

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

第二名

080204

來電「漢堡」--環保電池 DIY

學校名稱：臺南縣永康市永康國民小學

作者：	指導老師：
小六 李佩珈	許瑛純
小六 李佩珏	陳建榮
小六 林儀禎	
小六 鄭諭聰	
小六 陳怡雯	
小六 郭庭慈	

關鍵詞：蕃茄醬、環保電池、通電玩具

作品名稱：來電「漢堡」--環保電池DIY

摘要：

我們運用生活中容易取得的一元硬幣和鋁箔紙(例如:奶粉罐中的鋁箔紙)分別當作電池的正負極。兩極之間隔著紗布手帕(鄰居提供,原本是用來幫嬰兒洗澡或擦拭,目前準備當抹布或回收),其中手帕吸附著麥當勞蕃茄醬汁(不新鮮的也可以),於是製造出既環保又容易串聯(堆疊即可)的簡易電池,並可點亮節能又省電的LED燈。

另外,我們將十顆環保電池疊在一起(即串聯),再連接一顆七彩LED燈,然後置入牛年花燈中。看著美麗的花燈不停的閃爍,心中的成就感不禁油然而生!

壹、研究動機

多年來全校師生全力投入廢乾電池的回收工作,成果相當豐碩(如附件),也為環保盡一份心力。然而,如果能夠製造出無毒、無污染的環保電池,不但省卻回收工作,更無污染環境之虞,豈不是兩全其美?

於是我們從了解乾電池的構造開始,接著收集有關水果電池的文獻。許多人將金屬片(通常是銅、鋅片)插在水果上(或果汁中)製成水果電池,但是長相和市售的電池差異頗大。其次,為了增加水果電池電壓或電流,所以利用鱷魚夾達成目的,卻讓一堆電線張牙舞爪地盤據整個桌面,同時也產生不少電阻。

其實任取一張紙(例如:準備回收的信封),沾濕柳丁汁液後,夾在一元硬幣和鋁箔紙之間,便完成一顆「長相合理」的電池。將一顆顆電池向上堆疊,即可輕易形成串聯。而蕃茄醬的成分含有濃縮蕃茄汁和食鹽,當作電解液的效果如何呢?不新鮮的會優於新鮮的嗎?

若能利用自製環保電池,點亮七彩LED燈,再置入美勞課製作的花燈中,有趣又好玩的手工通電玩具便誕生了。

貳、研究目的

一、試做環保電池。

二、尋找最適合製作環保電池的紙張或布料。

- 三、 挑選檸檬、柳丁、食鹽水、蕃茄醬、柳橙汁等製造環保電池，找出最適合製造電池的電解液。
- 四、 探討電解液的酸鹼值與產生的電流之間的關係。
- 五、 瞭解靜置一週的電解液對電池的電流和電壓的影響。
- 六、 探討最適合做為電池正極的錢幣。
- 七、 結合自製環保電池和牛年花燈，享受自製通電玩具的樂趣。

參、 **研究設備及器材：**家中回收的紙張或布料、檸檬（榨汁）、柳丁（榨汁）、蕃茄（榨汁）、食鹽水、醬油、蕃茄醬（來自早餐店和麥當勞）、檸檬水、柳橙汁、硬幣（一元、五元、十元和五十元）、鋁箔紙、三用電表、酸鹼指示筆、LED 燈、膠帶（咖啡色）、牛奶多多的瓶子、燈籠。



肆、 研究過程與方法

一、 文獻探討

（一） 電池的構造

1. 一般乾電池：正極是碳棒，負極是鋅罐，並以二氧化錳與澱粉及電解質混合的混合劑作為正極的作用物質。電解液是以氯化銨或氯化鋅等鹽類水溶液作為電解液。



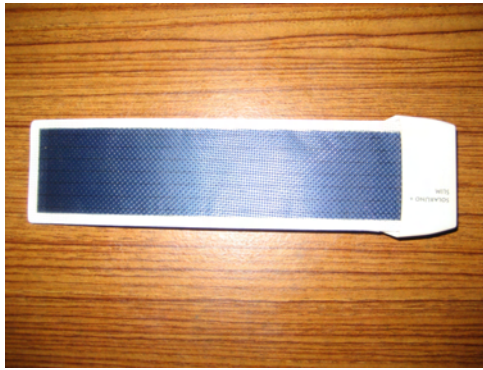
2. 鋰電池(又稱鋰-碘電池)：正極是碳棒固定於鎳網上的金屬鋰，負極是碘。電解質是薄層的碘化鋰(LiI)晶片，介於陰極與陽極之間。



3. 鉛蓄電池(又稱鉛-酸電池，俗稱電瓶)：負極是鉛，正極是二氧化鉛，電解質是稀硫酸溶液 (30%)。



4. 太陽能電池：太陽電池是兩層分別加入微量不同雜量元素的薄矽晶片，誘發兩薄膜間的電位差，因此當外接電路駁通時，會有電流產生。以光照射而產生電能，不需消耗任何化學物質。



