

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

最佳團隊合作獎

080202

開回收「電」的「鋅銅」學

學校名稱：臺中市南屯區大新國民小學

作者： 小六 林唐煜 小六 趙容 小六 趙曜 小六 黃子睿 小六 丁承顥	指導老師： 彭士峯 童進昌
---	-----------------------------

關鍵詞：環保電池、電功率

壹、摘要

由於對電池的好奇，我們展開了一段電池尋寶之旅。我們先從水果電池出發，然後經由一連串的實驗設計，發現電極的種類、距離、面積大小，甚至電解液的種類、濃度大小都可能是影響電池電功率的因素，特別的是我們發現並非電解液濃度越高，產生的電功率就越高，而是有濃度限制的。最後我們成功使用生活中廢棄不用的電線、電池的鋅殼及濃度 5% 的鹽水加檸檬皮汁，設計出環保而又可用的電池，並且應用在自製的玩具上。

貳、研究動機

六上自然課「奇妙的電磁世界」單元，老師為了說明通電的電線會產生磁力，以及探討串聯電池個數對磁力大小的影響，所以使用了許多的電池當作電力的來源，我們估算了一下，每個班至少要使用 36 顆以上的電池，整個六年級就要用掉 4、500 顆電池。之後，我們問老師這些電池要如何處理，老師說要回收，我們覺得好浪費喔，難道這些電池真的不能再利用嗎？有沒有辦法自行製造可用而又環保的電池呢？我們決定對這些問題好好研究一番。

參、研究目的

- 一、由操作水果電池的實驗認識電池的構成元件
- 二、探究影響電池電功率的因素
- 三、自製實用可行的環保電池

肆、研究設備與器材

鋅片、銅片、鐵片、鋁片、小蘇打、雙氧水、統一純水、氫氧化鈉、1M 鹽酸、石灰水、冰醋酸、100ml 量筒、鱷魚夾線材、電子式三用電表、吸管、回收電線、廢電池、砂紙、油土、食用精鹽、回收的檸檬皮、果汁機、咖啡渣、茶葉渣、1L 燒杯、250ml 量筒、蘋果、奇異果、芭樂、香蕉、水梨、柳丁、橘子、蕃茄、檸檬、乳膠手套。



伍、研究過程與結果

研究一：由操作水果電池的實驗認識電池的構成元件

因為要自製實用可行的環保電池，我們必須對電池有一些認識，在老師的建議下，我們一邊研讀了有關電池的資料，一邊實際操作水果電池，相關實驗均做三次後取平均，透過這個試探性研究，我們有了以下的發現及想法：

(一) 電池的構成元件大致可區分成電極及電解液兩大部分。

電池是指經由裝置內的化學反應，將化學能轉變為電能的一種裝置。要使水果產生電，必須將兩種不同的金屬片插入水果的內容物中產生通路，因此它的構成元件大致可區分成兩大部分，其一為電極，其二則為電解液。

1.電極：電池中發生反應的導體如鋅片及銅片，其中一片為陽極，另一片為陰極。

(1) 陽極：電極中失去電子的一方，有時也稱為負極。

(2) 陰極：電極中得到電子的一方，有時也稱為正極。

2.電解液：電池中含有電解質的溶液，如水果電池中的汁液。而電解質是指溶於水中後能夠使水導電的化合物，一般而言包含酸、鹼、鹽三個大類。

(二) 以鋅銅片當作電極，水果的種類對電流影響較大，但對電壓似乎沒有太大的影響。

當我們以鋅銅片當作電極測量水果電池的電壓、電流時，結果發現以不同的水果內容物當電解質，多數水果測得的電壓在同樣的一分鐘當中約維持在 0.9 伏特左右，如表 1-1、圖 1-1。也就是說，在相同的電極下，水果的種類對電池電壓似乎沒有太大的影響。但是，就電流而言，不同的水果測得的電流卻又是具有明顯的差異。

表 1-1：以鋅銅片為電極，不同水果當電解質測量所得的電壓及電流

水果種類	柳丁	奇異果	香蕉	檸檬	蘋果	蕃茄	芭樂	橘子
電壓 (單位：V)	0.892	0.891	0.867	0.887	0.993	0.900	0.891	0.897
電流 (單位：mA)	0.10	0.12	0.09	0.44	0.18	0.24	0.12	0.07

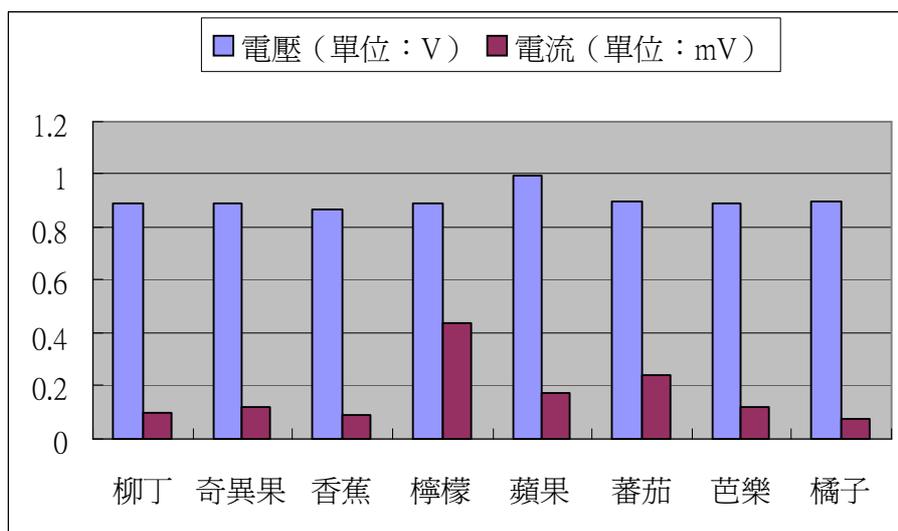


圖 1-1：以鋅銅片為電極，不同水果當電解質測量所得的電壓及電流

(三) 同一種水果在不同時間所測得的電壓、電流並非是一個固定值，隨著時間的經過，最後才呈現了一個穩定值。以某一次測量蕃茄的電壓為例，如圖 1-2，每個不同時段測得的蕃茄的電壓，雖然從 0.896~0.907 伏特之間，有些許的起伏，但在 220 秒之後，都維持在 0.905 伏特的穩定狀態。

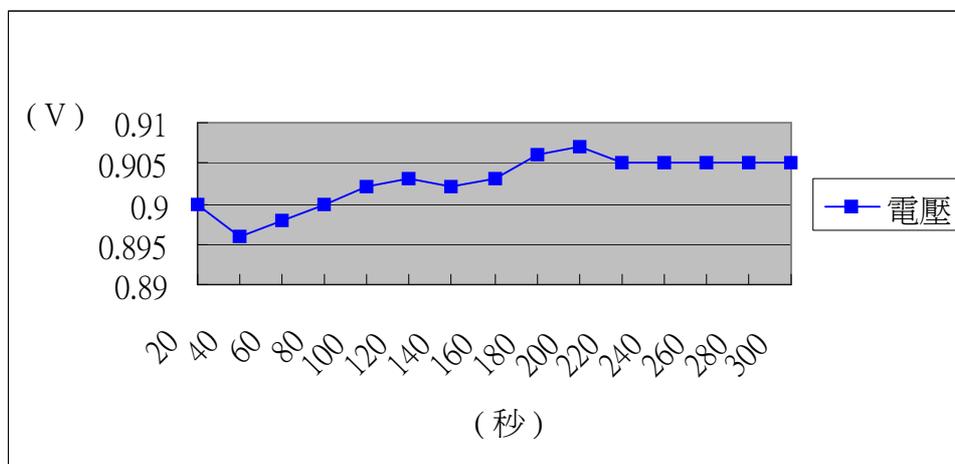


圖 1-2：以鋅銅片為電極，蕃茄當電解質在不同時間測量的電壓

(四) 不同的電極片組合，會同時影響水果電池的電壓及電流大小。

在測量水果電池的電流時，我們嘗試將鋅銅片改成鋅鐵片，結果測得水果電池竟產生較大的電流，不過，可惜的是，電壓卻變小，如表 1-2、圖 1-3。於是我們推測不同的金屬片組合而成的電極，應是會影響電池的電壓或電流大小。

