資料後才發現，環保署其實不希望大家自行拆解廢電池，因為，大家都只做半套，反而讓廢電池內的重金屬物質污染水源及土壤。為什麼只說是做半套呢？因為，大家通常只取正極、負極材料，但卻把電池的填充物當一般廢棄物給丟了！

恰好，學校科研社又在廣徵科展作品，我決定以「全套的廢乾電池回收研究」為研究主題，提出我的想法，沒想到真的被採用而成為本屆學校研究的作品之一。所以，捍衛地球的環保研究之旅展開囉！

貳、研究目的

- 一、回收碳棒及鋅殼重製碳鋅空氣電池的研究
- 二、以自製碳鋅空氣電池進行減量電解電鍍的實驗設計
- 三、以廢乾電池的黑色廢材製作成燃料片及燃料棒的研究
- 四、以自製燃料片及燃料棒當熱源的加熱系統設計
- 五、以廢乾電池的黑色廢材結合廢紙、廢水製作防曬窗簾的研究
- 六、設計雙氧水製氧的節能實驗以檢測廢乾電池黑色廢材含錳化合物的催化能力

參、研究器材及藥品

器材：1 廢乾電池 2 投影片 3 數位電錶 4 電子秤 5 鱷魚夾線
6 石墨棒 7 玻棒 8 蠟燭 9 研鉢及杵 10 篩網 11 熱熔膠
12 剪刀 13 尖嘴鉗 14 鐵鎚 15 量筒 16 燒杯 17 針筒
18 玻璃紙 19 牛皮紙 20 不織布 21 黏土 22 塑膠瓦楞
板 23 布 24 砂紙 25 廢紙 26 瓦楞紙板 27 硬紙板 28
直尺 29 美工刀 30 剪刀 31 報紙 32 擦手紙 33 樹脂 34
水彩筆 35 風扇 36 濾網 37 寶特瓶 38 稱量紙 39 酒精燈 40 三腳架 41 陶瓷纖維網 42
自製攪拌器 43 長尾夾 44 鐵絲 45 銅線 46 刮勺 47 塑膠袋 48 透明桌墊 49 桿麵棍 50
鋁箔紙 51 鋸槍 52 鑽孔機 53 上皿天平 54 數位相機 55 直尺 56 圓規 57 打火機

藥品：1 氫氧化鈉 2 鋅罐 3 氯化銨 4 氯化鋅 5 太白粉 6 洗米水 7 碳棒 8 氫氧化鈣 9 雙氧
水 10 二氧化錳。



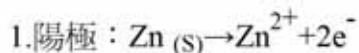
肆、研究過程：

【文獻探討】

一、乾電池的構造及反應機制：

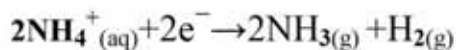
(一)乾電池的構造如右圖所示。

(二)乾電池的化學反應

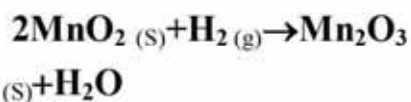


2.陰極：

(1)電子流到陰極後，將陰極的電解質銨離子還原而產生氫氣



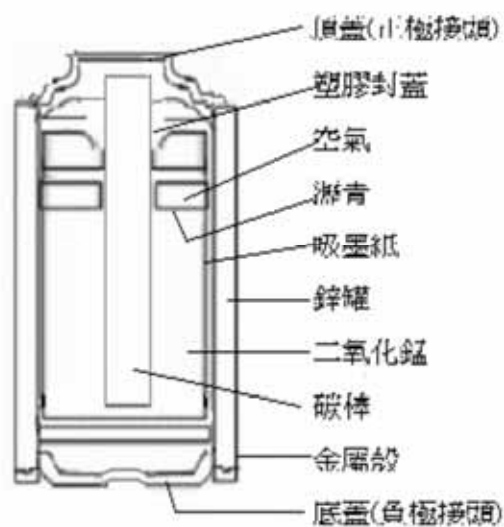
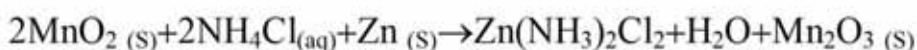
(2)釋放出的氫即被二氧化錳氧化



(3)氫與鋅離子結合而成安定的錯化合物

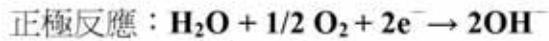


3.全反應：

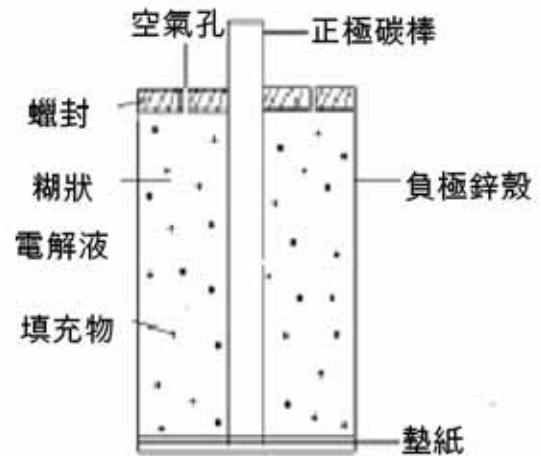
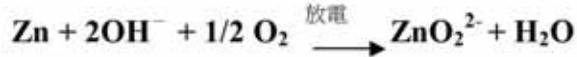


(三)空氣碳鋅電池的氧化還原反應

碳鋅空氣電池的結構圖如右



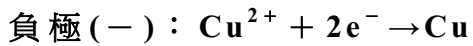
全反應：



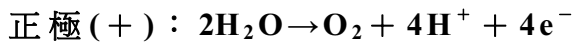
(四)電解水及電解硫酸銅溶液的氧化還原反應

1. 電解水 $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{加幫助導電的硫酸等電解質}} 2\text{H}_2(\text{負極}) + \text{O}_2(\text{正極})$ ，其正負極的氧化還原反應如下：
負極(-)： $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ 或 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ 氫離子或水分子移向負極得到電子而「還原」，且產生氫氧根離子呈鹼性。
正極(+)： $4\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$ 或 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ 氫氧根離子或水分子移向正極失去電子而「氧化」，且產生氫離子呈酸性。