(二) 水果電池

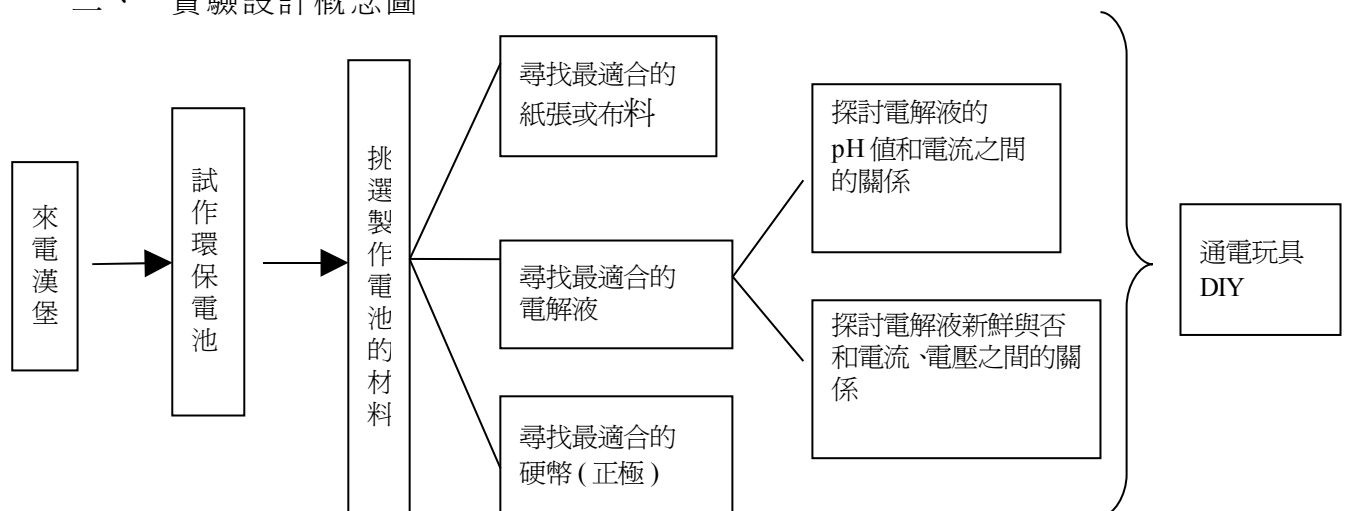
把廚房紙巾剪成約 5 元硬幣大小數張，浸泡果汁；另外再將烤箱用的鋁箔或錫箔剪成一元大小。將一元硬幣、泡過果汁的紙巾、鋁箔一層一層疊上去（錢、果汁、鋁、錢、果汁、鋁.....）將電線接在最上下層的鋁箔與硬幣就完成了簡單的電池。

注意果汁紙巾層一定要完全隔開銅鋁，而中間沒有紙巾層的銅鋁則要結合緊密。----蕃茄電池，是水果電池中，電力最強的一種。

(三) 新台幣硬幣

- 1.新臺幣壹圓：材質:銅 92%、鎳 6%、鋁 2%；直徑:20 毫米。
- 2.新臺幣伍圓：材質:銅 75%、鎳 25%；直徑:22 毫米。
- 3.新臺幣拾圓：材質:銅 75%、鎳 25%；直徑:26 毫米。
- 4.新臺幣伍拾圓：材質:銅 92%、鎳 2%、鋁 6%；直徑:28 毫米。

二、 實驗設計概念圖



三、 試做環保電池

(一) 單顆：利用一元硬幣和鋁箔（邊長 5 公分的正方形）當正負極，兩極之間隔著沾濕柳丁汁的拭鏡紙，組成電池後以三用電表分別測量電流和電壓，測量 5 秒後再記錄電流和電壓。



(二) 串聯 4 顆：由於電池的電壓偏低，所以重複步驟（一）共完成 4 顆電池，其中 3 顆的背面貼上中間有洞的膠帶（咖啡色），當作絕緣隔開。在未貼膠帶的電池上方疊上其餘 3 顆電池後，以三用電表分別測量電流和電壓，並觀察 LED 燈是否會亮。



四、 實驗一：尋找最適合製作環保電池的紙張或布料

步驟：利用一元硬幣(含銅 92%)和鋁箔（邊長為 5 公分正方形）當正負極，柳丁汁（便宜且容易產量過剩）為電解液，再將電解液滴濕面紙、衛生紙、牛皮紙(回收的信封)、手帕(鄰居提供的回收嬰兒用品)、面膜(使用過)等，組成電池後以三用電表分別測量電流和電壓，在測量 5 秒後記錄電流和電壓，並計算電功率。

五、 實驗二：利用檸檬、柳丁、蕃茄、食鹽水、醬油、蕃茄醬、檸檬水、柳橙汁當電解液，從中找出最適合製造電池的電解液。從文獻中得知，水果電池中最好的就是檸檬、柳丁和蕃茄。其次，六上水溶液單元中提到「食鹽水可以導電」，因此我們決定使用含鹽的調味料--食鹽、醬油和蕃茄醬，其中，一包蕃茄醬加入 10cc 的水混合，使易於沾濕手帕。而

檸檬水(合作社)、柳橙汁(7-11)則是從檸檬和柳丁聯想而來。

步驟：利用一元硬幣和鋁箔當正、負極，再分別將檸檬（榨汁）、柳丁（榨汁）、蕃茄（榨汁）、食鹽水、醬油、蕃茄醬（來自早餐店和麥當勞）、檸檬水、柳橙汁滴濕手帕，組成電池後以三用電表分別測量電流和電壓，靜待 5 秒後再記錄電流和電壓，並計算電功率。

六、實驗三：探討電解液的酸鹼值和產生的電流之間的關係—水果電池的研究資料指出，「---使用水果 pH 值越小，導電效果越好。」在實驗二中使用的四種調味料，產生的電流皆在 0.8mA 以上，分佔前四名，那麼導電效果（電流）和 pH 值有何關係呢？

步驟：分別用酸鹼指示筆測量食鹽水、醬油、蕃茄醬（來自早餐店和麥當勞），再記錄酸鹼值。

七、實驗四：瞭解電解液過期與否對電池的電流和電壓之影響

步驟：實驗三使用的三類電解液（水果、調味料、飲料）樣本中，各類電功率最高者分別是牛蕃茄、麥當勞蕃茄醬和檸檬水。於是，我們將發霉牛蕃茄、麥當勞蕃茄醬和檸檬水靜置一星期，每天製成電池並測量 10 次的平均電流和平均電壓。

八、實驗五：探討最適合做為電池正極的錢幣

步驟：分別利用流通最普遍的新台幣一元、五元、十元和五十元硬幣當正極，鋁箔當負極，再將蕃茄醬汁滴濕手帕，組成電池後以三用電表分別測量 10 次的平均電流和平均電壓，並計算電功率。

九、DIY 七彩炫麗牛花燈

步驟：

1.根據本研究的實驗結果，我們選取一元硬幣作為電池的正極、直徑約 4 cm 的圓形鋁箔是負極、電解液附著於兩極之間的手帕。接著串聯四顆電池裝在牛奶多多的瓶子後，LED 燈終於亮了，但看起來不夠亮。於是我們每多串聯一顆電池，使用三用電表測量電流和電壓，並計算電功率。同時，也測量 LED 燈發光的時間。