表 1-2：不同電極的水果電池測量所得的電壓、電流

電極/水果種類	電壓 (單位：V)			電流 (單位：mA)		
	奇異果	香蕉	芭樂	奇異果	香蕉	芭樂
鋅銅	0.891	0.867	0.891	0.12	0.09	0.12
鋅鐵	0.466	0.446	0.467	0.28	0.13	0.31

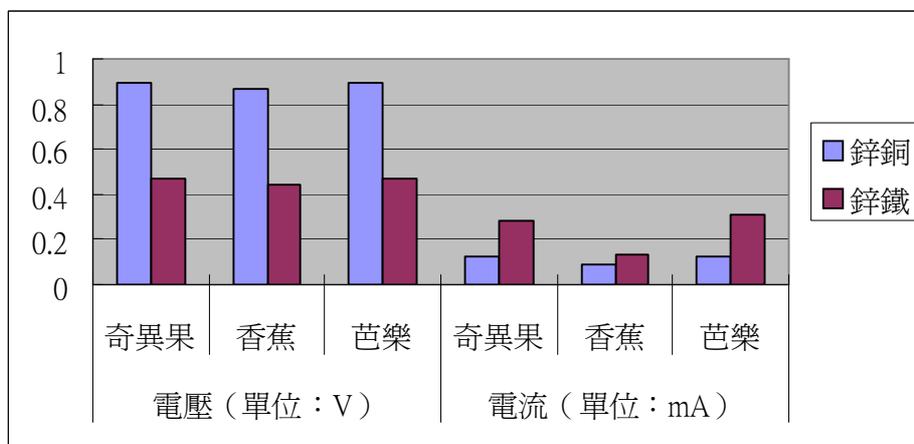


圖 1-3：不同電極的水果電池測量所得的電壓、電流

(五) 電極中的金屬片除了放出或接受電子之外，也可能會和水果的內容物產生化學反應。在測試的過程當中，我們發現當鋅片及銅片插入梨子裡，過了不久，鋅片上會有白色泡沫出現，而這種現象在蘋果裡也曾經出現，我們猜測是鋅片和這些水果裡的某些物質產生了化學反應的關係。

研究二：探究影響電池電功率的因素

因為在試探性的操作水果電池實驗中，我們發現電極片的擺放情形 電極所使用的金屬片等都會影響我們所測得的電壓、電流等數據大小，所以在正式對電池的探究之初 我們先嘗試對電池的裝置(實驗一) 以及所欲使用的金屬片(實驗二) 做測試，以利後續的實驗進行 方便在往後實驗中操控各種不同的變因時分析比較用。(研究二之所列實驗數據均是實驗三次後所得的平均值。)

實驗一：尋找較佳的電池裝置

開始時，我們先以實驗室中的 500 毫升燒杯作為電解液(濃度 5% 的鹽水)的呈裝容器，然後將兩片金屬片分別置於杯壁內兩側，如圖 2-1-a，可是在操作的過程當中，電極如何「固定」成為首先要解決的問題，兩片電極雖然已經被鱷魚夾緊緊的夾住，仍然常常會有東倒西歪的現象，而成為可能干擾實驗的一部份，因而影響實驗的進行，為了解決「固定」這個問題，我們想到在作光的直線實驗時的珍珠板，在其上用小刀割出適合金屬片大小 放入的裂縫，如圖 2-1-b，如此除了可以稍微解決上述的固定問題之外，也方便我們可以固定電極片間的距離。不過，在實際操作之後，仍發現珍珠板的厚度不夠足以支撐金屬片的長度，且裂縫處因為較脆弱在多次的來回取放後，常常會有折損的現象，所以我們就開始尋找較為堅硬的「固定片」來替代珍珠板，結果在實驗室中發現了「梳子」，突然我們靈光一現，將數支梳子緊緊捆綁在一起，經過多次的操作修正，而成為最後本研究正式實驗時的固定片，如圖 2-1-c。最後因為每次的實驗耗掉的電解液非常多，所以我們將原有的 500 毫升燒杯置換成 100 毫升的塑膠量筒，如此不但可以減少資源的浪費，同時也因為使用的是量筒，於是可以更精確的控制每一次的電解液體積，做出更有說服力的實驗。

圖 2-1-a



圖 2-1-b

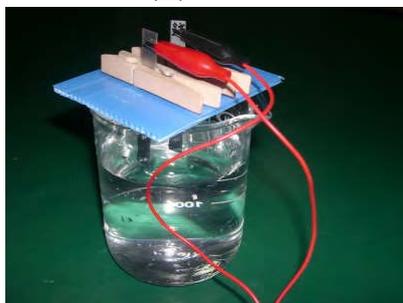


圖 2-1-c



圖 2-1：電池裝置

實驗二：尋找較佳電極組合

因為在前述的試探性研究中，我們發現不同的電極片組合可能會影響到電池的電壓、電流，所以爲了找到一組較適合的電極，我們找了一些較常見的金屬，在 5% 的鹽水溶液中分別做不同組合的比較，利用三用電表先比較出不同金屬間失去電子的能力順序，如表 2-1，表中「+」表示三用電表中電極的正負極連結正確，同時意味著此時連結在負極的金屬片失去電子的能力大於連結於正極的不同金屬片，反之，若顯示「-」則代表電極的正負極連結是錯誤的。由表中，我們可以整理出這些金屬失去電子的能力順序：鋅>鋁>鐵>銅。這個結果與我們收集到的結果(實際爲：鋁>鋅>鐵>銅)不一樣。後來詢問商家之後才知道，鋁片並非純鋁，而是氧化鋁。

表 2-1：不同的金屬組合在三用電錶下顯示的符號

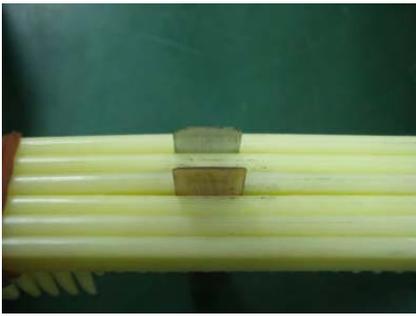
		連結電錶正極的金屬			
		鋅	銅	鋁	鐵
連結電錶負極的金屬	鋅		+	+	+
	銅	-		-	-
	鋁	-	+		+
	鐵	-	+	-	

因爲我們期望找到一組在單位時間之內能提供較多能量的組合，也就是功率較大的組合，於是除了按照上述金屬失去電子的能力順序正確連結之外，更分別檢測了不同金屬組合在 5% 的鹽水溶液中的電壓電流(紀錄三次後取平均值)，然後根據老師提供的公式：功率=電壓×電流，找出電壓及電流最大的乘積組合。由表 2-2 可以得知鋅銅組合的電池產生的功率最大，其次是鋁銅，最後則爲鐵銅，因此，鋅片和銅片，也就成爲正式研究中的固定陽極和陰極的金屬片組合。在後續研究中，我們都在最佳的電池裝置中以一分鐘 爲測量時間點來探討影響電池電功率的因素。

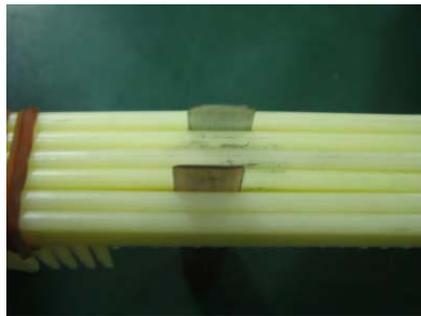
表 2-2：不同的金屬組合，產生電功率的比較

金屬組合	電壓 (V)	電流 (mA)	電功率 (mW)	電功率名次
鋅銅	0.808	0.56	0.46	1
鋅鋁	0.258	0.27	0.07	5
鋅鐵	0.306	0.58	0.18	3
鋁銅	0.542	0.45	0.24	2
鐵銅	0.187	0.21	0.04	6
鋁鐵	0.300	0.36	0.11	4