2. 電解硫酸銅水溶液 $2\text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2(\text{正極}) + 2\text{Cu}(\text{負極}) + 2\text{H}_2\text{SO}_4$ ，其正負極的氧化還原反應如下：



(還原電位比 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ 還要高，故 Cu^{2+} 優先還原)



(SO_4^{2-} 中的硫氧化數已達最高價，故不可能移向正極時再失去電子，故 H_2O 中的 O^{2-} 優先氧化而生出氧氣)

研究一、回收碳棒及鋅殼重製空氣碳鋅電池的研究

(一)拆解廢乾電池的處理方法：

- 1.先用鐵鎚輕敲電池，使電池外殼鬆掉，再以尖嘴鉗將銅環及碳棒一起拔出。
- 2.以刮勺的小端將電池內的黑色物質挖出，置於燒杯中。〔注意：在電池內部有一層防水膜，必須將防水膜挖出，不要和二氧化錳混在一起〕
- 3.將負極鋅殼挖淨後，以砂紙磨掉表面的附著物及氧化物，將廢棄物回收備用。再以磁鐵測試確定鋅殼的確不會被磁鐵吸引才是。若是會被磁鐵吸引的，可能為鐵、鎳外殼，需另外回收。
- 4.將拆解後的碳棒表面以砂紙磨掉表面的附著物及金屬雜質等，將廢棄物回收備用。
- 5.將廢乾電池內的黑色物質含二氧化錳、澱粉、反應後的錳化合物等及步驟 3~4 的廢棄物備用。(研究三的廢材來源)

(二)碳鋅空氣電池的研製

實驗一、回收再利用的碳鋅空氣電池製作步驟:

- 1.將廢乾電池正極凸起物的上蓋金屬外殼去除，留住中間黑色石墨碳棒、外殼及其它所有廢材備用。
- 2.黑色石墨碳棒浸於 20%的 NaOH 溶液中一小時，仍作為電池正極。
- 3.以氯化銨、氯化鋅粉末各 1g 及 2g 的氫氧化鈣粉末，與原有黑色廢材調成糊狀液體作電池的電解液。
- 4.以不透水的墊紙置於鋅殼底部，將石墨碳棒固定後，再把步驟 3 的糊狀電解液倒入原筒狀鋅殼中，電池上端不密封，因為碳鋅空氣電池是以空氣中的氧作為去極劑，故不密封。
- 5.放電前測量碳棒周圍的 pH 值。
- 6.以導線連接 2 歐姆小燈泡使其發亮，再以數位電錶每 10 分鐘測量電池的電流及電壓，記錄至表一。



研究二、以自製碳鋅空氣電池進行減量電解電鍍的實驗設計

我們用自製碳鋅空氣電池當電源，以本校學姊研究發展出的微形實驗為藍本，進行以下的電解及電鍍實驗為：

實驗二、電解水微形實驗

操作步驟：

1. 一片廣用指示劑加 10 滴逆滲透水的比例，溶出色水後的稀釋液為電解水實驗的指示劑。
2. 以 Microsoft Word 繪製 1 cm 直徑圓內接十字的長條投影片，當做電解正負電極擺放的間距及承載液滴的接觸面。
3. 滴 2 滴廣用指示劑在投影片的內圓十字中心(可以不用外加幫助導電的物質)。
4. 以「自製空氣碳鋅電池」為電源，以粗自動鉛筆心為正、負極，兩極均以鱷魚夾線夾住，開始通電。

實驗三、電解硫酸銅減量微形實驗

操作步驟：

1. 以 Microsoft Word 繪製 0.5 cm 方格的長條投影片，當做電解正負電極擺放的間距及承載液滴的接觸面。
2. 滴 1 滴 0.5M CuSO_4 溶液在投影片的方格內。
3. 以「自製空氣碳鋅電池」為電源，以粗自動鉛筆心為正、負極，兩極均以鱷魚夾線夾住，開始通電。
4. 反應 3 分鐘後，各以廣用試紙沾左邊鱷魚夾線夾住正極的液滴及右邊鱷魚夾線夾住負極的液滴呈色反應如圖片(一)所示。
5. 如步驟 1~3，以粗自動鉛筆心為正極、負極改為大頭針為電極。同步驟 4，觀察液滴呈色反應如圖片(二)所示。
6. 如步驟 1~3，正極、負極均改為大頭針為電極。同步驟 4，觀察液滴呈色反應如圖片(三)所示。

研究三、以廢乾電池的黑色廢材製作成燃料片及燃料棒的研究

(一)上網查廢電池回收的相關資料後才發現，環保署其實不希望大家自行拆解廢電池，因為，大家都只做半套，反而讓廢電池內的重金屬物質污染水源及土壤。為什麼只說是做半套呢？因為，大家通常只取正極、負極材料，但卻把電池的填充物當一般廢棄物給丟了！

(二)因此，我們把處理廢乾電池負極鋅殼及正極碳棒以外的所有黑色廢材準備製作燃料片(可以考慮廢電池碳棒，用研鉢和杵搗碎，並研磨成細粉加入)，因為黑色廢材中有不少的二氧化錳或錳的化合物可做為助燃劑而廢材中所含的澱粉等物質是可燃物。現在，只須把這些再膠合成片就行了。

拆解廢電池研磨成電池粉的過程圖示如下：



實驗四、以廢乾電池的黑色廢材製作成燃料片製作步驟：

- (1) 將太白粉和二氧化錳、碳粉倒入洗米水中並用自製攪拌器攪拌均勻。
- (2) 將(1)用酒精燈加熱至黏稠狀(約五分多鐘)。
- (3) 移開酒精燈將(2)倒至透明桌墊，蓋上透明塑膠袋用桿麵棍桿平。
- (4) 貼上標籤註明各粉末及洗米水比例。
- (5) 各燃料片製作嘗試比例如表二

