

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 理化科

031623

廢電池大解析

學校名稱：連江縣立東引國民中學

作者： 國二 謝寧 國二 林庭禹 國二 孫德緯 國二 張煒婷	指導老師： 陳建輝
--	--------------

關鍵詞：廢電池、環保回收、再利用

壹、摘要

我們知道廢電池中由於含有多種重金屬，如果不加以回收處理，容易於環境中流佈，並間接為人體所吸收，而重金屬是無法經由人體代謝排出體外的，所以經年累月經生物濃縮作用，便可能發生重金屬中毒事件。

因此本實驗一特地探討廢電池對生物體的影響，來證明廢電池對生物體所帶來的立即危害及妨礙生長的情形。實驗二針對廢電池的電力在生做初步探討，目的再於研究讓沒電的電池增加電力，雖然實用性不足但卻具有實驗意義。實驗三特別針對廢電池的組成物質尋找回收再利用的方法，並且充分利用在國中教學的課程中，以達到回收在利用的目的。

尋求做好所有廢電池的回收，大家原就應當責無旁貸，尤其是含有水銀及鎘的乾電池，更是務必要加以回收，本主題刻意凸顯廢電池危害環境及回收利用的重要性，希望國人養成回收電池的好習慣，其實「養成良好的回收習慣」就是表達對環境最大的善意了。

廢電池大解析

一、研究動機

從上個學期開始，學校開始推行廢電池的回收運動，而我們班上更榮獲全校廢電池回收冠軍，但是我們對於為何要回收廢電池始終是一知半解。在請教過老師以及上網找資料之後，我們才得知我國的政府早於民國 88 年 11 月 1 日起，全面開始回收各種廢電池，是因為電池中所含有的重金屬，例如：汞（水銀）、鎘、鉛…等，對生物及環境的危害是相當大的。所以我們想知道，到底廢電池對於生物體的生長到底影響多大？會不會有一些簡單方法就可以讓沒電的廢電池重新恢復電力？這樣的話我們就可以少用一些電池；而廢電池裡面有許多有用的化學物質，我們能否將它們回收再利用呢？於是我們開始著手進行實驗，希望能對廢電池有更深的認識。

二、研究目的

- (一) 探討廢電池對生物體的影響
- (二) 研究如何讓沒電的廢電池增加電力
 - 1. 加入電解質溶液
 - 2. 加熱廢電池
- (三) 回收廢電池內的化學物質再利用
 - 1. 回收鋅殼再利用
 - 2. 回收二氧化錳再利用
 - 3. 回收碳棒再利用

三、研究藥品及器材

藥品：廢電池（乾電池、鹼性電池、水銀電池）、二氧化錳、雙氧水、鹽酸、氫氧化鈉、氯化鈉、碳粉、銅片、鋁箔紙

器材：培養皿、量筒、滴管、燒杯、玻棒、蒸發皿、漏斗、漏斗架、濾紙、秤量天平、秤量紙、刮勺、鐵鎚、鋼釘、尖嘴鉗、竹筷、坩堝鉗、衛生紙、綠豆、電池座、封口膠、酒精燈、三腳架、石綿心網

四、研究過程及結果

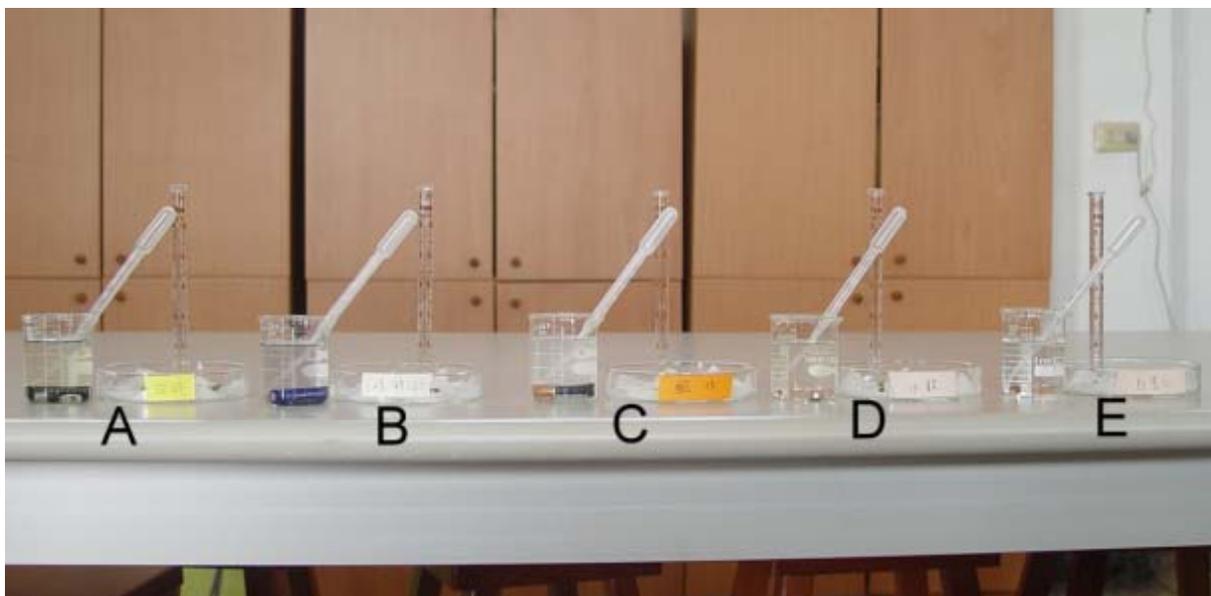
(一) 探討廢電池對生物體的影響

實驗一：廢電池對綠豆生長的影響

1. 藥品器材：

培養皿	5 個	碳鋅電池	1 顆
100mL 燒杯	5 個	碳鋅含汞電池	1 顆
10mL 量筒	5 個	鹼性電池	1 顆
滴管	5 支	水銀電池	1 顆
衛生紙	10 張	綠豆	20 顆

2. 裝置：如下圖所示：



A：碳鋅電池 B：碳鋅含汞電池 C：鹼性電池 D：水銀電池 E：自來水

- (1) 取從電池回收桶中蒐集來的碳鋅電池、碳鋅含汞電池、鹼性電池、水銀電池各一顆，利用釘子在這些電池上面鑽 3~5 個小洞。
- (2) 取 5 個 100mL 的燒杯，將處理過的碳鋅電池、碳鋅含汞電池、鹼性電池、水銀電池依序放入燒杯 A、B、C、D 中（燒杯 E 不放任何東西，當作本實驗的對照組），再將 5 杯燒杯加自來水至 100mL。
- (注意：燒杯 A：碳鋅電池廢液；燒杯 B：碳鋅含汞電池廢液；燒杯 C：鹼性電池廢液；燒杯 D：水銀電池廢液；燒杯 E：自來水)
- (3) 將培養皿 A 鋪上 2 張衛生紙，以量筒量取 20mL 燒杯 A 的水（碳鋅電池廢液）來將衛生紙弄濕，再將 4 顆綠豆灑在衛生紙上。
- (4) 重複步驟 (3)，將培養皿 B、C、D、E 以燒杯 B、C、D、E 中 20mL 的水將衛生紙弄濕，再將 4 顆綠豆灑在衛生紙上。