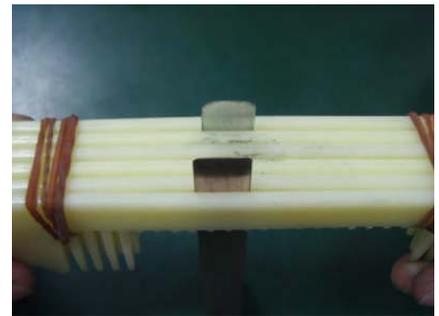
實驗三：探究電極間的距離對電池電功率的影響



2 格



3 格



4 格

結果：如表 2-3、圖 2-2。

表 2-3：電極間的距離對電池電功率的大小的比較

鋅銅片距離	電壓 (V)	電流 (mA)	電功率 (mW)	電功率名次
2 格 (約 0.6 cm)	0.812	0.52	0.42	1
3 格 (約 0.9 cm)	0.797	0.50	0.40	2
4 格 (約 1.2 cm)	0.787	0.42	0.33	3

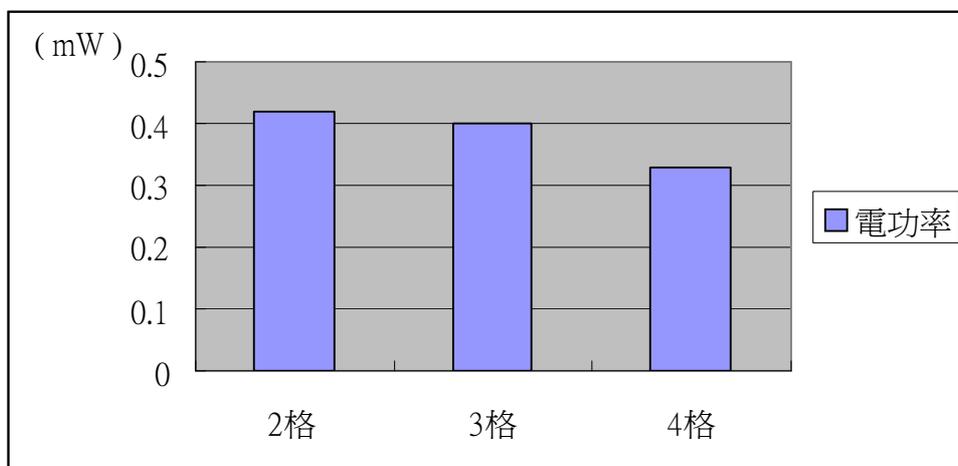
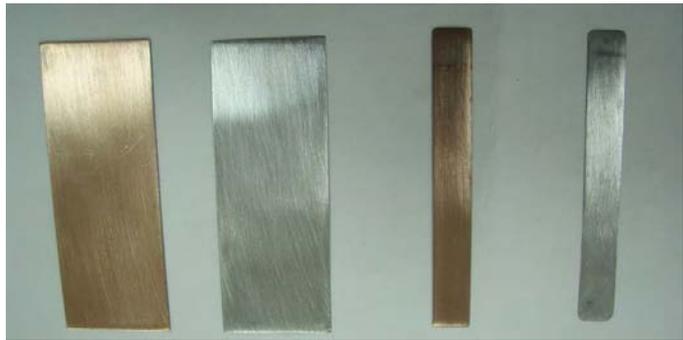


圖 2-2：電極間的距離對電池電功率的大小的比較

發現：隨著電極的距離越近，電功率越大。

討論：測得的電壓大小多維持在 0.8V 附近，所以電極間的距離在改變不大的情況下，對電池電壓似乎沒有太大的影響。但是電極距離越近，產生的電流越大，使得電功率越大。

實驗四：探究電極片面積對電池電功率的影響



銅大 3 cm×8 cm 鋅大 3 cm×8 cm 銅小 1 cm×8 cm 鋅小 1 cm×8 cm

結果：如表 2-4、圖 2-3。

表 2-4：電極片面積大小不同對於電功率的比較

電極片大小	電壓 (V)	電流 (mA)	電功率 (mW)	電功率名次
銅大鋅大	0.780	2.03	1.58	1
銅小鋅大	0.800	0.78	0.62	3
銅大鋅小	0.818	1.68	1.37	2
銅小鋅小	0.812	0.52	0.42	4

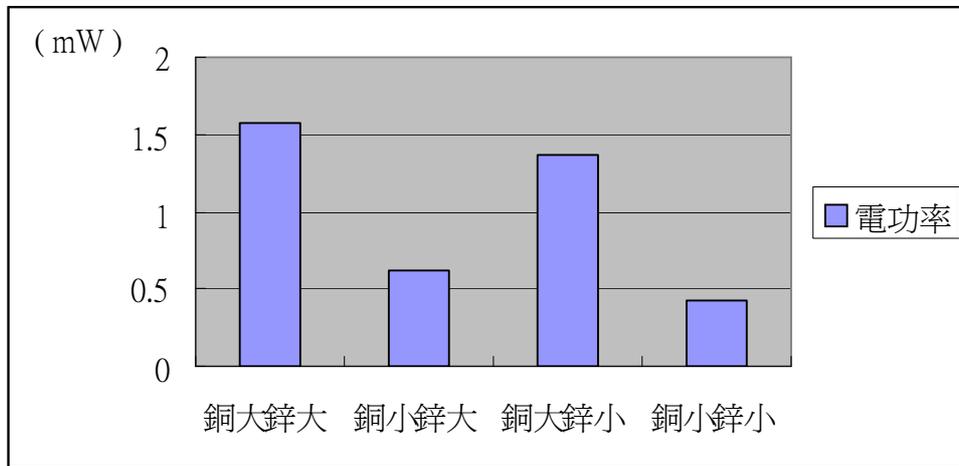


圖 2-3：電極片面積大小不同對於電功率的比較

發現：隨著電極的面積增大，電池電功率有增加的趨勢。

討論：不管電極片的大小，實驗測得的電壓大小多維持在 0.8V 附近，因此電極的面積大小對電池電壓似乎沒有太大的影響。但是面積越大測得的電流越大使得電功率越大。

實驗五：探究測量時間不同對電池電功率的影響

由於進行幾個實驗之後，我們發現在一分鐘的時間紀錄下，事實上多數電壓及電流並非是一個穩定值，爲了更精確找到答案，於是我們每隔 20 秒紀錄一次電壓及電流的數值，結果如圖 2-4、圖 2-5。我們發現圖 2-4 中的電流數值，都有隨時間增加而逐漸減少的趨勢，然後在約 120 秒的附近開始呈現較穩定的狀態。可是圖 2-5 中的電壓則是有隨時間增加而逐漸增加的趨勢，最後約在 240 秒左右開始呈現較穩定的狀態。換算成電功率發現於 240 秒左右呈現穩定狀態，如圖 2-6。因此往後的測量紀錄中，我們選擇以四分鐘爲時間的紀錄點。