燃料片製作過程

		
用電子秤秤量太白粉	將不同比例的粉分別秤量裝好	加熱電池粉與太白粉過程，以玻璃棒攪拌太慢了，也擔心不均勻
		
我們決定用打蛋器加內裝小馬達的玩具動力把手來自製攪拌器	使用自製攪拌器攪勻電池粉與太白粉果然快又均勻	將加熱過的電池粉與太白粉鋪在塑膠墊上
		
將加熱後的電池粉&太白粉糊狀體用實驗室最大的橡皮塞企圖桿平，但是厚度不平均	決定用像桿麵棍的桿子桿平電池粉加太白粉的糊狀體	將燃料片剪成條片狀置於槽內準備進行加熱實驗

實驗五、以廢乾電池的黑色廢材製作成燃料棒製作步驟：

- (6) 將太白粉和二氧化錳、碳粉倒入洗米水中並用自製攪拌器攪拌均勻。
- (7) 將(1)用酒精燈加熱至黏稠狀（約五分多鐘）。
- (8) 移開酒精燈將(2)倒入空針筒中，擠壓針筒至透明桌墊上（黏稠狀固體會變成棒狀）。
- (9) 貼上標籤註明各粉末及洗米水比例。
- (10) 每個燃料棒，以坩堝夾夾住後，點火觀察火焰高度及燃燒時間，記錄於表三。

研究四、以自製燃料片及燃料棒當熱源的加熱系統設計

實驗六、以自製燃料片當熱源的加熱系統設計

製作內容及步驟：

<底座>

1. 將硬紙板(瓦楞紙板)割出風口,放置燃料片位置,與放置網子的洞。
2. 先在外部把泡過樹脂(與水調和—比例 1:1)的擦手紙黏上,再在內部黏上鋁箔紙。
3. 將風扇濾網卡進裝置,固定好形狀後便拿去曬乾。

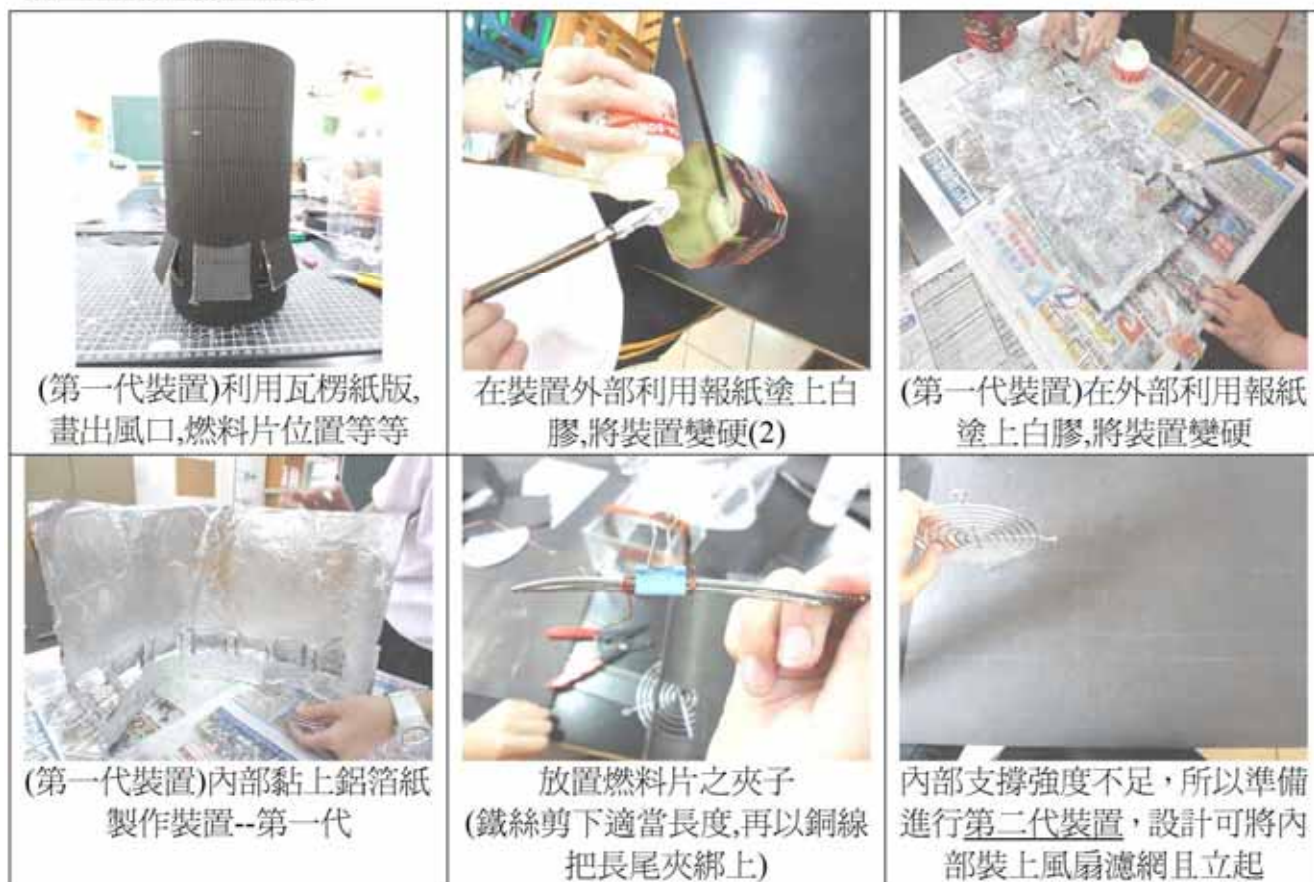
<接灰燼蓋子>

1. 將硬紙板割出圓形與長條形。
2. 分別貼上鋁箔且組裝後就可製成蓋子。




<煙囪>

1. 將硬紙板割出五角柱的展開圖形狀。
2. 在硬紙板與寶特瓶內都黏上鋁箔紙。
3. 黏成五角柱後在上面黏上寶特瓶當成煙囪口就完成了。

第一代裝置製作圖示



第二代裝置製作圖示

 <p>硬紙板下方畫出、切割出對流入風口製作第二代裝置利用</p>	 <p>第二代裝置製作過程—割出放置燃料片位置</p>	 <p>製作放置燃料片夾子過程 (先將鐵絲<兩根>用銅線綁在一起)</p>
 <p>製作可夾放燃料片的長柄夾</p>	 <p>用銅線固定燃料片夾</p>	 <p>測試放燃料片夾的位置</p>
 <p>用鑽孔機把橡皮塞鑽洞(裝在放置燃料片的夾子兩端隔熱)</p>	 <p>硬紙板外層加上塗抹餐巾紙加白膠可增加乾燥後的硬度</p>	 <p>第二代裝置底部製作 (底部做成可拆式接灰爐蓋子)</p>
 <p>底部同樣以白膠黏上鋁箔紙製作過程</p>	 <p>主要支撐裝置之風扇濾網</p>	 <p>第二代裝置製作過程—外部全部黏上餐巾紙後,已晒乾</p>