(5) 每日以等量的燒杯 A、B、C、D、E 中的水來澆培養皿 A、B、C、D、E 中的綠豆，並每天測量綠豆所發芽的長度並記錄。

4. 結果：

第 1 天：溫度：15°C 加水 20ml

95/03/28 下午 1:19 播種

取兩張衛生紙、一個培養皿以及四顆綠豆。

第 2 天：溫度：15°C 加水 5ml

全未發芽，皆吸水變大

第 3 天：溫度：15°C 加水 5ml ※單位：cm

碳鋅：①0.0②0.0③0.0④0.0	平均值：0.0
碳鋅含汞：①0.0②0.0③0.0④0.0	平均值：0.0
鹼性：①0.0②0.0③0.0④0.1	平均值：0.025
水銀：①0.0②0.0③0.0④0.0	平均值：0.0
自來水：①0.0②0.0③0.0④0.0	平均值：0.0

第 4 天：溫度：16°C 加水 5ml ※單位：cm

碳鋅：①0.0②0.1③0.0④0.0	平均值：0.025
碳鋅含汞：①0.0②0.1③0.0④0.0	平均值：0.025
鹼性：①0.0②0.0③0.0④0.2	平均值：0.05
水銀：①0.1②0.0③0.1④0.1	平均值：0.075
自來水：①0.0②0.1③0.2④0.1	平均值：0.1

第 5 天：溫度：16.5°C 加水 5ml ※單位：cm

碳鋅：①0.4②0.5③0.4④0.0	平均值：0.325
碳鋅含汞：①0.5②0.6③0.3④0.0	平均值：0.35
鹼性：①0.4②0.5③0.6④0.6	平均值：0.525
水銀：①0.6②0.0③0.7④0.6	平均值：0.475
自來水：①0.3②0.6③0.6④0.7	平均值：0.55

第 6 天：溫度：18°C 加水 5ml ※單位：cm

碳鋅：①0.6②0.7③0.7④0.0	平均值：0.5
碳鋅含汞：①0.7②0.8③0.7④0.2	平均值：0.6
鹼性：①0.8②0.7③0.8④0.9	平均值：0.8
水銀：①1.0②0.2③1.0④0.9	平均值：0.775
自來水：①0.8②1.0③0.9④1.0	平均值：0.925

第 7 天：溫度：18°C 加水 5ml ※單位：cm

碳鋅：①0.7②0.8③0.8④0.3	平均值：0.65
碳鋅含汞：①0.7②0.8③0.8④0.8	平均值：0.775
鹼性：①1.0②0.8③1.2④0.8	平均值：0.95
水銀：①1.2②0.5③1.0④1.2	平均值：0.975
自來水：①1.5②1.0③1.7④1.1	平均值：1.325

第 8 天：溫度：20℃ 加水 5ml ※單位：cm

碳鋅：①0.7②0.8③0.8④0.4 平均值：0.675
碳鋅含汞：①0.8②0.8③0.8④0.8 平均值：0.8
鹼性：①1.0②1.1③1.8④0.9 平均值：1.2
水銀：①1.5②0.8③1.5④1.5 平均值：1.325
自來水：①1.9②1.2③1.7④1.7 平均值：1.625

第 9 天：溫度：18.5℃ 加水 3ml ※單位：cm

碳鋅：①1.0②1.1③1.0④0.8 平均值：0.975
碳鋅含汞：①0.8②0.9③0.9④0.9 平均值：0.875
鹼性：①1.5②1.2③1.8④0.9 平均值：1.35
水銀：①1.6②0.7③1.9④1.7 平均值：1.475
自來水：①2.3②1.9③2.6④1.3 平均值：2.025

第 10 天：溫度：17℃ 加水 3ml ※單位：cm

碳鋅：①1.1②1.2③1.1④0.9 平均值：1.075
碳鋅含汞：①1.0②1.1③1.2④1.0 平均值：1.075
鹼性：①1.5②1.2③1.8④0.9 平均值：1.35
水銀：①2.1②1.7③2.4④2.3 平均值：2.125
自來水：①3.0②2.3③3.3④4.3 平均值：3.3

第 11 天：溫度：18℃ 加水 3ml ※單位：cm

碳鋅：①1.1②1.3③1.1④0.9 平均值：1.1
碳鋅含汞：①1.0②1.2③1.3④1.2 平均值：1.175
鹼性：①1.4②1.2③2.3④1.1 平均值：1.5
水銀：①2.4②1.7③2.9④2.6 平均值：2.4
自來水：①3.1②2.6③4.1④4.6 平均值：3.6

第 12 天：溫度：16℃ 加水 5ml ※單位：cm

碳鋅：①1.1②1.4③1.1④0.9 平均值：1.125
碳鋅含汞：①1.0②1.2③1.3④1.2 平均值：1.175
鹼性：①1.5②1.2③2.3④1.1 平均值：1.525
水銀：①2.4②1.8③3.0④3.0 平均值：2.55
自來水：①3.1②2.6③5.0④5.0 平均值：3.925

第 13 天：溫度：19℃ 加水 2ml ※單位：cm

碳鋅：①1.1②1.4③1.2④0.9 平均值：1.15
碳鋅含汞：①1.1②1.2③1.3④1.2 平均值：1.2
鹼性：①1.5②1.2③2.3④1.1 平均值：1.525
水銀：①2.4②1.8③3.0④3.0 平均值：2.55
自來水：①3.5②2.6③5.0④6.0 平均值：4.275

第 14 天：溫度：20℃ 加水 4ml ※單位：cm

碳鋅：①1.1②1.4③1.5④1.0 平均值：1.25
碳鋅含汞：①1.6②1.2③1.3④1.4 平均值：1.375
鹼性：①1.6②1.3③2.3④1.4 平均值：1.65
水銀：①2.4②1.8③3.2④3.0 平均值：2.6
自來水：①4.1②3.2③5.1④11.0 平均值：5.85

第 15 天：溫度：21℃ 加水 5ml ※單位：cm

碳鋅：①1.1②1.4③1.5④1.0 平均值：1.25
碳鋅含汞：①1.6②1.2③1.3④1.4 平均值：1.375
鹼性：①1.6②1.3③3.1④1.4 平均值：1.85
水銀：①2.4②1.8③3.6④4.1 平均值：2.725
自來水：①5.4②3.2③9.2④12.6 平均值：7.6

第 16 天：溫度：21℃ 加水 2ml ※單位：cm

碳鋅：①1.1②1.4③1.5④1.0 平均值：1.25
碳鋅含汞：①1.6②1.2③1.3④1.4 平均值：1.375
鹼性：①1.6②1.3③3.1④1.4 平均值：1.85
水銀：①2.4②1.8③3.6④4.1 平均值：2.975
自來水：①6.2②3.2③9.8④15.3 平均值：8.625

第 17 天：溫度：19℃ 加水 2ml ※單位：cm

碳鋅：①1.2②1.5③1.5④1.0 平均值：1.3
碳鋅含汞：①1.6②1.3③1.3④1.6 平均值：1.45
鹼性：①1.6②1.3③3.1④1.4 平均值：1.85
水銀：①2.5②1.8③6.6④4.2 平均值：3.775
自來水：①9.6②3.2③10.3④17.3 平均值：10.1