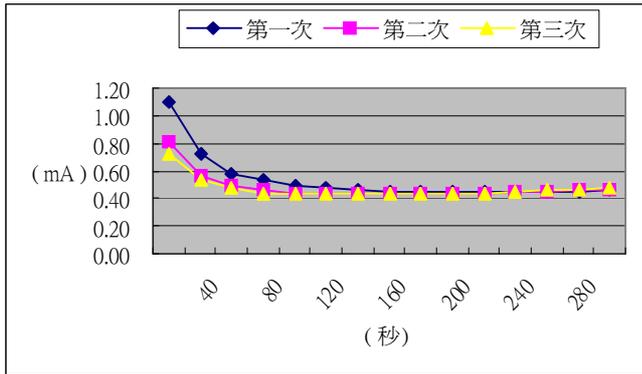


圖 2-4：電池電流和時間的關係

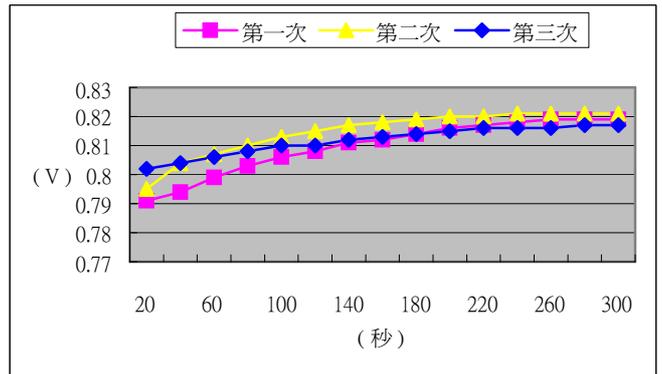


圖 2-5：電池電壓和時間的關係

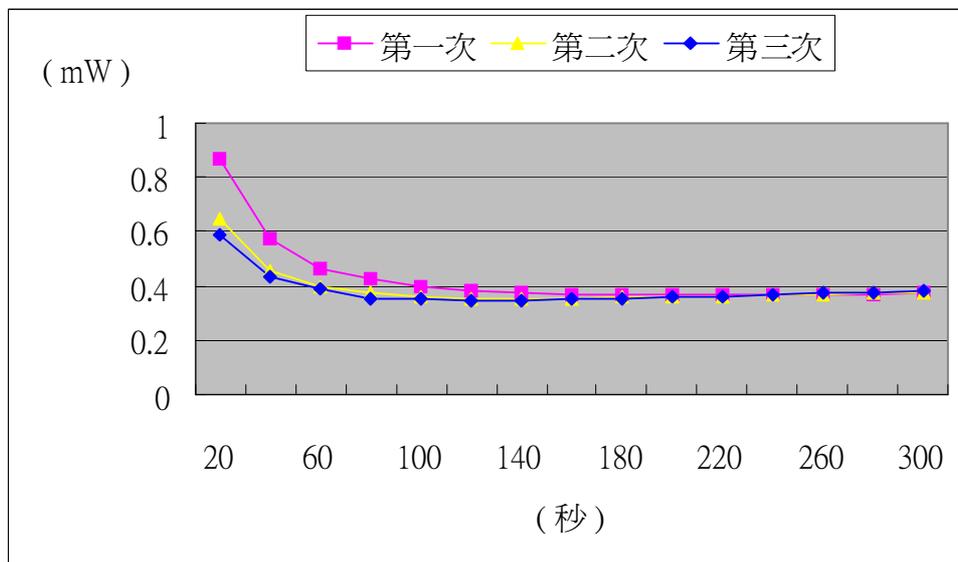


圖 2-6：電池電功率和時間的關係

實驗六：探究電解液濃度對電池電功率的影響

結果：如表 2-5、圖 2-7。

表 2-5：不同的鹽水濃度對於電功率的比較（銅小鋅小）

鹽水濃度	電壓 (V)	電流 (mA)	電功率(mW)	電功率名次	備註
0%	0.808	0.24	0.19	4	對照組
5%	0.818	0.45	0.37	1	
10%	0.758	0.34	0.26	2	
20%	0.751	0.26	0.20	3	

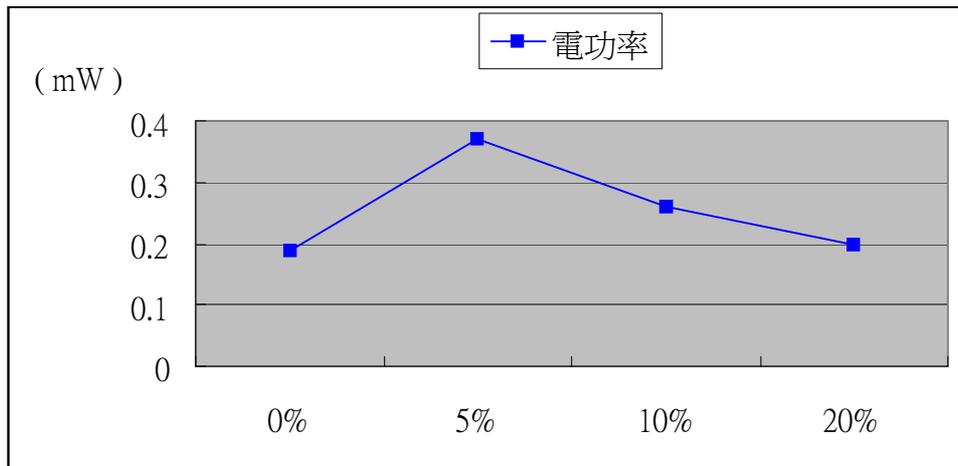


圖 2-7：不同的鹽水濃度對於電功率的比較（銅小鋅小）

發現：溶液中加鹽會增加電池的電功率，但是隨著鹽水的濃度增高，產生的電功率有逐漸變小的趨勢。

討論：即使鹽水的濃度改變，但是測得的電壓仍多維持在 0.7~0.8V 附近，即使是未加鹽溶液亦是，因此鹽水濃度的大小對電池電壓應該沒有太大的影響。雖然加了鹽的溶液測得的電流均比未加鹽的溶液來得高，但是隨著鹽水濃度增高，產生的電流卻逐漸降低，連帶使電功率亦如此，這和我們事前研讀的資訊和假設並未吻合，我們懷疑是不是因為用的電極片較小，使得操作時的誤差勝過原本濃度應有的影響，於是為了確認這樣的想法，我們將電極片改成較大面積，再重複進行相同實驗。結果如表 2-6、圖 2-8。

表 2-6：不同的鹽水濃度對於電功率的比較（銅大鋅大）

鹽水濃度	電壓 (V)	電流 (mA)	電功率(mW)	電功率名次
0%	0.823	0.48	0.40	4
5%	0.756	1.27	0.96	1
10%	0.687	0.96	0.66	2
20%	0.710	0.83	0.59	3

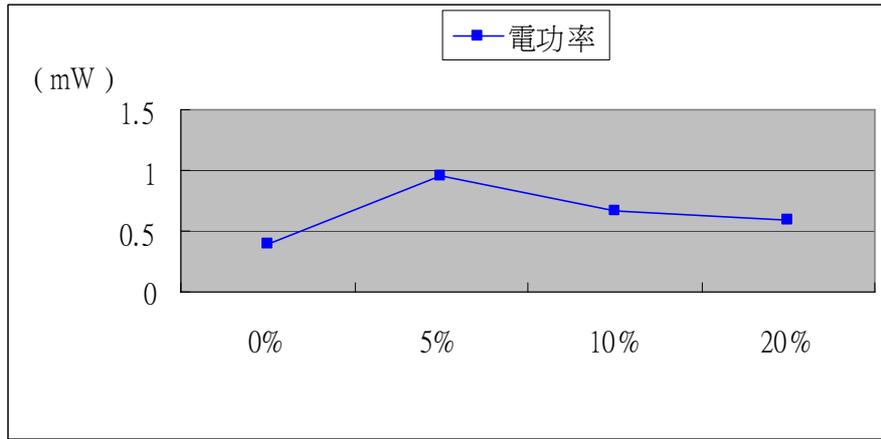


圖 2-8：不同的鹽水濃度對於電功率的比較（銅大鋅大）

發現：鹽水濃度大於 5% 之後，鹽水的濃度增高，電功率有逐漸變小的趨勢。

討論：經過再次的實驗確認，發現結果仍是和上述實驗一樣，這真是讓我們困擾，是否因為我們設定的濃度太大，導致結果的不一樣？不死心的我們，再從較小濃度下手，試圖解開這個迷惑。結果：如表 2-7、圖 2-9。

表 2-7：不同的鹽水濃度，產生電功率的比較（銅大鋅大）

鹽水濃度	電壓 (V)	電流 (mV)	電功率(mW)	電功率名次
0%	0.823	0.48	0.40	6
1%	0.858	0.97	0.83	3
3%	0.820	1.09	0.89	2
5%	0.756	1.27	0.96	1
10%	0.687	0.96	0.66	4
20%	0.710	0.83	0.59	5