實驗七、以自製燃料棒加熱系統當熱源

實驗步驟：

- 1.以實驗六的加熱系統加熱 10 mL 的水量，紀錄溫度變化和末溫如表四。
- 2.加熱裝置操作過程圖示如下：



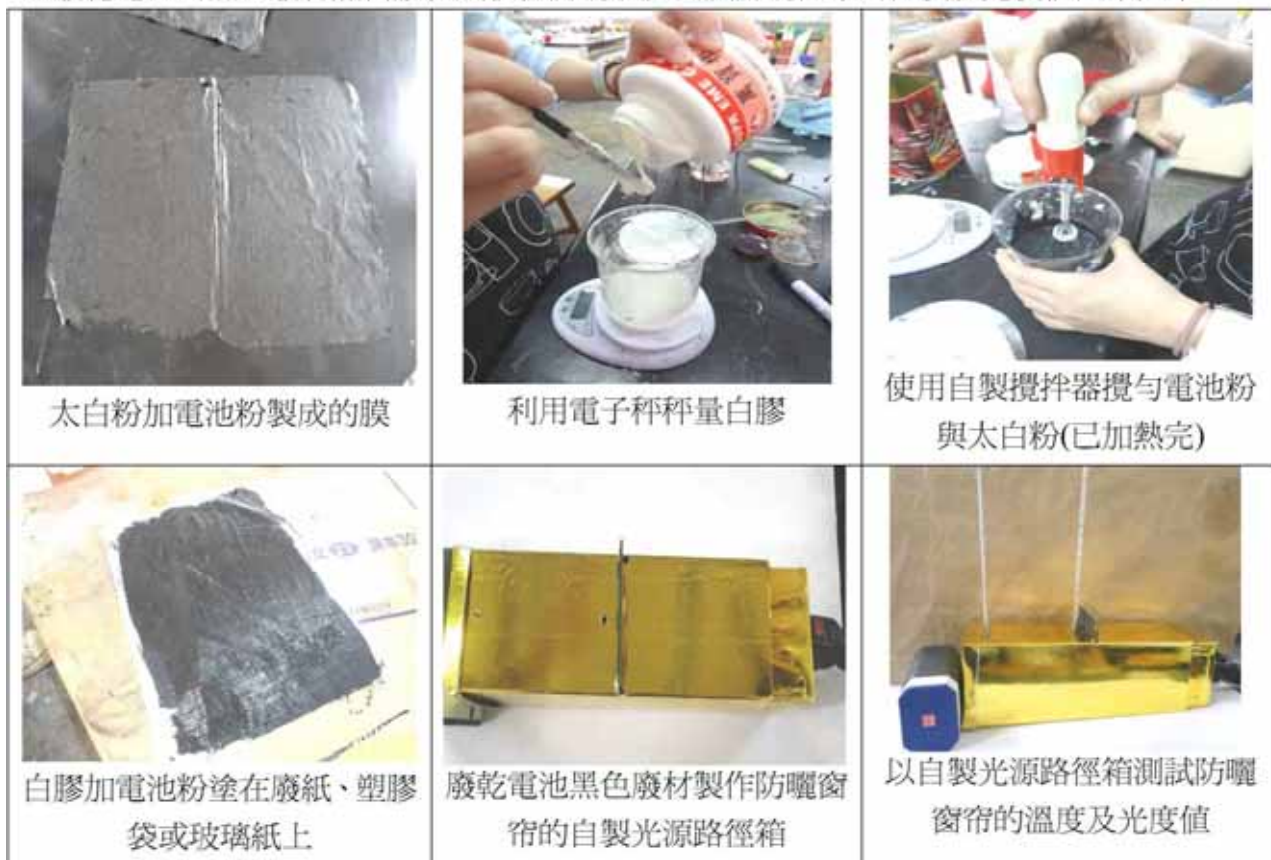
研究五、以廢乾電池的黑色廢材結合廢紙、廢水製作防曬窗簾的研究

實驗八、以減量白膠當黏著劑混合廢乾電池的黑色廢材、廢紙製成防曬窗簾的溫度及光度值測試

實驗步驟：

- 1.將白膠樹脂加水 1 比 1 混合均勻後加電池粉。
- 2.以自製攪拌器攪勻電池粉與太白粉。
- 3.將步驟 2 的糊狀物分別塗在塑膠袋、玻璃紙或廢紙上作為隔熱材質備用。
- 4.自製隔熱材質自然乾燥後，剪下適當方形大小置於自製光源路徑箱插孔中，準備測量溫度及光度值大小，記錄如表五。
- 5.將步驟 4 的方形隔熱材質加玻片夾住，再置於自製光源路徑箱插孔中，準備測量溫度及光度值大小，記錄如表五。
- 6.製作碳粉紙及電池粉紙，再如步驟 4 及 5，準備測量溫度及光度值大小，記錄如表六。