2.依據步驟一的結果，將要裝有電池的瓶子上方左右各鑽二個孔，再用細鐵絲連接且固定後，置入 10 顆串聯的電池，最後連接上七彩 LED 燈。由於七彩 LED 燈在電壓 3V 以上才會亮，所以至少要串聯七顆電池才會亮！

3. 將步驟二中完成的裝置，結合我們在美勞課中製作的花燈，便完成自製通電玩具--七彩炫麗牛花燈。

伍、研究結果

一、 試做環保電池

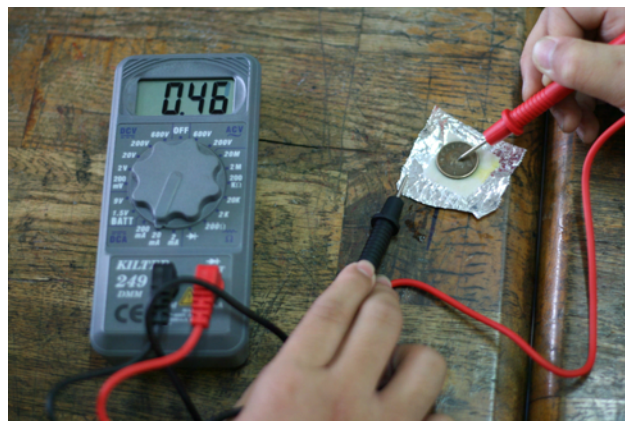
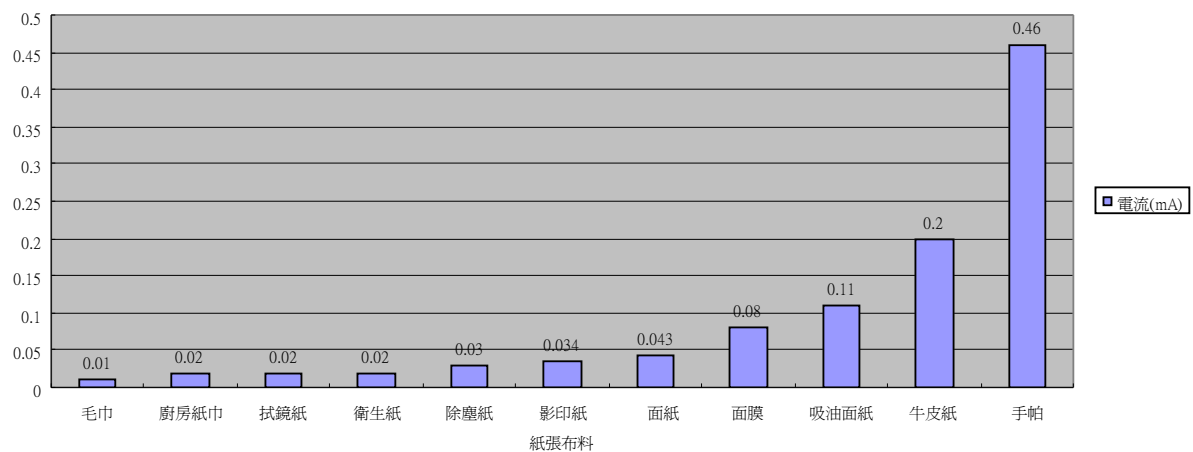
(一) 單顆電池的電流和電壓分別為 0.03mA 以及 0.5V。

(二) 串聯 4 顆電池的電流和電壓，分別是 0.08mA 以及 1.6V，普通 LED 燈出現微亮狀態。

二、 實驗一：尋找最適合製作環保電池的紙張或布料

(一) 結果：

圖1-用不同紙張布料製成電池的電流



(二) 發現：

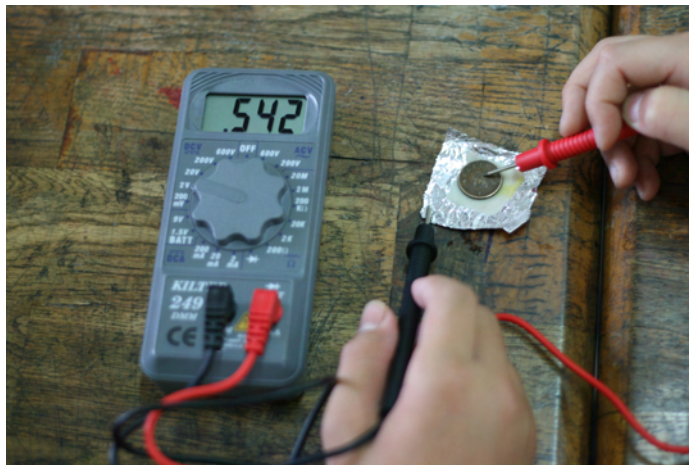
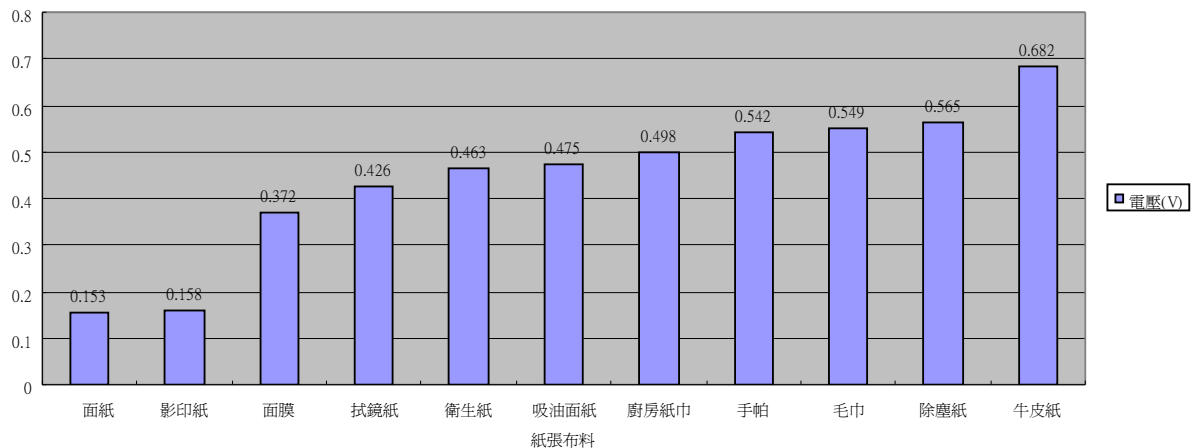
1.紙類以牛皮紙產生的電流最大，這個結果非常有趣。牛皮紙是用針葉樹的木材纖維，經過製漿、打漿並加入膠料染料等過程，最後在造紙機中製成紙張。