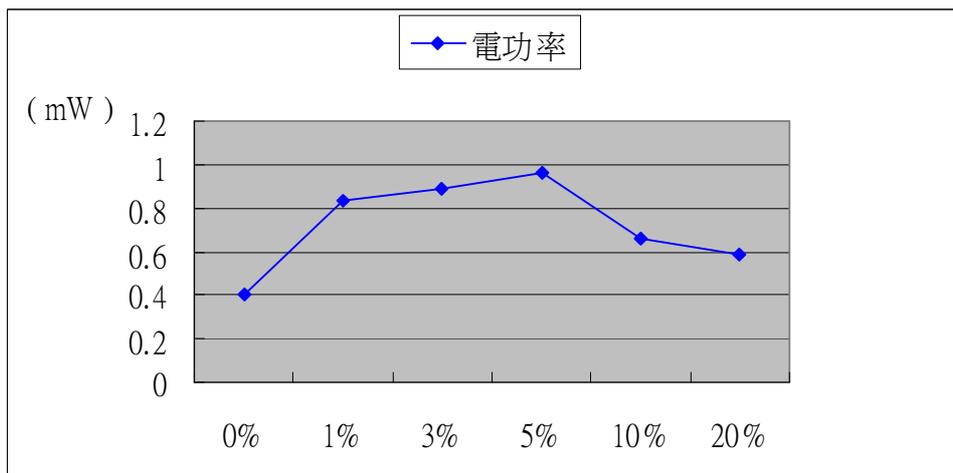


圖 2-9：不同的鹽水濃度，產生電功率的比較（銅大鋅大）

發現：測得的電功率在鹽水濃度 5%以下，有隨著濃度增加而增加的趨勢，但是隨著鹽水濃度超過 5%後，電功率則隨鹽水濃度增加而減少。

討論：在較低濃度下，果真電流及功率有隨鹽水濃度增加而增加的趨勢，但是到了濃度 5%左右就又開始逐漸下滑，這真是非常令人興奮的發現。因為我們看的文獻裡，多是呈現了「電流會隨著電解液濃度的增加而增加」的概念，想不到原來還是有它的濃度限制的。我們猜想是不是因為濃度大時，溶液裡的陰陽離子彼此間的吸引力也變大，使得它們的移動速度變慢，流動不易，而使測得的電流下降，導致電功率變小。

實驗七：探究電解液種類不同對電池電功率的影響

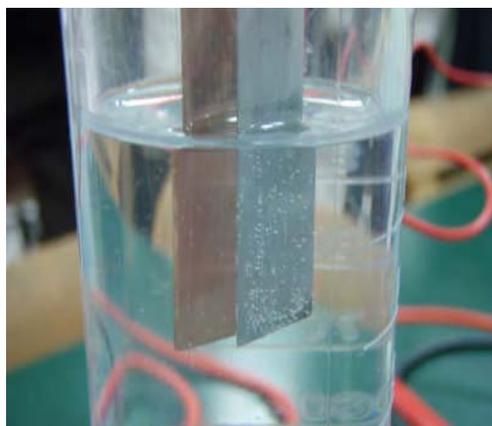
結果：如表 2-8。

表 2-8：不同的電解液（1M），產生電功率的比較

種類	PH 值	電壓 (V)	電流 (mA)	電功率 (mW)	電功率名次	備註
統一純水	7.7	0.731	0.03	0.02	9	對照組
自來水	8.0	0.808	0.24	0.19	7	對照組
鹽水	6.9	0.779	0.39	0.3	6	
鹽酸	1.0	0.806	54.10	43.6	1	
醋酸	2.4	1.004	1.24	1.24	3	
氫氧化鈉	12.2	1.151	2.01	2.31	2	
石灰水	11.8	0.649	0.13	0.08	8	飽和溶液
雙氧水	6.7	0.812	0.84	0.68	5	
小蘇打粉	8.3	1.047	0.76	0.80	4	

發現：電功率以鹽酸的 43.6mW 最高，統一純水 0.02mW 最低，可見電解液不同會影響電池電功率。

討論：較酸或較鹼的溶液，產生的電流較多所以使得電功率多數較強。而在鹽酸和醋酸實驗中，我們發現鋅片和銅片上不斷的有泡泡出現，也就是說有一些化學反應不斷的快速進行，我們猜測這可能是使電流快速飆高的原因之一。



實驗八：串聯電池數目不同對電池電功率大小的影響

結果：如表 2-9、圖 2-10。

表 2-9：不同的電池串聯數目，產生的電功率比較(鋅銅電池)

電池串聯數目	電壓 (V)	電流 (mA)	電功率(mW)	電功率名次
1 個	0.818	0.45	0.37	3
2 個	1.547	0.53	0.82	2
3 個	2.320	0.52	1.21	1

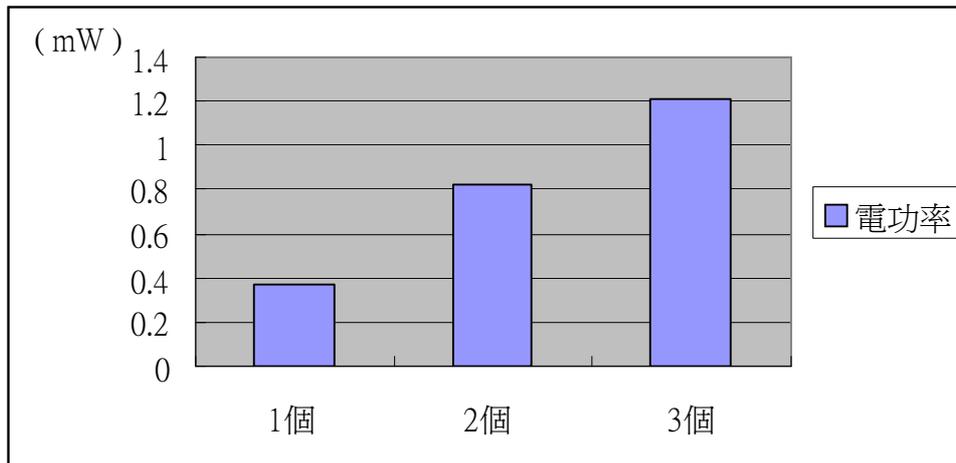


圖 2-10：不同的電池串聯數目，產生的電功率比較

發現：電池串聯數目越多，電功率越強。

討論：電池串聯數目越多，電壓越強，且有呈倍數成長的趨勢。如串聯 3 個的電池電壓約為 1 個電池的 2.84 倍。因此在電功率的提升上也明顯的增加。但是電流部分，卻沒有明顯增加，我們猜想是不是因為串聯時連結的電線數變多，阻力變大的關係，所以我們在維持一定數量的電線條件下，將電池裝置重新連結如下：

電池數	1	2	3
原組裝方式	<p>電線總數：4 條</p>	<p>電線總數：5 條</p>	<p>電線總數：6 條</p>
重行組裝方式	<p>電線總數：4 條</p>	<p>電線總數：4 條</p>	<p>電線總數：4 條</p>

圖 2-11：電池裝置，電線配置圖

結果：如表 2-10。

表 2-10：改變連結方式，產生的電流比較（單位：mA）

電池串聯數目	原有電線配置	電線重新配置
1 個	0.45	0.45
2 個	0.53	0.37
3 個	0.52	0.41

討論：電線重新配置後，電流沒有增加，可見連接電線的多寡產生的阻力並不是電池串聯時，影響電流的最大原因。為了確認實驗，我們再拿一般市售的碳鋅電池作驗證。結果如下：

表 2-11：不同的電池串聯數目，產生電功率的比較(市售的碳鋅電池)

電池串聯數目	電壓 (V)	電流 (A)	電功率(W)	電功率名次
1 個	1.63	1.82	2.97	3
2 個	3.28	2.07	6.79	2
3 個	4.91	2.21	10.85	1

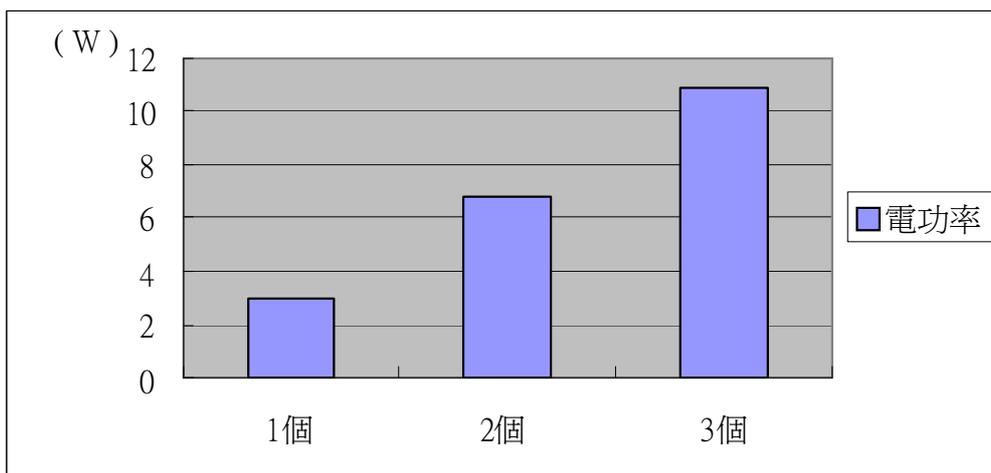


圖 2-12：不同的電池串聯數目，產生電功率的比較(市售的碳鋅電池)