以廢乾電池的黑色廢材加白膠製成軟性防曬膜及測試防曬窗簾的溫度及光度值圖示如下：



研究六、設計雙氧水製氧的節能實驗以檢測廢乾電池黑色廢材含錳化合物的催化能力

實驗九、將廢電池的二氧化錳純化

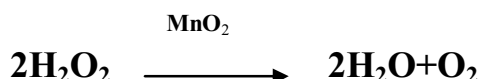
實驗方法為：

- (1) 將電池內黑色物質以研鉢磨細，倒入燒杯中。
- (2) 把燒杯中將磨細後的黑色物質加水溶解，並以玻棒攪拌，其中可溶解的物質會溶於水中，靜置約 30 分鐘後，溶液會分成上下兩層再把上層懸浮溶液倒掉，下層溶液準備過濾。
- (3) 以濾紙過濾下層溶液，將過濾後的二氧化錳以風乾法自然吹乾後，再用刮勺將二氧化錳刮下。
- (4) 為了提高二氧化錳的純淨度，我們將刮下來的二氧化錳放入蒸發皿中，以酒精燈加熱二氧化錳，加熱時間約為 4-5 分鐘，一直到二氧化錳不再出現火花為止。
- (5) 鹼性電池也可運用以上方法回收利用二氧化錳。

實驗十、廢乾電池黑色廢材含錳化合物的催化能力與試藥級二氧化錳的比較(一)

實驗方法為：

- (1) 取實驗室藥用二氧化錳 2g 及處理好的二氧化錳和未處理的二氧化錳各 2g 放入錐形瓶中。
- (2) 置入橡皮塞、薊頭漏斗，並連接導管至水槽，再由薊頭漏斗緩緩的滴入 20% 的雙氧水 20ml 進行雙氧水製氧的化學變化，其化學反應如下：



- (3) 以排水法收集氧氣，以量瓶收集氣體，並記錄收集 500ml 氧氣所需時間。
- (4) 比較以上三種二氧化錳粉末催化雙氧水製備氧氣反應速率的差異性，記錄如表七所示。

實驗十一、廢乾電池黑色廢材含錳化合物的催化能力與試藥級二氧化錳的比較(二)

實驗方法為：

以電池粉、二氧化錳及燃燒後的電池粉製氧

稀釋雙氧水——水→60ml

30%雙氧水→20ml

電池粉、二氧化錳及燃燒後的電池粉各取 1 克

所需工具——兩個空針筒、橡皮導管

製作過程：

- (1) 將粉末倒入針筒中
- (2) 將稀釋後的雙氧水倒入另一針筒，兩針筒中間接上橡皮管
- (3) 將稀釋後的雙氧水 6ml 壓入另一針筒中，以碼表計時氧氣至針筒刻度 60ml 的時間
- (4) 以收集 60ml 氧氣為標準，全部使用稀釋後的雙氧水 6ml，實驗結果如表八所示。



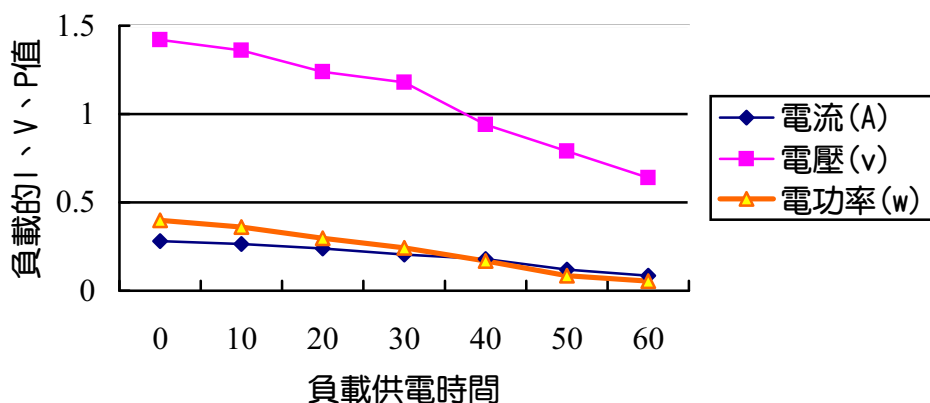
伍、研究結果：

實驗一、回收再利用的碳鋅空氣電池

表一、自製回收再利用碳鋅空氣電池負載 2 歐姆小燈泡的電流及電壓測定

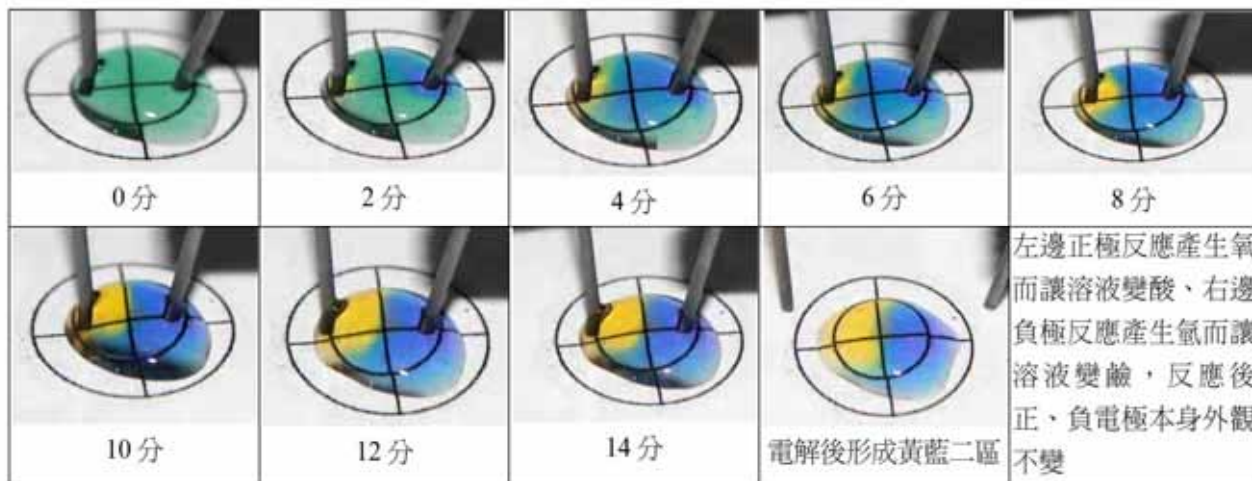
時間(分)	0	10	20	30	40	50	60
電流(A)	0.280	0.265	0.240	0.205	0.180	0.120	0.085
電壓(v)	1.42	1.36	1.24	1.18	0.94	0.79	0.64
電功率(w)	0.398	0.360	0.298	0.242	0.169	0.086	0.054