2.手帕產生的電流是布類之冠，同時也是牛皮紙的 2.3 倍。手帕由紗布材質製成，可能有助於電子流動。

3.整體而言，電流最大前三名依序為手帕、牛皮紙和吸油面紙。

（三）結果：

圖2-用不同紙張布料製成電池的電壓



（四）發現：

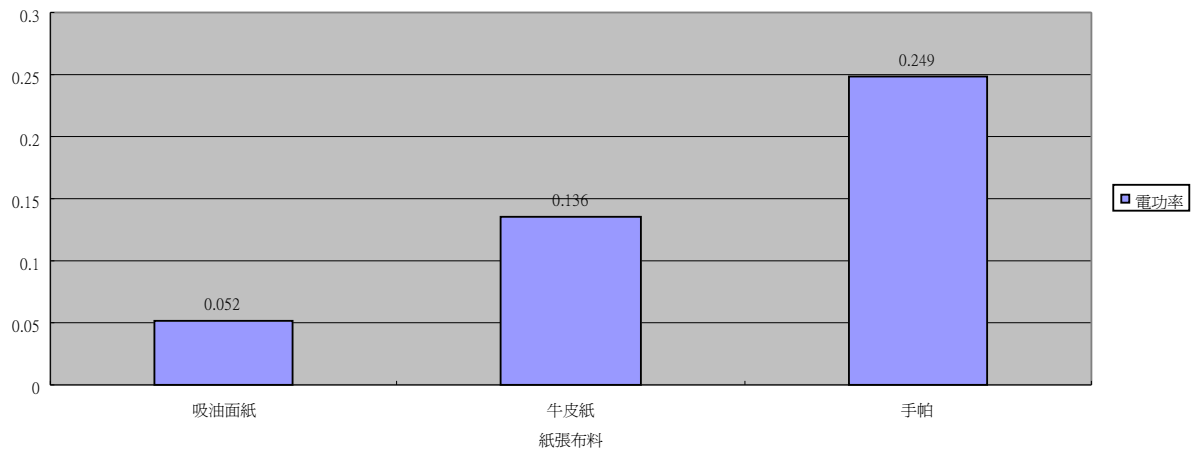
1.牛皮紙產生的電壓不僅在紙類中稱雄，同時也勝過所有布料。

2.就布類而言，毛巾、手帕兩者電壓相差不遠，然而手帕的電流卻遠高於毛巾，原因是毛巾的電阻大於手帕的電阻。由歐姆定律 $V = I \times R$ 推知，電阻 $R = V \div I$ ；所以，毛巾的電阻 $= 0.549 \div 0.01 = 54.9$ （歐姆），手帕的電阻 $= 0.542 \div 0.46 = 1.2$ （歐姆）。

3.從實驗結果得知：電壓 0.5V 左右且電流在 0.1mA 以上者，分別是牛皮紙、手帕和吸油面紙。

(五) 結果：

圖3-用不同紙張布料製成電池的電功率

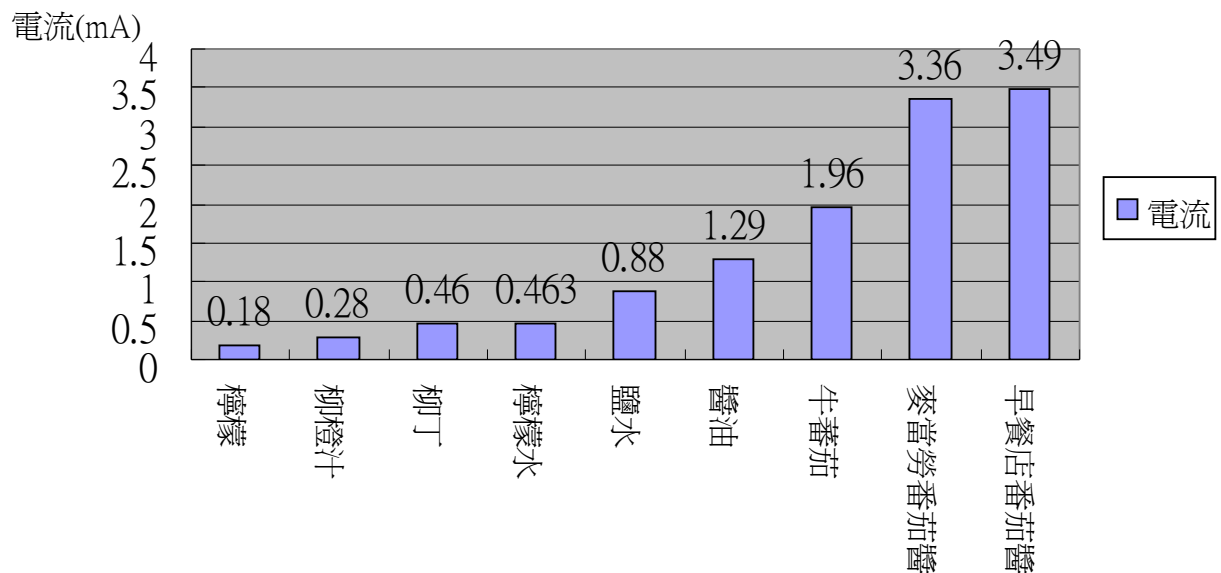


(六) 發現：由 $P = I \times V$ 的公式，計算出電功率的大小，依序為手帕、牛皮紙、吸油面紙，故我們選擇回收的手帕作為電池兩極之間吸附電解液的材料。若研究者想使用紙類，建議優先考慮牛皮紙。