第 18 天：溫度：17℃ 加水 2ml ※單位：cm

碳鋅：①1.2②1.5③1.5④1.0 平均值：1.3
碳鋅含汞：①1.6②1.3③1.3④1.6 平均值：1.45
鹼性：①1.6②1.3③3.1④1.4 平均值：1.85
水銀：①2.5②1.8③6.6④4.5 平均值：3.85
自來水：①9.6②3.2③10.3④17.3 平均值：10.1

第 19 天：溫度：15℃ 加水 2ml ※單位：cm

*碳鋅：①1.3②死亡(1.5)③2.2④1.2 平均值：1.55
碳鋅含汞：①1.7②1.9③1.3④2.0 平均值：1.725
**鹼性：死亡 平均值：1.85
水銀：①3.0②1.7③3.6④4.5 平均值：3.2
自來水：①10.9②3.2③10.6④17 平均值：10.425

第 20 天：溫度：16°C 加水 5ml ※單位：cm	
*碳鋅：①死亡(1.3)②死亡(1.5)③2.2④死亡(1.2)	平均值：1.55
*碳鋅含汞：①1.7②死亡(1.9)③1.3④2.0	平均值：1.725
**鹼性：死亡	平均值：1.85
水銀：①3.0②1.7③4.0④4.5	平均值：3.3
自來水：①11.4②3.3③11.0④19.4	平均值：11.275
第 21 天：溫度：16°C 加水 3ml ※單位：cm	
*碳鋅：①死亡(1.3)②死亡(1.5)③2.3④死亡(1.2)	平均值：1.575
*碳鋅含汞：①死亡(1.7)②死亡(1.9)③死亡(1.3)④2.0	平均值：1.725
**鹼性：死亡	平均值：1.85
*水銀：①3.7②死亡(1.7)③4.2④4.7	平均值：3.575
自來水：①12②5.6③13.4④22	平均值：13.25
第 22 天：溫度：16°C 加水 3ml ※單位：cm	
*碳鋅：①死亡(1.3)②死亡(1.5)③2.7④死亡(1.2)	平均值：1.675
**碳鋅含汞：死亡	平均值：1.725
**鹼性：死亡	平均值：1.85
**水銀：死亡	平均值：3.575
自來水：①12.2②5.7③13.4④22.8	平均值：13.525
第 23 天：溫度：19°C 加水 5ml ※單位：cm	
**碳鋅：死亡	平均值：1.675
**碳鋅含汞：死亡	平均值：1.725
**鹼性：死亡	平均值：1.85
**水銀：死亡	平均值：3.575
自來水：①13.2②6.4③17.5④23.5	平均值：15.15
第 24 天：溫度：19°C 加水 0ml ※單位：cm	
**碳鋅：死亡	平均值：1.675
**碳鋅含汞：死亡	平均值：1.725
**鹼性：死亡	平均值：1.85
**水銀：死亡	平均值：3.575
自來水：①13.4②6.8③18.1④ 24.1	平均值：15.6