發現：電池串聯數目越多，電壓、電功率越強，可是電流沒有明顯增加。

討論：電池串聯數目越多，電壓越強，且有呈倍數成長的趨勢。如串聯 3 個的電池電壓約為 1 個電池的 3.01 倍。因此在功率的提升上也明顯的增加。但是電流部分，串聯電池個數卻沒有明顯增加，這和我們原本的實驗結果相當，可見原有的實驗應該是正確的。有了串聯的想法，就順勢以碳鋅電池測試並聯時的情形。結果如下：

表 2-12：不同的電池並聯數目，產生電功率的比較(市售的碳鋅電池)

電池並聯數目	電壓 (V)	電流 (A)	電功率(W)	電功率名次
1 個	1.63	1.82	2.97	3
2 個	1.63	3.32	5.41	2
3 個	1.63	4.42	7.21	1

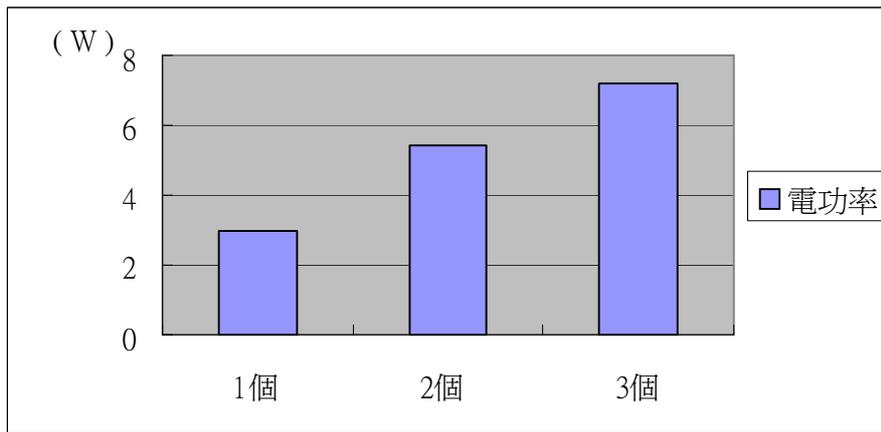


圖 2-13：不同的電池並聯數目，產生電功率的比較(市售的碳鋅電池)

討論：電池並聯數目越多，電流、電功率也越強，但是電壓卻沒有改變，而我們的鋅銅電池結果是否也如此呢？結果如下：

表 2-13：不同的電池並聯數目，產生的電功率比較(鋅銅電池)

電池並聯數目	電壓 (V)	電流 (mA)	電功率 (mW)	電功率名次
1 個	0.818	0.45	0.37	3
2 個	0.690	0.75	0.52	2
3 個	0.701	1.02	0.72	1

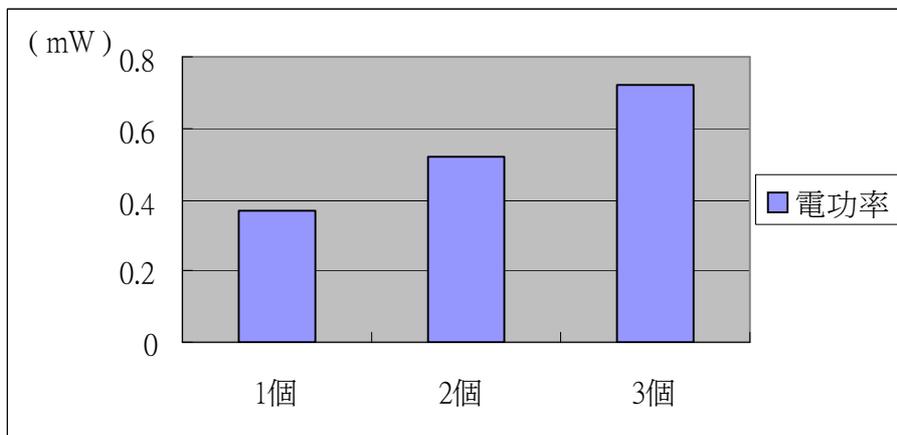


圖 2-14：不同的電池並聯數目，產生的電功率比較(鋅銅電池)

發現：電池並聯數目越多，電壓沒有明顯改變，但是電池並聯數目越多，電流增強，因此電功率也增強。

討論：就電池的串聯和並聯，在電流及電壓上分別有不同程度的增加，連帶使產生的電功率也都增加不少，這樣的結果與之前市售碳鋅電池的實驗結果相符，以同樣 3 個電池為例，串聯功率為 1.21 mW，並聯功率為 0.72 mW，因此我們以產生電功率較大的串聯方式作為自製環保電池的組裝方式。

研究三：自製實用可行的環保電池

說明：由以上實驗可以得知，在固定電極的條件下，電解液是影響電池電功率的重要因素，所以我們由電解液的研究為自製環保電池的開始。(研究三之所列實驗數據亦均實驗三次後所得的平均值。)

實驗九：探究自製電池中，不同環保的電解液對電功率的影響。

結果：如表 3-1 及圖 3-1。

表 3-1：不同環保的電解液對於電功率的比較

環保電解液	電壓 (V)	電流 (mA)	電功率 (mW)	電功率名次
檸檬皮汁	1.020	0.48	0.49	1
咖啡渣	0.876	0.24	0.21	3
茶葉渣	0.916	0.24	0.22	2

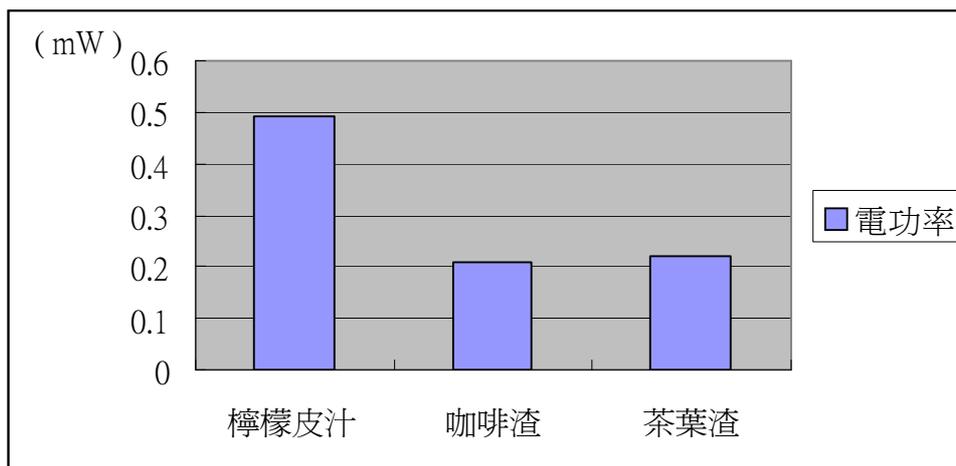


圖 3-1：不同環保的電解液對於電功率的比較

發現：以檸檬皮汁、咖啡渣、茶葉渣當電解液，三者之中產生的電功率以檸檬皮汁最大，約為咖啡渣、茶葉渣的兩倍之多。

討論：1.因為我們的目的是自製環保電池，所以取材也傾向於廢棄不用的物品，如檸檬皮汁來自於清心福全連鎖飲料店榨完果汁的檸檬皮，咖啡渣則是來自便利商店 7-11，而茶葉渣是爸爸沖泡完的茶葉餘骸。

2.因為鹽水和檸檬皮汁都具有增強電池功率的效果，因此我們試著將兩者摻雜在一起，看看是否有加乘的作用。

實驗十：探究自製電池中，鹽水與檸檬皮汁混合的電解液對於電功率的影響。

結果：如表 3-2 及圖 3-2。

表 3-2：鹽水與檸檬皮汁混合的電解液對於電功率的比較

環保電解液	電壓 (V)	電流 (mA)	電功率 (mW)	電功率名次
5%鹽水	0.818	0.45	0.37	3
5%檸檬皮汁	1.020	0.48	0.49	2
5%鹽水+5%檸檬皮汁	0.805	0.88	0.71	1