三、 實驗二：找出最適合製造電池的電解液

(一) 結果：

圖4-精選水果、調味料、飲料製成電池的電流



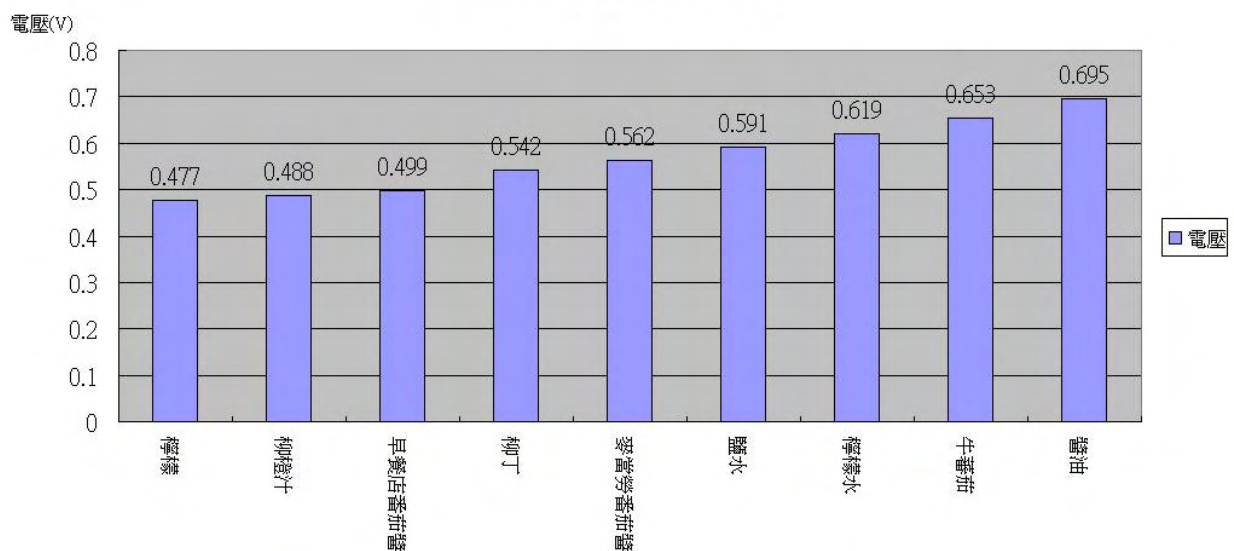


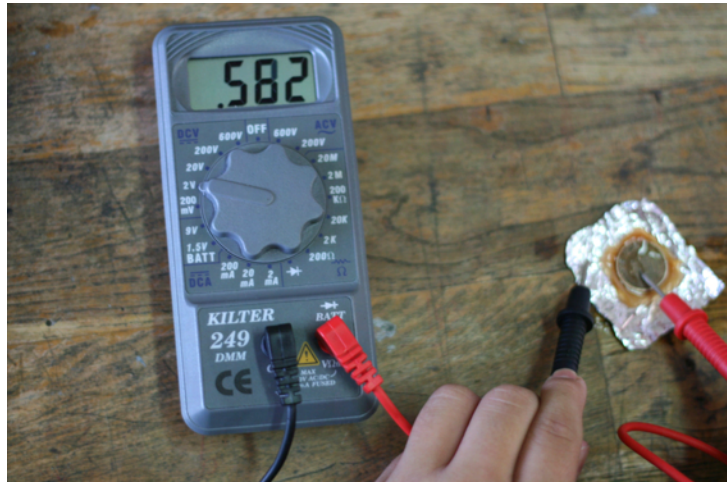
（二） 發現：

1. 檸檬的電流最弱，相較於蕃茄醬 20 倍以上的懸殊電流，主因應是蕃茄醬中利於導電的成分。
2. 牛蕃茄的電流僅次於蕃茄醬，兩者相差將近一倍。所以，就產生的電流而言，蕃茄醬明顯勝過牛蕃茄。
3. 蕃茄醬產生 3mA 以上的電流居冠，可能是濃縮蕃茄汁加入食鹽後，更容易增進電子的流量。

（三） 結果：

圖5-精選水果、調味料、飲料製成電池的電壓

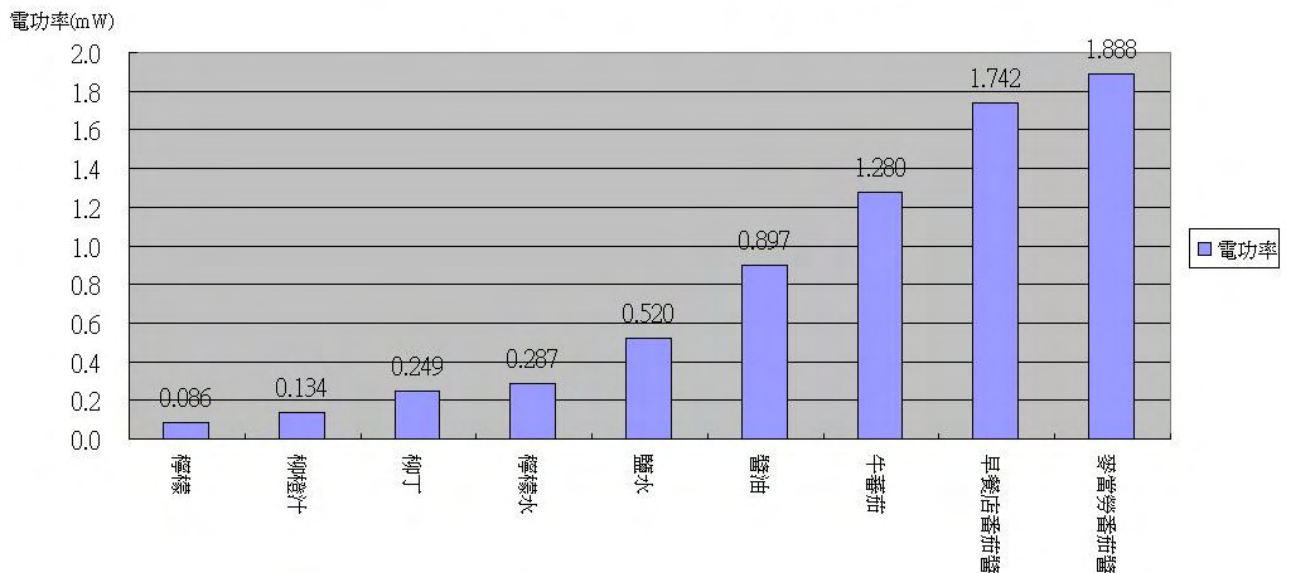




(四) 發現：從圖 5 的結果可以瞭解，電解液產生的電壓皆約在 0.5V 左右，最高（醬油）和最低（檸檬）差距約 0.2V。可見，電解液的種類並非影響電壓（電位差）的主要因素。