附註：1. 當綠豆有死亡時，會在前面加一個*，全組都死亡時加兩個*。

2. 綠豆死亡時，長度以前一天所測量的長度來計算平均值。



第 7 天 A 組 含碳鋅電池廢液



第 7 天 B 組 含碳鋅含汞電池廢液



第 7 天 C 組 含鹼性電池廢液



第 7 天 D 組 含水銀電池廢液



第 7 天 E 組 自來水



第 15 天 A 組 含碳鋅電池廢液



第 15 天 B 組 含碳鋅含汞電池廢液



第 15 天 C 組 含鹼性電池廢液



第 15 天 D 組 含水銀電池廢液



第 15 天 E 組 自來水



第 24 天 A 組 含碳鋅電池廢液



第 24 天 B 組含碳鋅含汞電池廢液



第 24 天 C 組含鹼性電池廢液



第 24 天 D 組 含水銀電池廢液



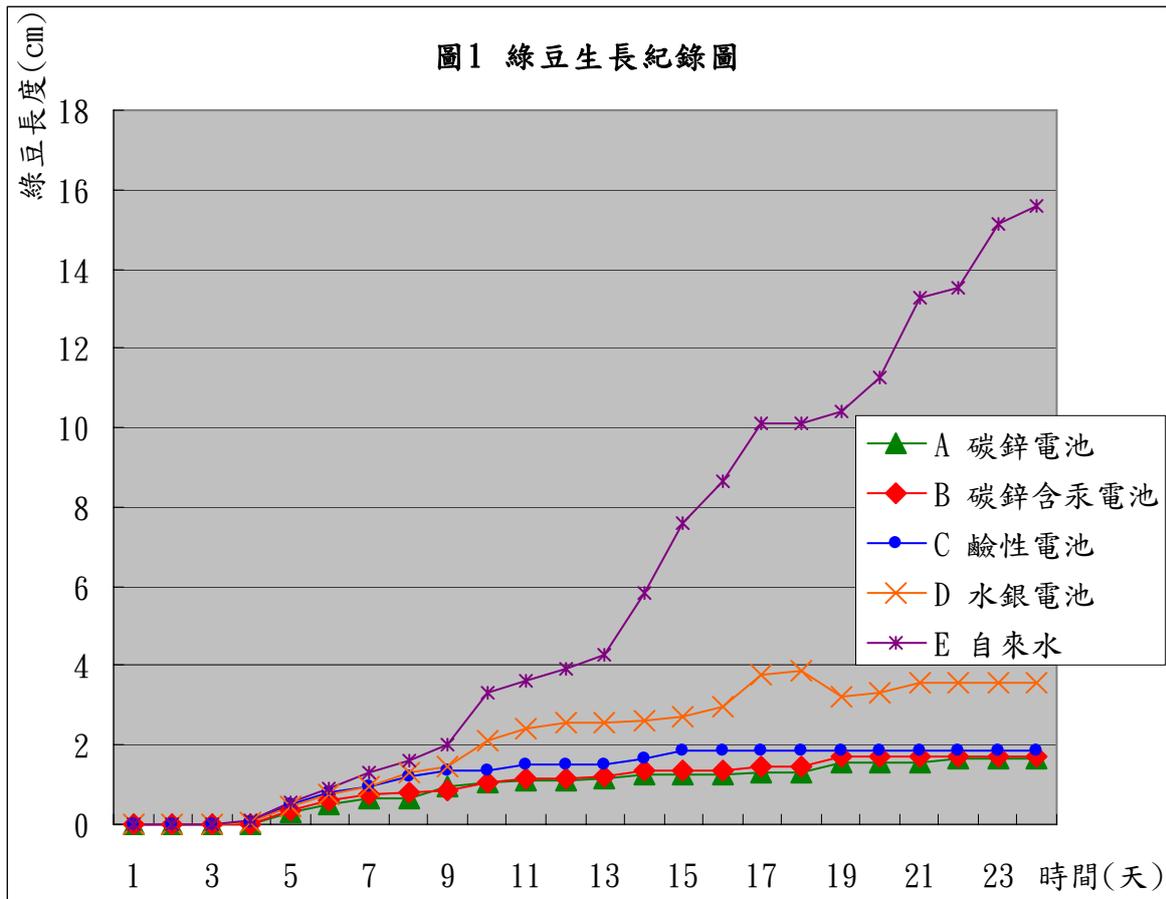
第 24 天 E 組 自來水

表 1. 綠豆生長紀錄表

平均生長長度 (cm)	培養皿 A (碳鋅電池)	培養皿 B (碳鋅含汞電池)	培養皿 C (鹼性電池)	培養皿 D (水銀電池)	培養皿 E (自來水)
第 1 天	0	0	0	0	0
第 2 天	0	0	0	0	0
第 3 天	0	0	0.025	0	0
第 4 天	0.025	0.025	0.05	0.075	0.1
第 5 天	0.325	0.35	0.525	0.475	0.55
第 6 天	0.5	0.6	0.8	0.775	0.925
第 7 天	0.65	0.775	0.95	0.975	1.325
第 8 天	0.675	0.8	1.2	1.325	1.625
第 9 天	0.975	0.875	1.35	1.475	2.025
第 10 天	1.075	1.075	1.35	2.125	3.3
第 11 天	1.1	1.175	1.5	2.4	3.6
第 12 天	1.125	1.175	1.525	2.55	3.925
第 13 天	1.15	1.2	1.525	2.55	4.275
第 14 天	1.25	1.375	1.65	2.6	5.85
第 15 天	1.25	1.375	1.85	2.725	7.6
第 16 天	1.25	1.375	1.85	2.975	8.625
第 17 天	1.3	1.45	1.85	3.775	10.1
第 18 天	1.3	1.45	1.85	3.85	10.1
第 19 天	1.55*	1.725	1.85**	3.2	10.425
第 20 天	1.55*	1.725*	1.85**	3.3	11.275
第 21 天	1.575*	1.725*	1.85**	3.575*	13.28
第 22 天	1.675*	1.725**	1.85**	3.575**	13.525
第 23 天	1.675**	1.725**	1.85**	3.575**	15.15
第 24 天	1.675**	1.725**	1.85**	3.575**	15.6

附註：1. 當綠豆有死亡時，會在前面加一個*，全組都死亡時加兩個*。

2. 綠豆死亡時，長度以前一天所測量的長度來計算平均值。



5. 結論：

- (1) 由表 1 及圖 1 中可以得知，E 組（自來水）中的綠豆的生長情形比其他澆電池廢液的 A、B、C、D 四組綠豆還要好。一開始 5 組中的綠豆生長速度差不多，可是到了第 7 天以後 A、B、C、D 四組中的綠豆生長速率愈來愈慢，且在第 19 天之後，A、B、C、D 四組的綠豆漸漸死亡，而培養皿 E 的綠豆依然持續生長。
- (2) 由實驗結果發現對綠豆生長影響較大的是 A、B、C 三組，D 組影響較小，研判原因可能因為各組都只使用一顆廢電池，D 組所使用的水銀電池較小顆，廢液的濃度和 A、B、C 三組比較起來較低，所以生長情形比 A、B、C 三組好，但是都遠不如 E 組。因此我們認為不管任何一種廢電池，對於生物的生長會有一定程度的影響，所以我們對於廢電池的回收應該特別的用心，以免造成環境的污染。

(二) 研究如何讓沒電的廢電池增加電力

實驗二：加入電解質溶液對電壓的影響

1. 藥品器材：

沒電的乾電池	3 顆	鐵鎚	1 支
沒電的鹼性電池	3 顆	鋼釘	1 根
0.5M 鹽酸 (HCl)	50mL	封口膠膜	少許
0.5M 氫氧化鈉 (NaOH)	50mL	三用電表	1 台
電池座	1 個	導線	2 條

2. 步驟：

- (1) 將 12.5mL 2M 的稀鹽酸，倒入約 10mL 的水中，再加水稀釋至 50mL，配置成 0.5M 50mL 的稀鹽酸溶液。
- (2) 取 1 克的氫氧化鈉，先溶於約 10mL 的水，再加水稀釋至 50mL，配置成 0.5M 50mL 的氫氧化鈉溶液。
- (3) 取一顆沒電的乾電池，先用三用電表測量並記錄其電壓，之後用鐵鎚將鋼釘敲入電池中再拔出，挖四個洞，如下頁圖 2-1 所示。(注意：利用鋼釘挖洞時不可將鋼釘釘的太深，以免將電池外殼給鑿穿；也不要鑿的太淺，不然會使電池內的化學物質無法完全被所加入的電解質溶液浸潤。在鑿時最好能靠近電池中心鑿，避免因鑿太旁邊可能會不小心鑿破電池的防水膜，造成電池裡的液體或加入的電解質溶液外漏。)



圖 2-1 以鋼釘釘入電池來挖洞

圖 2-2 用封口膠將 4 個洞封住並使正極露出

- (4) 取 2mL 0.5M 的稀鹽酸溶液，用滴管由剛鑿的 4 個孔慢慢滴入(圖 2-2)所示，等滴入完成後用用封口膠膜將 4 個洞封住並使正極露出(圖 2-2)，以免滴入的稀鹽酸溶液外漏。

- (5) 將電池裝入電池座後，接好導線，用三用電表測量乾電池的電壓。
- (6) 取沒電的鹼性電池重覆步驟(3)～(5)，不過將步驟(4)中的稀鹽酸溶液換成氫氧化鈉溶液。

3. 結果：

表 2. 加入電解質對電池電壓的影響

時間(分)	未加入	加入後
乾電池+HCl	1.3	1.3
鹼性電池+NaOH	1.25	1.25

4. 結論：

- (1) 由表 2 看來，電池加入電解質溶液用處卻不大，無法有效增加電池電壓。
- (2) 無法提升電壓，我們認為可能是這些電池中的電解質並沒有乾涸（我們在處理鹼性電池時，把釘子釘入後還冒出很多電解質溶液），所以加入電解質，對這些電池的電壓沒有幫助。

實驗三：加熱廢電池對電壓、電流的影響

1. 藥品器材：

沒電的鹼性電池	1 顆	溫度計	1 支
加熱器	1 台	三用電表	1 台
電池座	1 個	導線	2 條

2. 步驟：

- (1) 將沒電的鹼性電池放在電池座，以導線連接在三用電表上，先測量電壓、電流並紀錄。



圖 3-1 加熱裝置和測量電壓、電流裝置

- (2) 將電池放入 50°C 的水中加熱，10 分鐘後迅速將電池撈出後擦乾，測量電壓、電流

並紀錄。(圖 3-1)

(3) 重複步驟 (2)，改以 70°C、90°C 的熱水加熱，然後測量電壓、電流並紀錄。

3. 結果：

表 3. 加熱廢電池對電壓、電流的影響

溫度 (°C)	電壓 (V)	電流 (mA)
室溫 14°C	1.15	310
50°C	1.2	490
70°C	1.2	700
90°C	1.2	1000

4. 結論：

(1) 由表 3 發現，加熱廢電池對電壓影響不大，但可以大幅增加電池電流。大幅增加電流的原因我們認為是因為溫度升高，使電池裡面的離子運動速率變快，造成電阻下降，而使電流增大。