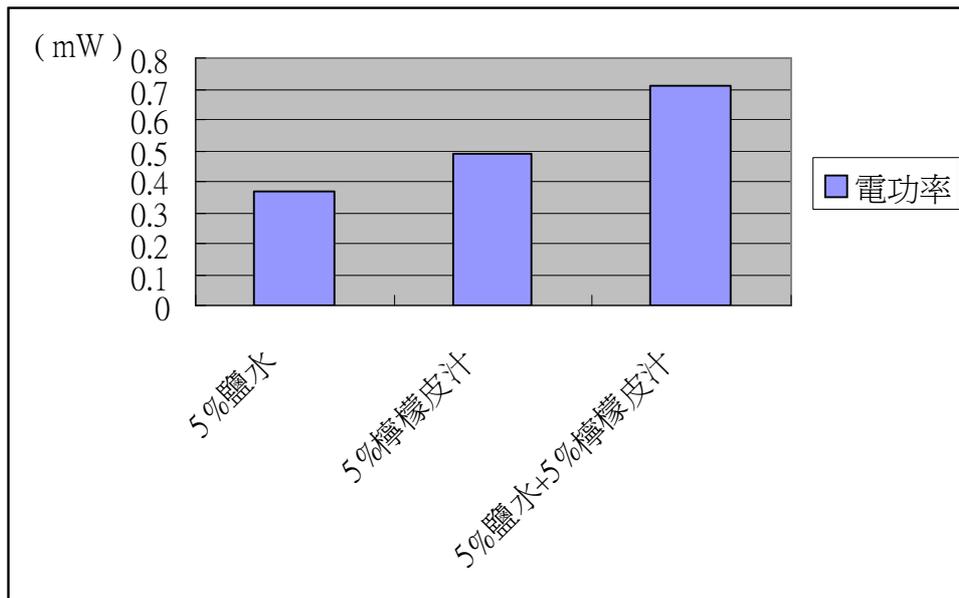


圖 3-2：鹽水與檸檬皮汁混合的電解液對於電功率的比較

發現：混合的 5%鹽水+5%檸檬皮汁電解液比單獨只有 5%鹽水或 5%檸檬皮汁的電功率高約 1.5~2 倍。

討論：1.雖然檸檬皮汁中加入 5%鹽水後會使電壓下降，但電流卻增加將近 2 倍，因此使得電功率增加。

2.之前的實驗顯示鹽水的濃度並非越高電功率就越強，那麼是否檸檬皮汁和鹽水的組合也具有相同的問題？什麼才是兩者最佳的組合濃度比例呢？

實驗十一：探究 5% 鹽水和不同的檸檬皮汁濃度的組合比例，對於電功率的影響。

結果：如表 3-3 及圖 3-3。

表 3-3：5% 鹽水和不同的檸檬皮汁濃度的組合比例，對於電功率的比較

環保電解液	電壓 (V)	電流 (mA)	電功率 (mW)	電功率名次
5% 鹽水	0.818	0.45	0.37	5
5% 鹽水+2.5% 檸檬皮汁	0.798	0.57	0.45	4
5% 鹽水+3.75% 檸檬皮汁	0.855	0.73	0.62	3
5% 鹽水+5% 檸檬皮汁	0.805	0.88	0.71	1
5% 鹽水+10% 檸檬皮汁	0.786	0.83	0.65	2

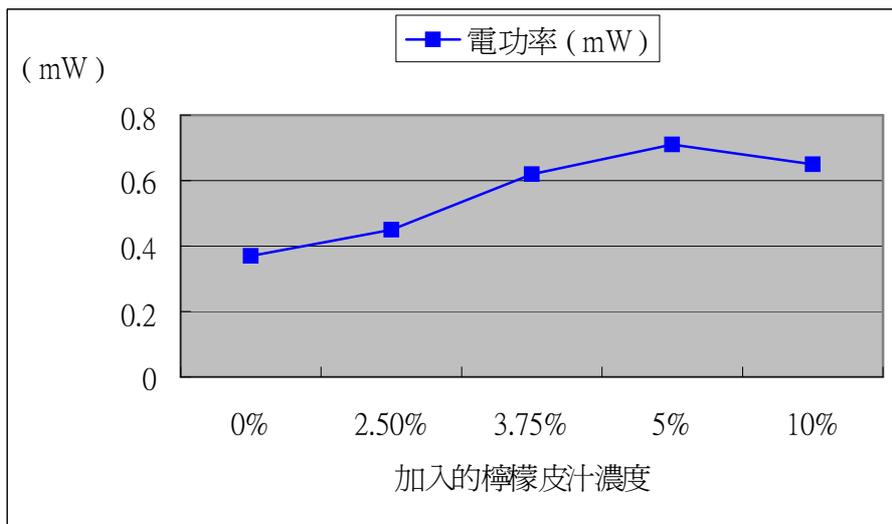


圖 3-3：5% 鹽水和不同的檸檬皮汁濃度的組合比例，對於電功率的比較

發現：鹽水濃度都固定為 5%，測得的電功率在加入檸檬皮汁濃度小於 5% 以下，電功率有著隨著檸檬皮汁濃度增加而增加的趨勢，但是隨著加入的檸檬皮汁的濃度超過 5% 後，電功率則隨檸檬皮汁的濃度增加而減少。

- 討論：1. 我們發現鹽水濃度與檸檬皮汁的濃度均為 5% 時的電功率最大，所以在自製電池中我們都使用這樣比例的電解液。
2. 由實驗結果得知，鋅銅片的組合電池可以產生較高的功率，所以我們開始尋找生活中廢棄不用而帶有鋅銅金屬成分的物品，最後決定用碳鋅電池中的鋅殼以及壞掉電器電線中的銅線作為替代鋅銅金屬片的電極。另外，從上面的實驗中，我們得知鋅銅片的面積大小會影響電池產生的電功率大小，所以在直條的銅線上，為了增加它參與反應時的接觸面積，所以試著將它繞在吸管上而成線圈狀，以期能增加它的電功率，自製環保電池設計剖面圖如右，電解液為 5% 鹽水與 5% 檸檬皮汁的混合液。



實驗十二：探究自製環保電池的發電情形

結果：如表 3-4。

表 3-4：自製環保電池一小時電功率變化

時間 (分)	電流 (mA)	電壓 (V)	電功率 (mW)	時間 (分)	電流 (mA)	電壓 (V)	電功率 (mW)
1	2.44	0.740	1.81	31	0.54	0.819	0.44
2	1.93	0.760	1.47	32	0.53	0.819	0.43
3	1.68	0.773	1.30	33	0.52	0.819	0.43
4	1.54	0.783	1.21	34	0.5	0.819	0.41
5	1.41	0.790	1.11	35	0.49	0.819	0.40
6	1.31	0.795	1.04	36	0.48	0.819	0.39
7	1.23	0.799	0.98	37	0.47	0.819	0.38
8	1.17	0.803	0.94	38	0.46	0.819	0.38
9	1.12	0.805	0.90	39	0.45	0.819	0.37
10	1.07	0.807	0.86	40	0.44	0.819	0.36
11	1.04	0.809	0.84	41	0.43	0.819	0.35
12	1.00	0.811	0.81	42	0.42	0.819	0.34
13	0.96	0.812	0.78	43	0.41	0.819	0.34
14	0.93	0.813	0.76	44	0.41	0.819	0.34
15	0.89	0.814	0.72	45	0.4	0.819	0.33
16	0.86	0.815	0.70	46	0.39	0.819	0.32
17	0.83	0.816	0.68	47	0.38	0.819	0.31
18	0.8	0.817	0.65	48	0.38	0.820	0.31
19	0.78	0.817	0.64	49	0.37	0.820	0.30
20	0.75	0.817	0.61	50	0.36	0.820	0.30
21	0.73	0.818	0.60	51	0.36	0.820	0.30
22	0.7	0.818	0.57	52	0.35	0.820	0.29
23	0.68	0.818	0.56	53	0.35	0.820	0.29
24	0.66	0.818	0.54	54	0.34	0.820	0.28
25	0.64	0.818	0.52	55	0.33	0.820	0.27
26	0.63	0.819	0.52	56	0.33	0.820	0.27
27	0.61	0.819	0.50	57	0.33	0.820	0.27
28	0.59	0.819	0.48	58	0.32	0.820	0.26
29	0.57	0.819	0.47	59	0.32	0.820	0.26
30	0.55	0.819	0.45	60	0.31	0.820	0.25