(五) 結果：

圖6-精選水果、調味料、飲料製成電池的電功率



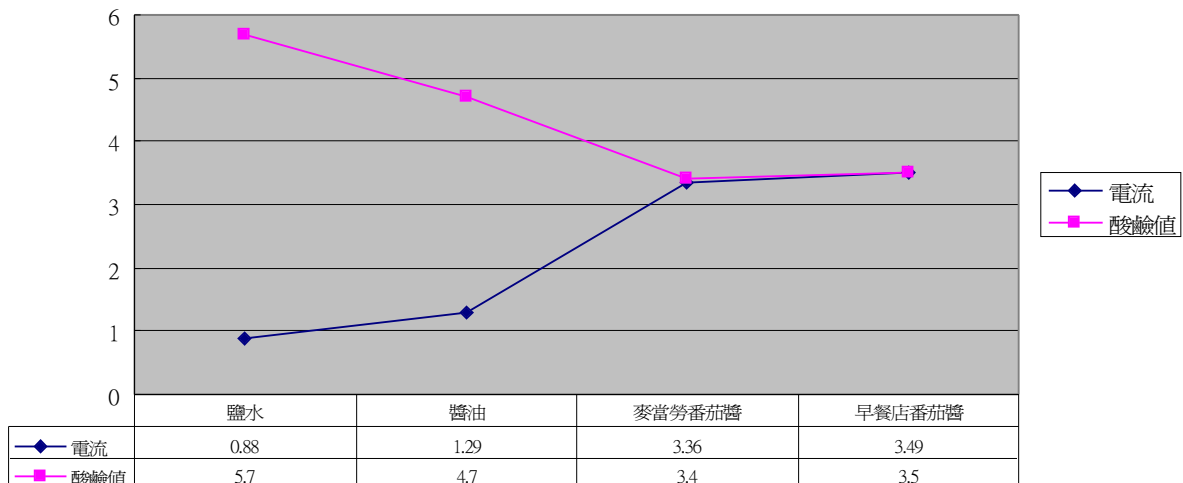
(六) 發現：

- 1.蕃茄醬的電功率大於 1.7mW，遠超過其餘電解液，因此蕃茄醬是首選電解液。
- 2.若身邊沒有蕃茄醬，牛蕃茄是相當不錯的選擇。
- 3.從電功率=電流×電壓的公式可以了解：電流和電壓相輔而成，若一方數值偏低，則電功率也會隨之下降。例如：醬油。

四、 實驗三：探討電解液的酸鹼值和產生的電流之間的關係

(一) 結果：

圖7-食鹽水、醬油、番茄醬的電流和酸鹼值的關係



(二) 發現：

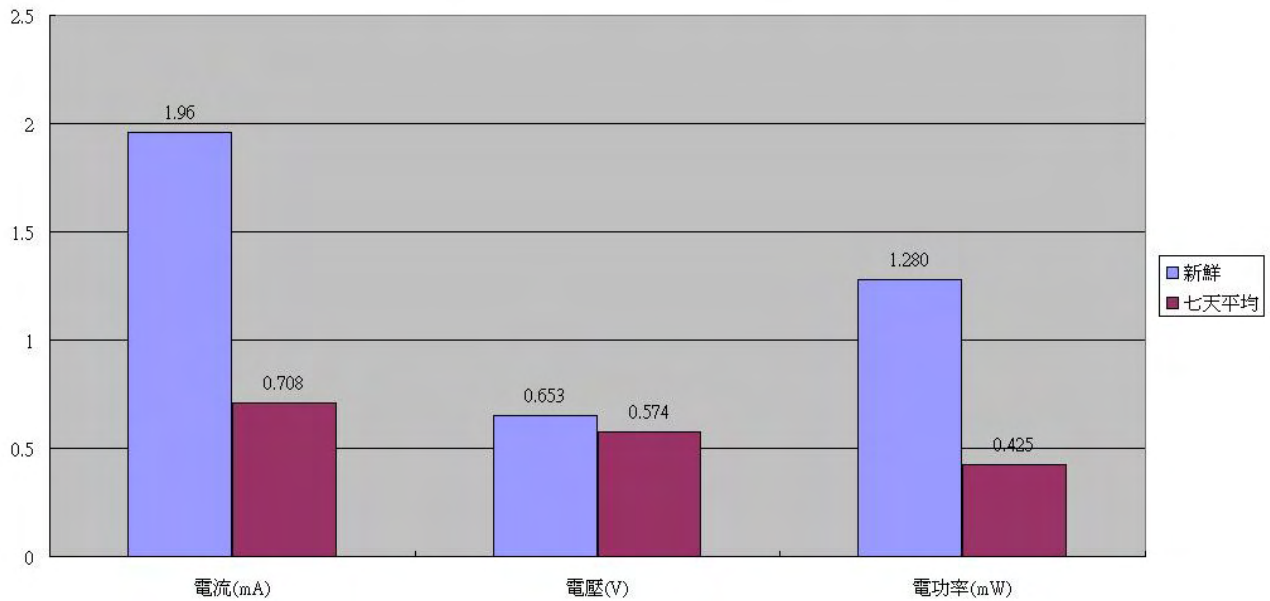
1. 調味料的 pH 值隨著電流遞增而逐漸下降，意即 pH 值愈小，電流愈大，此一規律恰與水果電池的結果一致。

2. 然而，若就此推論其他調味料（例如：酸黃瓜醬等）也會遵循這個規律，恐怕立論基礎較為薄弱。因為不同的調味料有不同的配方成分，這些成分影響電流的因素也要一併考量，才能找出合理的結論。