(2) 加熱雖然對於電壓沒有太大的效益，但是卻可以大幅增加廢電池的電流，使廢電池能再度使用。

(三) 回收廢電池內的化學物質再利用

1. 藥品器材：

廢乾電池	4 顆	刮勺	2 把
廢鹼性電池	4 顆	鐵鎚	1 把
尖嘴鉗	1 把	燒杯 (50mL)	2 個
剪刀	1 把		

2. 步驟：

(1) 先使用鐵鎚輕敲電池，使電池外殼鬆脫，方便拆解。再利用尖嘴鉗將銅環連碳棒拔出，如圖一所示。



圖一 碳棒和銅環 (未處理)



圖二 回收得到的乾電池二氧化錳 (未處理)

(2) 使用刮勺將電池內的二氧化錳挖出，置於 50mL 燒杯。

注意：在電池內部有一層防水膜，在挖二氧化錳的時候，如不小心挖到防水膜，必須把防水膜碎屑挑出，不要混在二氧化錳中。而從乾電池挖出的二氧化錳（圖二）及從鹼性電池中挖出來的二氧化錳（圖三）必須分開放，不可混合在一起。

(3) 用剪刀將鋅殼剪開，如圖四所示。如此便初步完成廢電池內化學物質回收。



圖三 回收得到的鹼性電池二氧化錳（未處理）

圖四 回收得到的鋅殼（未處理）

實驗四：水果電池→鋅殼的回收再利用

1. 藥品器材：

銅片（約 3cm ×4cm）	2 片	由廢電池回收來的鋅片	2 片
檸檬	1 顆	導線（附金屬夾）	6 條
柳丁	1 顆	三用電表	1 台
橘子	1 顆	砂紙（約 5cm ×5cm）	1 張
奇異果	1 顆	鐵鎚	1 把
小蕃茄	4 顆	剪刀	1 把
蘋果	1 顆		

2. 裝置：如圖 4-1、圖 4-2 所示

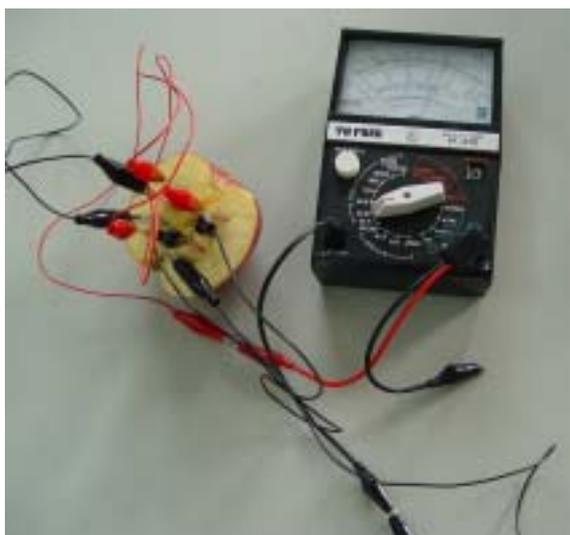


圖 4-1 蘋果電池



圖 4-2 蕃茄電池

3. 步驟：

- (1) 將從廢電池回收的鋅片以鐵鎚敲平，以砂紙磨光（如圖 4-3），再剪成 4cm x 1cm 的鋅片 4 片。



圖 4-3 處理過後的鋅片



圖 4-4 製備完成的鋅片、銅片

- (2) 取銅片以砂紙磨光，剪成 4cm x 1cm 共 4 片。製備完成的鋅片、銅片如圖 4-4 所示。
- (3) 將鋅片、銅片間隔約 0.5cm 的距離，交錯插入水果中（插入深度約 1.5cm），再用導線將相鄰的鋅片、銅片夾住，串聯 4 個水果電池，將三用電表負極接鋅片，正極接銅片，實驗裝置如圖 4-1 或圖 4-2 所示，測量並記錄電流、電壓 5 分鐘。
(注意：金屬夾不要彼此互相碰觸，以免造成短路，影響實驗結果。)
- (4) 更換不同的水果，測量並記錄電流、電壓 5 分鐘。
(注意：更換不同的水果時，需將拔出的鋅片及銅片用蒸餾水沖洗後再以砂紙磨光，避免殘留上種水果汁液影響實驗結果。)

4. 結果：

表 4-1 利用回收的鋅片做成的水果電池，電流(mA)對時間(分)關係表

時間	0	1	2	3	4	5
橘子	0.048	0.042	0.038	0.035	0.034	0.033
蕃茄	0.5	0.3	0.2	0.15	0.125	0.1
奇異果	0.125	0.075	0.06	0.05	0.041	0.039
檸檬	0.1	0.075	0.05	0.034	0.0315	0.029
蘋果	0.1	0.075	0.06	0.05	0.05	0.05
柳丁	0.075	0.032	0.028	0.029	0.029	0.03

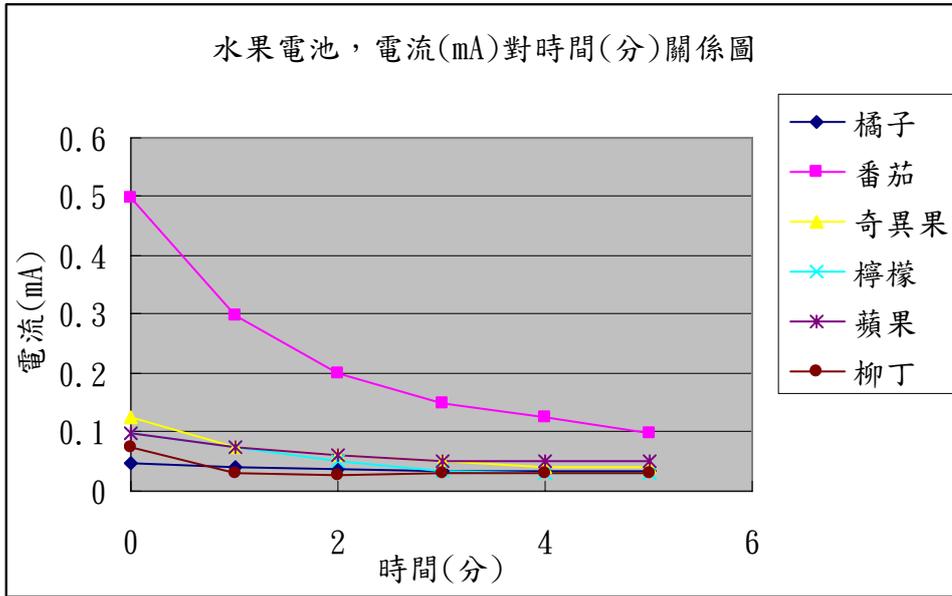
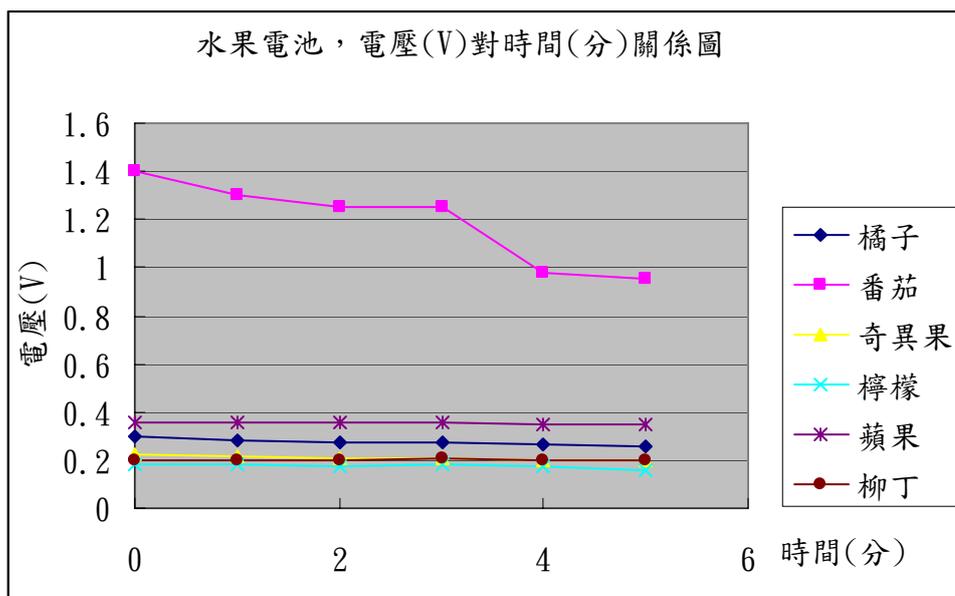