(註：僅測量一個自製電池)

發現：自製環保電池的電功率隨時間而慢慢的遞減。

討論：雖然電壓多數時候維持在 0.8V 左右，但是電流的部分卻逐步的降低，因此使得電功率亦逐步減少，不過這和之前我們一開始使用鋅銅片在 5% 鹽水實驗下四分鐘時所產生的電功率 0.37mW 相比，我們自製的環保電池(四分鐘時約為 1.21mW)顯然增加不少，約有 3 倍之多。

實驗十三：探究驅動生活中常見的電子元件所需自製環保電池的串聯個數

結果：如表 3-5。

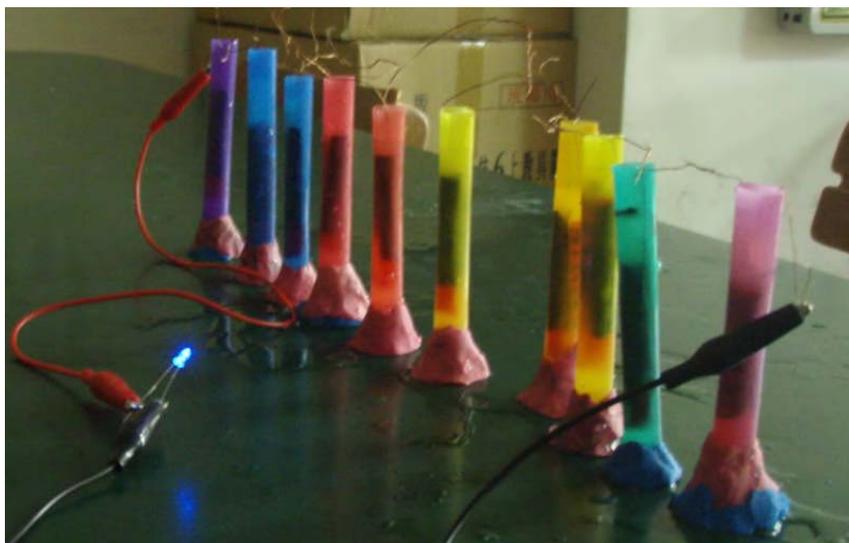
表 3-5：生活中常見的電子元件所需自製環保電池的串聯個數

串聯個數 電子元件	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LED（紅）	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LED（白）	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LED（藍）	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LED（綠）	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LED（黃）	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
馬達	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
蜂鳴器（大）	×	○	◎	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
蜂鳴器（小）	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

註：「✓」表示可被驅動；「×」表示無法驅動；「○」表示蜂鳴器有振動但無聲音；
「◎」表示蜂鳴器叫一下就停。

發現：在所有的電子元件中以紅色 LED 和小的蜂鳴器只需串聯 2 個自製電池就能驅動，而常用的小馬達即使串聯了 10 個自製電池也無法驅動。

討論：在取得的電子元件中，大多數在串聯 4 個自製環保電池的時就能夠驅動，在自製環保電池能成功驅動身邊常見的電子元件後，我們更希望能夠應用在自己設計的玩具上。

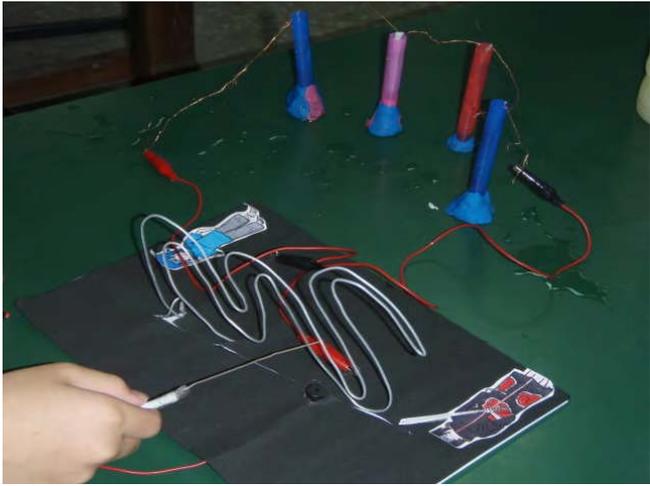


實驗十四：探究以自製環保電池設計玩具的可行性

方法：以自製的環保電池為電力來源，設計有趣可行的玩具。

結果：如表 3-6。

表 3-6：以自製的環保電池為電力來源，設計有趣可行的玩具

玩具名稱	玩具樣式	設計原理	遊戲方法
電流急急棒		<p>運用電線的通路與斷路，通路時蜂鳴器會作響，斷路時則靜音。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.將電池正負極連接正確。 2.遊戲者將鐵棒由起點沿路徑移至終點。 3.當鐵棒碰觸到路徑時會發出聲響表示挑戰失敗。 4.若順利移至終點，則挑戰成功。
祕密鑰匙		<ol style="list-style-type: none"> 1. 運用電線的通路與斷路，通路時蜂鳴器會作響，斷路時則靜音。 2. 隨著電池負極連結到線路的不同，控制只有一個開關會形成通路，使蜂鳴器發聲。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.將電池正極接上。 2.遊戲者將電池負極隨機選擇一個接點接上。 3.遊戲者輪流選擇鑰匙，並按下前方開關。 4.選中正確鑰匙時會有聲響，即為勝利者。

陸、結論

一、由操作水果電池的實驗認識電池的構成元件

- (一) 電池的構成元件大致可區分成電極及電解液兩大部分。
- (二) 以鋅銅片當作電極，水果的種類對電流影響較大，但對電壓似乎沒有太大的影響。
- (三) 不同的電極片組合，會同時影響水果電池的電壓及電流大小。

二、探究影響電池電功率的因素

- (一) 在鋅、銅、鋁、鐵四種金屬的組合中，以鋅銅片產生的電功率較高。
- (二) 隨著電極間的距離越近，電功率越大。
- (三) 隨著電極的面積增大，電池電功率有增加的趨勢。
- (四) 電功率並非隨著電解液濃度的增加而增加，在鹽水濃度 5% 以下，有隨著濃度增加而增加的趨勢，但是隨著鹽水濃度超過 5% 後，電功率則隨鹽水濃度增加而減少。
- (五) 電解液不同會影響電池電功率，較酸或較鹼的溶液，產生的電流較高，所以使得電功率多數較強。
- (六) 電池無論串聯或並聯，在電流及電壓上都有不同程度的增加，連帶使產生的電功率也都增加，但以串聯的方式電功率增加較多。

三、自製實用可行的環保電池

- (一) 不同的環保電解液對電功率影響也不同，檸檬皮汁、咖啡渣、茶葉渣中以檸檬皮汁產生的電功率最高，如果再混入 5% 鹽水則可提高電功率約 1.5 倍。
- (二) 鹽水濃度都固定為 5%，測得的電功率在加入檸檬皮汁濃度小於 5% 以下，電功率有隨著檸檬皮汁濃度增加而增加的趨勢，但是隨著加入的檸檬皮汁的濃度超過 5% 後，電功率則隨檸檬皮汁的濃度增加而減少。
- (三) 自製的最佳的環保電解液為 5% 鹽水 + 5% 檸檬皮汁混合液。
- (四) 在取得的電子元件中，大多數在串聯 4 個自製環保電池時就能夠驅動。如：紅色 LED、白光 LED、蜂鳴器等。
- (五) 自製環保電池足以供應自製玩具的電力。

柒、參考資料

1. 曾煥華(民 83)：電池的科學。台北縣：銀禾文化。
2. 陳潤杰(民 88)：生活的化學。台北市：九章出版社。
3. 花形康正(民 97)：生活用品中的科學。臺北縣：世茂出版。
4. 南一自然與生活科技第七冊(民 97)。台南市：南一。

【評語】 080202

- 1、 影響電功率因素的結論多數和之前的結論類似但亦有不同的地方。
- 2、 環保電池的設計有相當的創意。