圖一、自製碳鋅空氣電池負載2歐姆燈泡的電流、電壓、電功率測定



實驗二、電解水微形實驗

每 2 分鐘的電解水(加廣用試紙的色水)畫面如下：



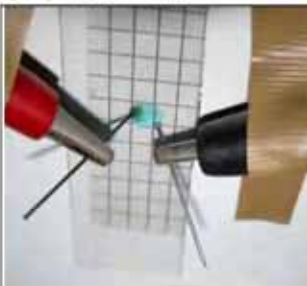
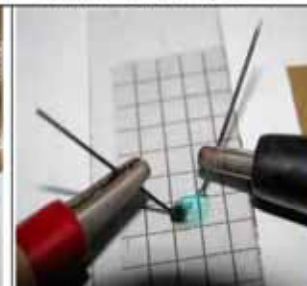
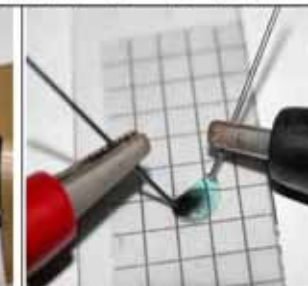
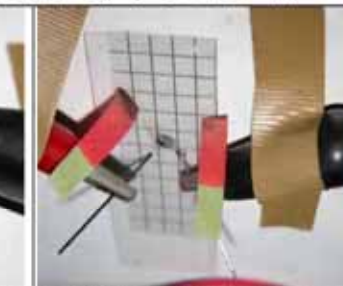
實驗三、電解硫酸銅減量微形實驗

(一)電解 1 滴 0.5M CuSO_4 溶液的情形(左為正極鉛筆心、右為負極鉛筆心電極)的反應圖片




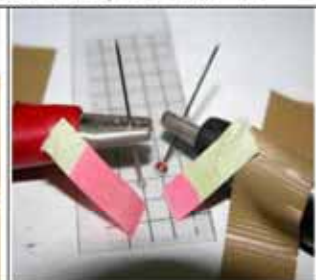
			電解後以廣用試紙沾正極溶液呈紅色、負極溶液亦呈紅色反應，最後可看到更多黑色殘留的沉澱物
1 分鐘時已看到正極處不少的黑色鉛筆心溶解且產生氣泡，電流強度有 2.5mA 左右	2 分鐘時已明顯看出正極黑色鉛筆心溶解得更多、氣泡也不少，電流強度維持在 2.5mA 左右	3 分鐘時正極黑色鉛筆心溶解得更多，正極氣泡觀察更不易了	

- 1.以正、負極皆為鉛筆心實在不易觀察到正極生氧氣而負極析出銅的畫面。
- 2.那改掉負極鉛筆心為大頭針，看能不能看到負極析出銅的畫面好了。

(二)電解 1 滴 0.5M CuSO_4 溶液的情形(左為正極鉛筆心、右為負極大頭針電極)的反應圖片

			
1 分鐘時已看到正極黑色鉛筆心溶解且產生氣泡，電流強度只有 2mA 左右	3 分鐘時已明顯看出正極黑色鉛筆心溶解得更多、氣泡也不少，電流強度維持 2mA 左右	5 分鐘時正極黑色鉛筆心溶解得更多，負極銅析出不如 4(1)的明顯	

(三)電解 1 滴 0.5M CuSO_4 溶液的情形(左為正極大頭針、右為負極大頭針電極)的反應圖片

			
10 秒內就可看到正極有氣泡生成，電流強度為 5mA 且上升至 7mA 左右，1 分鐘時看到負極有銅析出	2 分鐘時已明顯看出藍色溶液變淺，電流強度已為 7mA 以上，正極氣泡生成速率變大	3 分鐘時藍色溶液變更淺，電流強度為 7mA 左右，負極有明顯的銅析出	

實驗四、以廢乾電池的黑色廢材製作成燃料片

表二、製作燃料片嘗試比例如下

碳棒研磨後的碳粉	過濾後電池粉(主要為成份為二氧化錳)	太白粉	洗米水
3g	5g	9g	10ml
3g	1g	3g	10ml
1g	3g	3g	10ml
4g	3g	5g	10ml
6g	10g	7g	20ml
5g	5g	10g	25ml
9g	3g	9g	30ml
10g	15g	17g	50ml
10g	16g	33g	100ml
11g	19g	31g	100ml

實驗五、以廢乾電池的黑色廢材製作成燃料棒

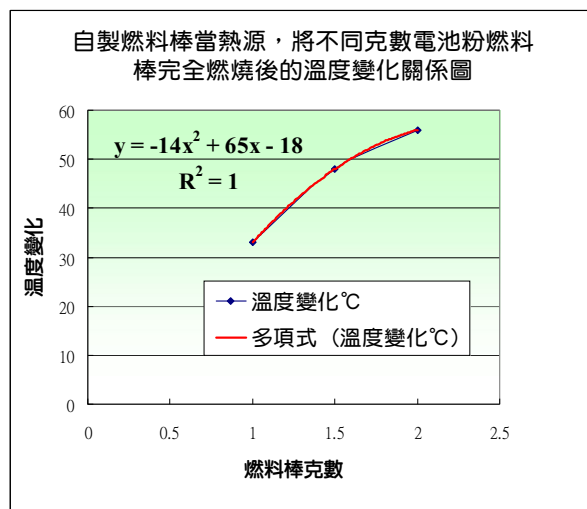
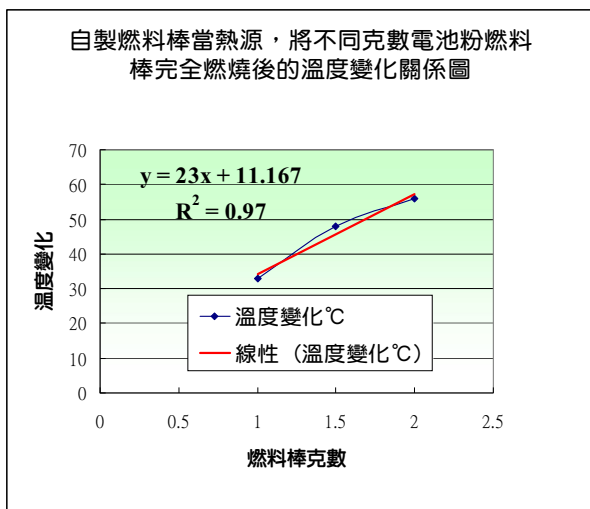
表三、以廢乾電池的黑色廢材製作成燃料棒的燃燒時間比較