表 4-2 利用回收的鋅片做成的水果電池，電壓(V)對時間(分)關係表

	0	1	2	3	4	5
橘子	0.3	0.28	0.275	0.27	0.265	0.26
蕃茄	1.4	1.3	1.25	1.25	0.975	0.95
奇異果	0.22	0.215	0.21	0.205	0.201	0.2
檸檬	0.185	0.18	0.175	0.18	0.175	0.16
蘋果	0.36	0.36	0.36	0.355	0.35	0.345
柳丁	0.2	0.195	0.195	0.21	0.195	0.2



5. 結論：

- (1) 水果電池的原理是因為水果汁液中含有能導電的電解質，像檸檬就含有檸檬酸等電解質，而我們將兩根不同金屬（線、棒或板）插入時，因為不同金屬會有不同的離子化程度，像我們插入的鋅片和銅片，鋅片比銅片容易離子化，鋅片會放出電子，使它們之間產生電流及電壓，而水果的功用就是充當電解質溶液。
- (2) 由表 4-1、4-2 及圖中得知 6 種水果，以蕃茄、蘋果所做成的電池可產生的電流和電壓較高，檸檬、柳丁產生的電流和電壓較低，因為我們使用的蕃茄和蘋果較多汁，而我們的柳丁和檸檬比較乾癟，因此我們推論如果水果中所含的汁液較多，且較酸的（蕃茄比蘋果酸），做成水果電池的話可以產生較高的電流和電壓（因為酸是一種電解質，愈酸導電性會愈好，且導電的電解質的量必須要足夠，導電效果才會好）。
- (3) 我們除了將回收的鋅片作成水果電池之外，鋅銅電池實驗中所需要的鋅片，或者做鋅與稀鹽酸反應產生氫氣實驗，我們也可以使用回收的鋅片來代替。

實驗五：催化雙氧水產生氧氣→二氧化錳的回收再利用

1. 藥品器材：

回收的乾電池 二氧化錳	約 40 克	回收的鹼性電池 二氧化錳	約 40 克	量筒 (10、100mL)	各 1 個
二氧化錳	1 瓶	玻棒	1 支	橡皮管	1 根
天平	1 台	溫度計	1 支	橡皮塞	1 個
秤量紙	數張	濾紙	數張	水槽	1 個
蒸發皿	1 個	雙氧水 (30%)	1 瓶	滴管	2 支

漏斗	1 支	燒杯 (250mL)	3 個	廣口瓶(300mL)	2 個
酒精燈	1 座	錐形瓶(有側管)	1 個	薊頭漏斗	1 支

2. 裝置：如圖 5-1 所示



圖 5-1 實驗裝置圖



圖 5-2 加熱溶液至 90°C

3. 步驟：

(1) 將從乾電池中挖出的二氧化錳，取 10 克放入 250mL 燒杯中，加入 200mL 的水，一邊攪拌一邊加熱（如圖 5-2），以溶解乾電池中非二氧化錳物質，如：氯化銨、澱粉。



圖 5-3 趁熱過濾



圖 5-4 加熱經過濾得到的二氧化錳

(2) 加熱至 90°C 後移開酒精燈，趁熱過濾（圖 5-3），並以熱水將燒杯壁上附著的二氧

化錳洗入過濾。

(3) 將過濾得到的二氧化錳放著風乾，風乾後將二氧化錳從濾紙上刮下，放入蒸發皿中，用酒精燈加熱二氧化錳，直到二氧化錳不再冒火星後再加熱 5 分鐘 (圖 5-4)，得到處理過後的乾電池二氧化錳。

(注意：這個步驟是為了使二氧化錳中的其他不純物，如：碳粉、氯化銨、澱粉、防水膜因加熱而燃燒或揮發，以提高二氧化錳的純度。)

(4) 重覆步驟 (1) ~ (3)，不過將乾電池的二氧化錳換成鹼性電池的二氧化錳。

(5) 重覆步驟 (1) ~ (4) 製得約 20 克處理過的乾電池及鹼性電池二氧化錳，置於 150mL 燒杯中待用。

(6) 準備水槽，將水槽加水至半滿，將 2 個廣口瓶裝滿水放入水槽中，務必使廣口瓶中沒有任何的空氣。再將橡皮管裝在有側管的錐形瓶上，把橡皮管另一頭放入水槽中，如此完成實驗裝置的架設。

(7) 取 80mL 的水、5 克的二氧化錳 (實驗室的) 放入錐形瓶中，稍微搖晃一下使二氧化錳分佈更均勻。以附有薊頭漏斗的橡皮塞塞緊瓶口，使水位略高於薊頭漏斗的長管末端，並將橡皮管另一端移至廣口瓶內，準備蒐集氧氣。(圖 5-1)

(8) 量取 20mL 30% 的雙氧水溶液，由薊頭漏斗上端一次加入 (所以錐形瓶中雙氧水濃度約為 6%)，加入同時開始計時，等到蒐集滿 2 個廣口瓶的氧氣後停止計時，記錄時間，並以線香測試是否瓶中氣體為氧氣。

(9) 重覆步驟 (7)、(8)，不過水和 30% 的雙氧水溶液的量改為 90mL、10mL。(所以錐形瓶中雙氧水濃度約為 3%)

(10) 將步驟 (6) 中的實驗室二氧化錳換成未處理過的乾電池、鹼性電池二氧化錳，及處理過的乾電池、鹼性電池二氧化錳，測量並記錄以二氧化錳催化產生氧氣所需的時間。