五、 實驗四：瞭解電解液過期與否對電池的電流和電壓之影響

(一) 結果：

圖8- 新鮮牛蕃茄和靜置七天平均的電流、電壓和電功率比較



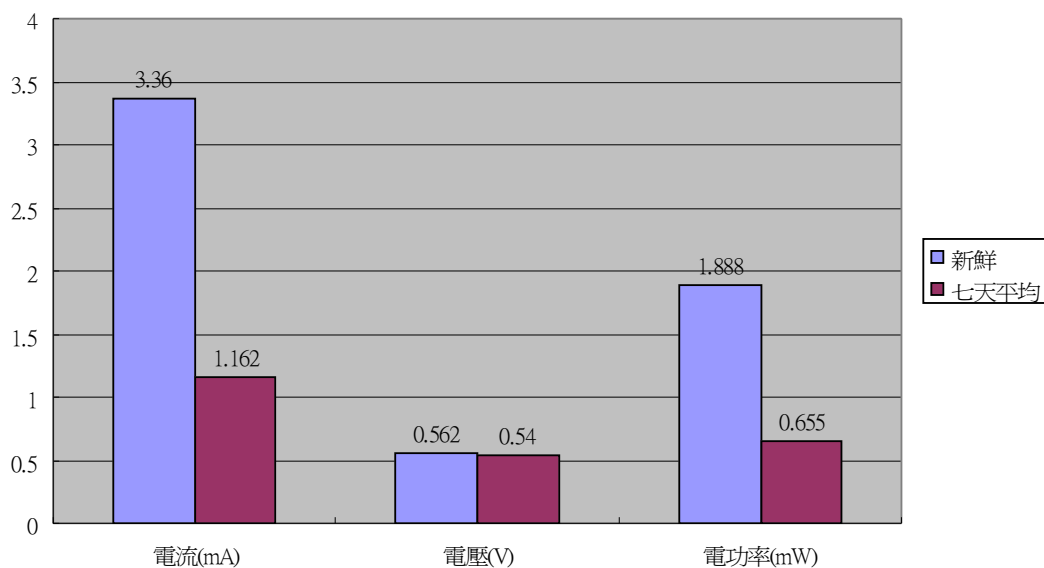
(二) 發現：

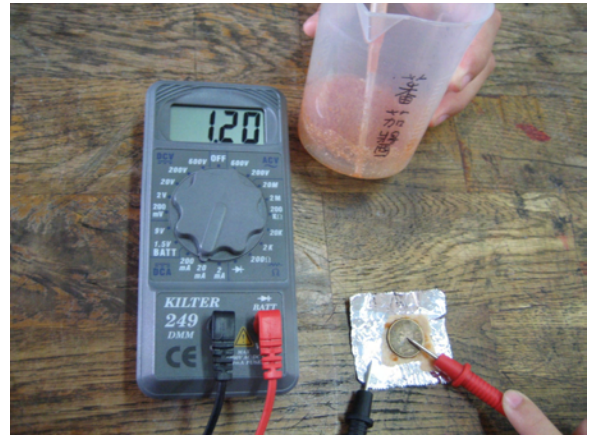
1.電壓差別不大，但電流和電功率卻有 2~3 倍左右的明顯差距，所以，使用新鮮牛蕃茄製成電池，可以讓 LED 燈維持較佳的亮度。

2.即使如此，發霉的牛蕃茄也並非一無是處。因為單顆電池的電壓大於 0.5 伏特，比起蕃茄醬、檸檬水的電壓毫不遜色，所以仍然可以串聯相同數量的電池，讓 LED 燈發光。