種類 \ 燃燒克數	0.4g	0.7g	1.0g
電池粉+太白粉	2 分 09.6 秒	1 分 47.3 秒	4 分 24.3 秒
二氧化錳+太白粉	2 分 01.5 秒	3 分 09.3 秒	4 分 24.1 秒
碳粉+太白粉	3 分 16.7 秒	1 分 55.7 秒	4 分 41.8 秒
純太白粉	1 分 27.4 秒	4 分 23.0 秒	5 分 08.6 秒
碳粉+二氧化錳+太白粉	1 分 03.2 秒	1 分 52.9 秒	3 分 56.6 秒

實驗六及實驗七、以自製燃料片及燃料棒當熱源的加熱系統設計

表四、自製燃料棒當熱源、將不同克數電池粉燃料棒完全燃燒後溫度變化和末溫的關係比較

溫度 \ 燃料棒克數	初溫	末溫	溫度變化(ΔT)
1.0 克	22°C	55°C	33°C
1.5 克	24°C	71°C	48°C
2.0 克	24°C	80°C	56°C



實驗八、以減量白膠當黏著劑混合廢乾電池的黑色廢材、廢紙製成防曬窗簾的溫度及光度值測試

表五、電池粉+白膠塗在不同材質上的比較

溫度及光度測試 隔熱材質	距離燈泡	距離燈泡	溫度變化(ΔT)		光度 (距離燈泡 26cm)
	7.5cm	19cm			
塗塑膠袋上	37°C	31°C	1°C	4.5°C	-004
塗玻璃紙上	35°C	29°C	3°C	6.5°C	-002
塗廢紙上	34°C	29°C	4°C	6.5°C	-003
玻璃+塗塑膠袋上	35°C	30.5°C	3°C	5°C	-002
玻璃+塗玻璃紙上	34°C	30°C	4°C	5.5°C	-003
玻璃+塗廢紙上	33°C	29°C	5°C	6.5°C	-003

表六、以 15W 的燈泡,用不同的隔熱材質測試 10 分鐘內的溫度變化及光度

溫度及光度測試 隔熱材質	距離燈泡	距離燈泡	溫度變化(ΔT)		光度 (距離燈泡 26cm)
	7.5cm	19cm			
只有燈泡	38°C	35.5°C			85
玻璃	33°C	32°C	5°C	3.5°C	81
碳粉紙	37°C	31°C	1°C	4.5°C	-001
電池粉紙	36°C	31°C	2°C	4.5°C	-003
玻璃+碳粉紙	33°C	29.5°C	5°C	6°C	1
玻璃+電池粉紙	34.5°C	31°C	3.5°C	4.5°C	-002
碳粉紙 (前後夾白紙)	35°C	30°C	3.5°C	5.5°C	-002
電池粉紙 (前後夾白紙)	34°C	30°C	4°C	5.5°C	-003
玻璃+碳粉紙 (前後夾白紙)	29.5°C	29.5°C	8.5°C	6°C	-002
玻璃+電池粉紙 (前後夾白紙)	33°C	29.5°C	5°C	6°C	-002

實驗九~十、廢乾電池黑色廢材含錳化合物純化後測試其催化能力與試藥級二氧化錳比較(一)

實驗結果圖示：



表七、不同種類二氧化錳催化雙氧水產 500ml 氧氣所需的時間〔秒〕

種類	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
實驗藥用二氧化錳	36.6	30.8	35.4	32.7	31.2	33.45
已處理的二氧化錳	47.8	48.2	49.4	46.4	48.8	45.30
未處理的二氧化錳	118.4	120.2	124.6	115.8	122.4	120.28

實驗十一、廢乾電池黑色廢材含錳化合物的催化能力與試藥級二氧化錳的比較(二)

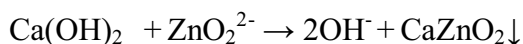
表八、不同種類二氧化錳催化雙氧水產生 60ml 氧氣所需的時間〔秒〕

催化劑	製氧時間
電池粉	53 秒
二氧化錳	1 分 11 秒
燃燒後的燃料片粉	2 分 01 秒

陸、討論：

實驗一、回收再利用的碳鋅空氣電池

- 1.因為電池放電時會使電解液中 OH^- 濃度降低，為了補充 OH^- ，我們在電解液中加入氫氧化鈣粉末，氫氧化鈣會與負極產生的 ZnO_2^{2-} 反應而產生 OH^- 和鋅酸鈣的沉澱物。



- 2.若在負極處有足夠的 OH^- ，電池內部的電阻才不會因 OH^- 減少而增大，致使電壓降低，因此增加電解液中的 OH^- 濃度為改善電池性能的重要關鍵。

實驗二、電解水微形實驗

- 1.電解水的負極反應： H^+ 離子還原產生氫氣的氣泡($2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$)但水中的氫離子較少，反應可寫為電解水的負極半反應($2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$)，所以廣用試紙色水可使右邊負極反應呈現鹼性的藍紫色。
- 2.電解水的正極反應： OH^- 離子還原產生氧氣的氣泡($2\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 4\text{e}^-$)但水中的氫氧根離子較少，反應可寫為電解水的正極半反應($2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$)，所以廣用試紙色水可使左邊正極反應呈現酸性的黃色。