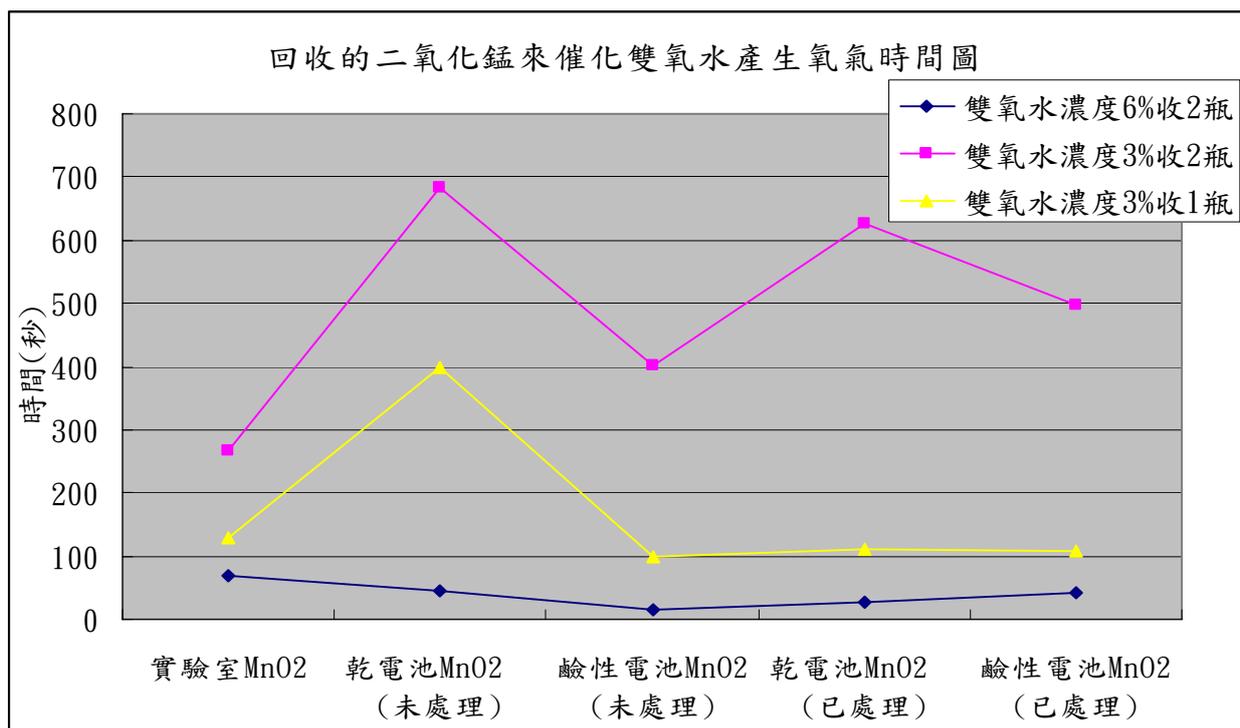
附註：為了能控制每組產生氧氣的量都是 600mL (2 個廣口瓶大小)，我們皆使用同一組實驗器材。

4. 結果：

表 5. 利用回收的二氧化錳來催化雙氧水產生氧氣，產生同體積氧氣所需的時間表

時間 (秒)	實驗室 MnO ₂	乾電池 MnO ₂ (未處理)	乾電池 MnO ₂ (已處理)	鹼性電池 MnO ₂ (未處理)	鹼性電池 MnO ₂ (已處理)
雙氧水濃度 6%	69.00	44.39	26.18	14.68	41.52
雙氧水濃度 3%	266.93	684	625.25	402.77	496.9

雙氧水濃度 3% 收集 300mL (1 瓶)氧的時間	130	400	111.42	100	109.18
備註	接近集滿兩瓶 氧氣時還可持 續催化產生氧 氣	接近集滿兩瓶 氧氣時催化能 力變的很差	接近集滿兩瓶 氧氣時催化能 力變的很差	接近集滿兩瓶 氧氣時催化能 力變的很差	接近集滿兩瓶 氧氣時催化能 力變的很差



5. 結論：

- (1) 本實驗原理是 $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ ，其中二氧化錳是當催化劑使用，在反應前後質量、性質不變，我們於自然第四冊 反應速率與平衡中有學到，二氧化錳可當作雙氧水分解的催化劑，加速反應速率的進行。
- (2) 由表 5 及圖得知利用回收得來的二氧化錳來催化雙氧水生成氧氣實驗，當雙氧水的濃度較高（6%）的時候，所回收的二氧化錳的催化能力都和實驗室二氧化錳差不多；而雙氧水濃度較低（3%）時，收集一瓶氧氣所需要花的時間除了未處理的乾電池二氧化錳外，其他所需的時間與實驗室的也無太大差異；但如果要收集兩瓶氧氣的話，我們回收的二氧化錳就比不上實驗室的二氧化錳，尤其在接近集滿兩瓶氧氣時（此時的雙氧水濃度很低），催化能力變的很差。
- (3) 我們認為回收的二氧化錳在雙氧水濃度較高時會有較好的表現，但濃度很低時，催化效果就會變成很差，所以只要我們要催化的雙氧水濃度大於 3%，就可以使用

我們回收得到的二氧化錳來代替實驗室的二氧化錳。因此我們可以將廢電池中的二氧化錳經過簡單的處理，就可以回收得到有良好催化效率的二氧化錳來代替實驗室中的二氧化錳。

實驗六：鋁空氣電池→碳棒的回收再利用

1. 藥品器材：

鋁箔紙	1 捲	由乾電池回收的碳棒	數根
面紙	1 包	酒精燈	1 座
氯化鈉（食鹽）	1 瓶	竹筷	5 雙
導線（附金屬夾）	2 條	坩堝鉗	1 把
三用電表	1 台	實驗室碳粉	1 瓶

2. 裝置：如圖 6-1、圖 6-2 所示

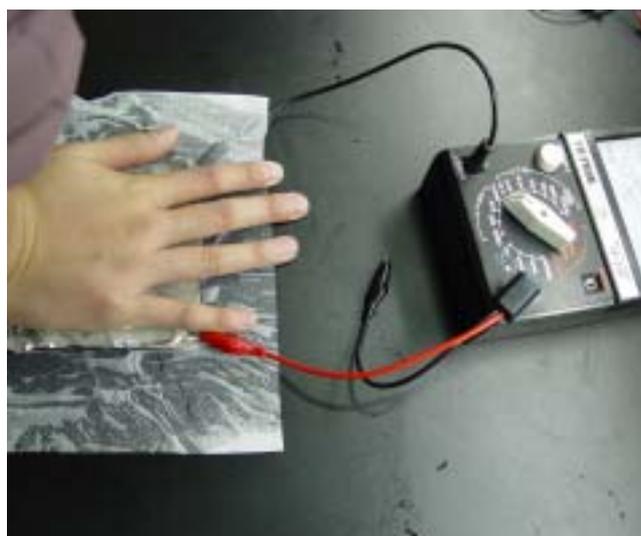


圖 6-1 將碳均勻撒在面紙上

圖 6-2 用力壓住鋁箔紙，即可產生電壓、電流

3. 步驟：

- (1) 將鋁箔紙裁成 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 平鋪在桌上，上面蓋上一張面紙。
- (2) 秤取 7.3 克的氯化鈉，溶於約 20mL 的蒸餾水，之後加水至 250mL，配置成 0.5M 250mL 的氯化鈉溶液，再用量筒量取約 10mL 的氯化鈉溶液將面紙弄濕。
- (3) 秤取 5.6 克的碳粒，將碳粒均勻撒在面紙上（圖 6-1），在蓋上一片 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 的鋁箔紙。
- (4) 以導線連接鋁箔紙及伏特計，正極接到上方鋁箔紙，負極接到下方鋁箔紙，然後以手掌從上方用力壓住鋁箔紙，使鋁箔紙能盡量包裹住碳粒，並使電壓、電流達到最大（圖 6-2），記錄最大電壓、電流。