實驗三、電解硫酸銅減量微形實驗

- 1.硫酸銅原本就是 pH4~5 的弱酸性的液滴，我們將廣用試紙放到正負極的溶液邊緣吸一點溶液，結果均呈現桃紅色的強酸性，顯示電解後的 pH 值達到了 1，難怪靠近正極處的液滴會變得更酸而將鉛筆心崩散開了。(碳棒為電極的正極是產生氧氣及釋放出氫離子而變得更酸吧。反應式為： $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$)
- 2.正極處崩散的黑色鉛筆心使得靠近負極的液滴處析出紅色銅的畫面不夠清楚。
- 3.那是不是全用大頭針換掉鉛筆心就沒事了？果然，結果就還算不錯啦！只有一滴，正極可以明顯看到大量氣泡的生成而負極析出的銅也很明顯哩！

實驗四及實驗五、以廢乾電池的黑色廢材製作成燃料片及燃料棒

- 1.我們開始以不同比例去調配燃料片，製成的燃料片以薄的較易燃燒、厚的較難燃燒，但厚的燃燒後火源較穩定。
- 2.將電池粉過濾後和碳棒磨成之碳粉結合後較易燃燒完全。
- 3.在燃料片嘗試比例中可得知過濾後電池粉克數大於碳棒磨成粉的克數時，燃燒效果較佳。

實驗六及實驗七、以自製燃料片及燃料棒當熱源的加熱系統設計

- 1.由實驗表四結果可得知，電池粉燃料棒克數與溫度變化呈一次線性的正相關，若畫出二次曲線則相關係數竟高達 1，如此可知，我們實驗的數據點不夠多，這點還需改進，以便做更多測試才能得到更佳的實驗結果。
- 2.我們與酒精燈當熱源做對照的比較結果，發現以燃料棒取代酒精燈加熱少量體積的液體升溫效果的確相當不錯，相對比較酒精燈的散熱效率就實在太大了。
- 3.燃料片及燃料棒當熱源，燃燒後的灰燼如實驗十一的實驗結果，顯示仍然具有當雙氧水製備氧氣的催化劑功能。

實驗八、以減量白膠當黏著劑混合廢乾電池的黑色廢材、廢紙製成防曬窗簾的溫度及光度值測試

1. 不管廢乾電池的廢材是做燃料片、燃料棒或製成防曬窗簾的薄膜，此均為國內首創的新研究方向。
2. 由表五、表六光度值的對照顯示，此防曬窗簾薄膜的遮光效果無庸置疑！至於隔熱效果，我們只用十分鐘的時間去比較，就有攝氏好幾度的差異！！這樣的結果鼓舞我們想把這項研究繼續測試下去，希望能整理出更好的實驗結果。
3. 廢乾電池的黑色廢材內含二氧化錳，如果做成薄膜再製成窗簾的葉片，應完全隔絕以免落塵吸入有害人體，因此，外加包材當成中間介質是較佳的處理方式。

實驗九~十一、廢乾電池黑色廢材含錳化合物純化後測試其催化能力與試藥級二氧化錳比較

1. 以二氧化錳、電池粉以及燃燒燃料棒後的灰燼分別來催化雙氧水，發現到以二氧化錳來催化雙氧水的速率最快，電池粉次之。
2. 燃燒燃料棒後的灰燼亦具有催化效果，但反應速率慢很多；然而在以針筒進行的催化實驗比較中，卻發現到，以電池粉催化的速率最快，這個現象我們懷疑可能與電池粉可能受殘留微量氯化銨電解液分解出的氣體而增加氣體總體積有關，這只需讓產氣過程經過水相(例如潮濕的棉花通道)即可修正。

柒、結論

- 一、從試測空氣碳鋅電池負載電流及電壓均明顯降低，可能是因為 OH^- 濃度減少的關係，所以最後我們在電池中添加氫氧化鈣，可以改善此電池的性能。
- 二、我們拆解廢乾電池內容物的三個部份為：碳棒、鋅殼、黑色乾燥或膠狀物質。除了將回收「碳棒、鋅殼」重製電池再利用外，我們還承襲本校已研究出的「微形電解電鍍實驗」以取代耗材、污染性高的傳統實驗。
- 三、我們也創新的研究出將廢乾電池內所有的「黑色廢材混合太白粉」，製成可以取代傳統酒精燈「當熱源的燃料」及獨創「以燃料片或燃料棒當熱源的加熱系統」設計，結果是可行的。可以繼續發展下去，希望大家一起研究，讓它能做得更好而讓實驗室的加熱能源不短缺。
- 四、我們將黑色廢材混合白膠，製成「可遮陽防曬的窗簾」，遮光度幾乎可達 100%。而且剛做好時，柔軟性頗佳，可以直接塑型成波浪型乾燥後拿來穿線做成可伸縮可拉的「黑色遮陽防曬的窗簾」。
- 五、我們純化二氧化錳經處理後的回收率為 62%，但處理方式還是不夠環保，所以，我們想直接檢測黑色廢材內含錳化合物的催化能力，由有側管的過濾裝置變成注射針筒式的集氣設計，希望能改進傳統雙氧水以二氧化錳催化製氧的節能實驗。

捌、參考資料：

- 一.牛頓科學研習百科 — 第四冊化學篇。
- 二.自然與生活科技第六冊，第二章南一書局。
- 三.最新電池工學 — 賴耿陽譯著，復漢出版社。
- 四.高中化學課本，南一書局。
- 五.電化學基本原理與應用，田福助編著，五洲出版社。
- 六.國中自然第四冊第二章酸、鹼、鹽；第三章氧化還原
- 七.國中自然第五冊第二章電流化學效應、電解及電鍍
- 八.http://blog.sina.com.cn/s/blog_4a6a464b01000b0y.html
- 九.本校歷屆科展作品
- 十.迪士尼節目《動手玩創意》

【評語】 030214

該科展團隊嘗試把廢乾電池中的石墨與二氧化錳材料，製作成碳片，並嘗試進行各種應用。包括製作再生電池，與燃料片。並為測量燃料片燃燒力，而製作了六代的燃燒爐，其燃燒爐的設計與工藝，達到一定水準，毅力可嘉，值得鼓勵。