(5) 重複步驟(3)、(4)，不過將碳粒換成由乾電池回收來的碳棒和由竹筷乾餾製得的碳(圖6-3)，測量並記錄最大電壓、電流。

(6) 拿一張衛生紙以食鹽水沾濕，再將一根碳棒放置在衛生紙上面，捲成圓筒狀，外面再捲一層鋁箔紙(圖6-4)。以導線連接鋁箔紙及三用電表，正極接到碳棒，負極接到鋁箔紙，記錄電壓、電流各5分鐘。



圖 6-3 用鋁箔紙包裹住竹筷乾餾，得到碳

圖 6-4 捲成圓筒狀的鋁空氣電池

4. 結果：

表 6-1 用不同的碳做鋁空氣電池，最大電壓及電流表

	最大電壓(V)	最大電流(mA)	備註
實驗室碳粒	0.11	0.26	電壓及電流都不穩定，會一直大幅度改變
回收的碳棒	0.21	0.375	
竹筷乾餾碳	0.1	0.01	

表 6-2 捲成圓筒狀的鋁空氣電池電壓及電流對時間的表

時間(分)	0	1	2	3	4	5
電壓(V)	0.8	0.75	0.72	0.725	0.725	0.725
電流(mA)	1.5	0.7	0.55	0.475	0.3	0.25

5. 結論：

(1) 空氣電池的原理是鋪在下層的鋁箔會溶解在氯化鈉溶液中變成鋁離子放出電子，而空氣中的氧氣會得到電子變成氧離子，其反應式如下表示：



只有鋁和空氣中的氧進行氧化還原反應，和碳無關，因此我們知道碳和上層的鋁箔

紙只是用來當作導電的電極。

- (2) 由表 6-1 發現我們利用步驟(1)~(5)所做出的鋁空氣電池電壓及電流都不穩定，原因是缺乏良好的連接器，我們必須用手去壓鋁箔，但是壓的過程中施力大小無法固定，導致有時會接觸不良，造成電壓電流不穩定，所以我們改以步驟(6)的方式將鋁空氣電池捲成圓筒狀，這樣就不會有接觸不良的情形，我們也可以得到較穩定的電壓及電流。
- (3) 由表 6-2 我們發現 1 顆捲成圓筒狀鋁空氣電池可以提供約 0.7~0.8V 的電壓，最高可提供 1.5mA 的電流，這都算是不錯的電壓和電流的表現，不過美中不足的是電壓及電流無法持續長時間不變。因此我們將從廢電池裡回收的碳棒，加上我們生活中很容易就可以取得的食鹽水、衛生紙和鋁箔紙，就能讓它變身成有不錯電壓、電流表現的鋁空氣電池；除此之外，回收的碳棒也可以用來當作在做電解實驗時的電極，所以回收得來的碳棒的用處還真不少！

五、研究結果與討論

(一) 探討廢電池對生物體的影響

不論是碳鋅電池、碳鋅含汞電池、鹼性電池、或是水銀電池對生物體的生長會造成一定程度的影響，對我們環境的危害是非常恐怖的，因此我們必須更加的落實對於廢電池的回收再利用的工作。

(二) 研究如何讓沒電的廢電池增加電力

為了減少廢電池，我們嘗試了一些方法，看看能不能增加廢電池的電力。

1. 加入電解質溶液

我們可以加入一些電解質溶液試圖讓沒電的電池恢復一些電力，不過卻得不到好的效果，因此加入電解質對於增加廢電池電壓沒有幫助。

2. 加熱廢電池

我們將廢電池加熱，對於電壓雖然沒有太大的幫助，但是卻可以大幅增加廢電池的電流，因此我們可以將用到沒電的廢電池加熱後，可以達到增加電流的效果，讓廢電池多使用一段時間，減少廢電池的量。

(三) 回收廢電池內的化學物質再利用

廢電池其實全身上下都是寶物，只是看看我們懂不懂得去回收再利用。普通時候我們可能只能把廢電池丟入回收桶中，而現在我們找出可以利用廢電池的有用物質的方法，而且只需要利用一些簡單的器具和材料來做回收，讓我們除了把廢電池丟入回收桶外，多了一些新選擇。

1. 回收鋅殼再利用

把回收的鋅殼，加上銅片，再加上水果，就可以讓一顆已經壽終正寢的廢電池變身成為水果電池，繼續貢獻電能。而我們水果可以選取一些汁液較多且較酸的水果，如：蕃茄，可以產生比較高的電壓、電流。

2. 回收二氧化錳再利用

我們把從廢電池中的挖出來的二氧化錳，經過一些簡單的處理，就可以用它來催化雙氧水分解產生氧氣，而且在濃度較高時（大於 3%），效果和普通實驗室的二氧化錳差不多，因此可以用回收處理過後的二氧化錳來替代實驗室中的二氧化錳，達到廢物利用的目的。

3. 回收碳棒再利用

我們回收來的碳棒，除了可以用來當作電解實驗的電極外，我們還找出了新的利用方法—用來做成鋁空氣電池。而 1 顆捲成圓筒狀鋁空氣電池可以提供約 0.7~0.8V 的電壓，最多可提供 1.5mA 的電流，表示我們只要串聯 2 顆鋁空氣電池就幾乎可以得到一般一顆電池的電壓，雖然電壓及電流無法持續長時間不變，不過這也可以成為我們回收碳棒再利用的一個新選擇。

（四）總結

過去我們只聽說廢電池對環境污染十分嚴重，對生物生長有所影響，但不知道影響倒底是多大，因此我們透過實驗一來瞭解到廢電池對於綠豆生長是有一定的影響的。

等瞭解到廢電池對生物生長的影響之後，我們當然是要讓廢電池能夠產生愈少愈好，因此我們做了實驗二、三，想辦法看看能否有讓已經報廢的廢電池重新恢復電力的方法，這樣可以減少廢電池的產生。利用加熱廢電池可以大幅增加電流，雖然無法使電壓增加很多，不過增加了電流，使電池能再多用一小段時間。

接著我們做了實驗四~六，都是探討如何將廢電池回收再利用，只需要用簡單的方法，就可以將廢電池裡有用的化學物質一一的拿來運用，所以廢電池其實一點也不『廢』，反而全身是寶呢！

六、參考資料

1. NHK 製作，實驗 DIY 第十七卷 電池。
2. 科學教育網 <http://data.sedu.org.cn/course/cocase/1037866337.shtml>
3. 第 37 屆全國科展 死灰復燃的電池—乾電池的永續利用 作者：吳思韻等

評 語

031623 廢電池大解析

環保是現代生活中最重要的工作，尤其是廢電池含重金屬影響環境甚巨。本作品研究廢電池內容物對生物影響，電池再利用，電池拆解再利用等，這是相當有意義的工作。作者進行許多研究，但研究主題顯得分散，殊為可惜。