(三) 結果：

圖9- 新鮮蕃茄醬和靜置七天平均的電流、電壓和電功率比較





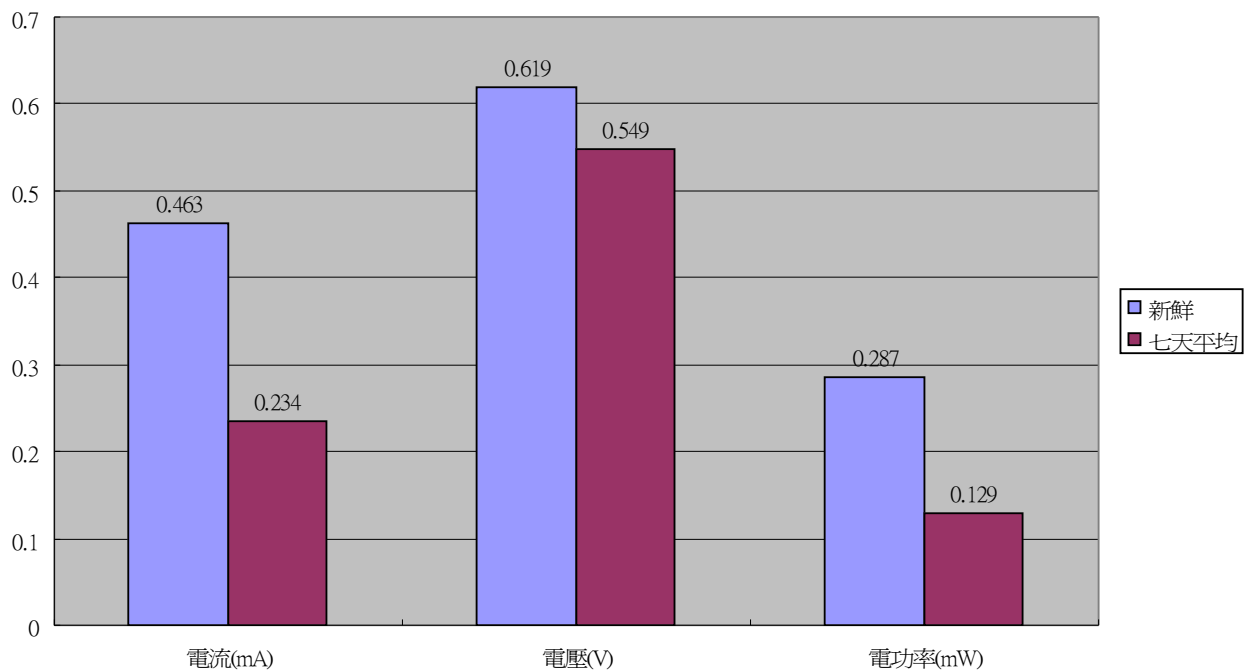
(四) 發現：

1. 蕃茄醬的結果類似牛蕃茄—電壓相近、電流和電功率約有 3 倍的差距。所以，使用新鮮牛蕃茄製成電池，有助於提高 LED 燈的亮度。

2. 如果目的是點亮 LED 燈，靜置數天的蕃茄醬可以取代新鮮蕃茄醬，主因是兩者電壓數值相當，透過串聯點亮 LED 燈電池的數量是相同的。

(五) 結果：

圖10- 新鮮檸檬水和靜置七天平均的電流、電壓和電功率比較



(六) 發現：圖 10 顯示，檸檬水和牛蕃茄、蕃茄醬的結果是一致的，因此，整體而言，應優先選擇新鮮的檸檬水。如果從串聯提高電壓的角度而言，新鮮與靜置的檸檬水並無太大差異。

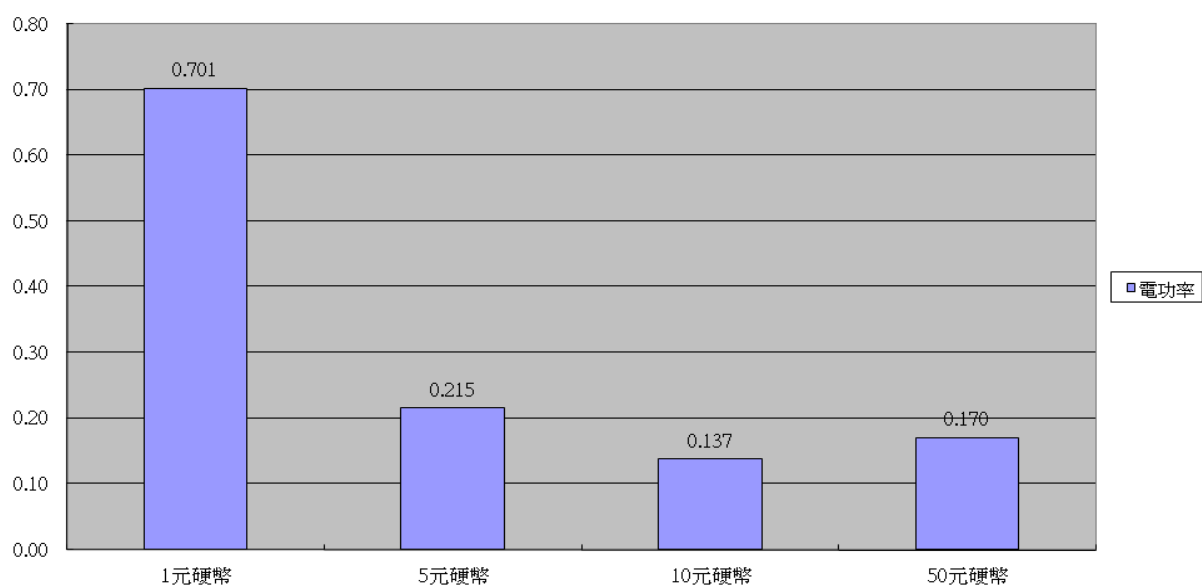
六、實驗五：探討最適合做為電池正極的錢幣

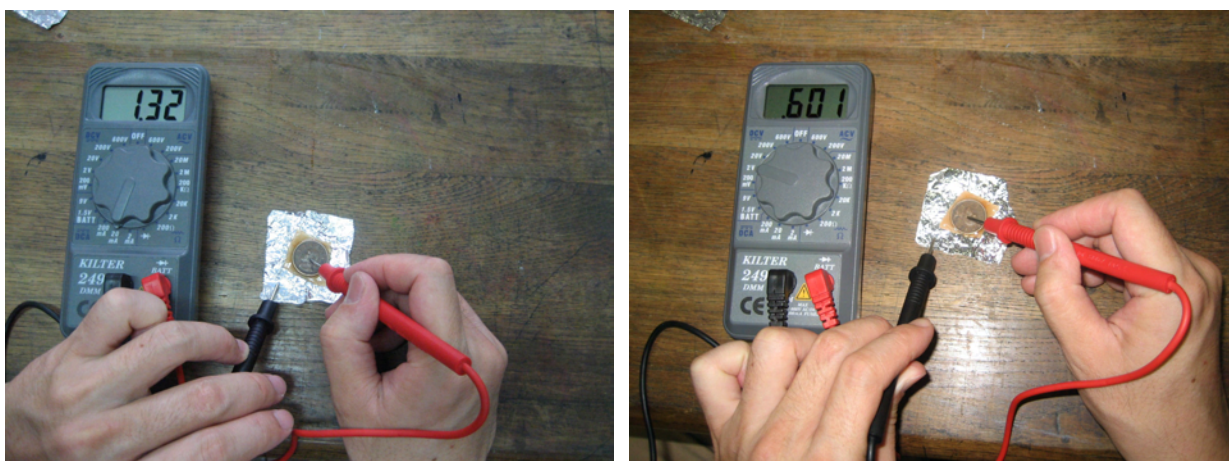
(一) 結果：

表1 四種硬幣當正極產生的平均電流、平均電壓和電功率

正極	負極	10 次平均電流	10 次平均電壓	電功率
1 元硬幣	鋁箔紙	1.175	0.597	0.701
5 元硬幣	鋁箔紙	0.403	0.533	0.215
10 元硬幣	鋁箔紙	0.258	0.531	0.137
50 元硬幣	鋁箔紙	0.367	0.463	0.170

圖11用一元、五元、十元和五十元硬幣當作正極組成電池的電功率





(二) 發現：

1.一元硬幣的平均電流約為其餘三者的 3 到 4 倍，平均電壓幾乎旗鼓相當，於是一元硬幣的電功率一枝獨秀。

2.一般而言，兩極之間活性(釋放電子成為帶正電的離子化程度)差距愈大，愈能得到較大的電流。惟以上四種硬幣皆為複合材質，所以，可能不宜據此探討硬幣材質和電流之間的關係。

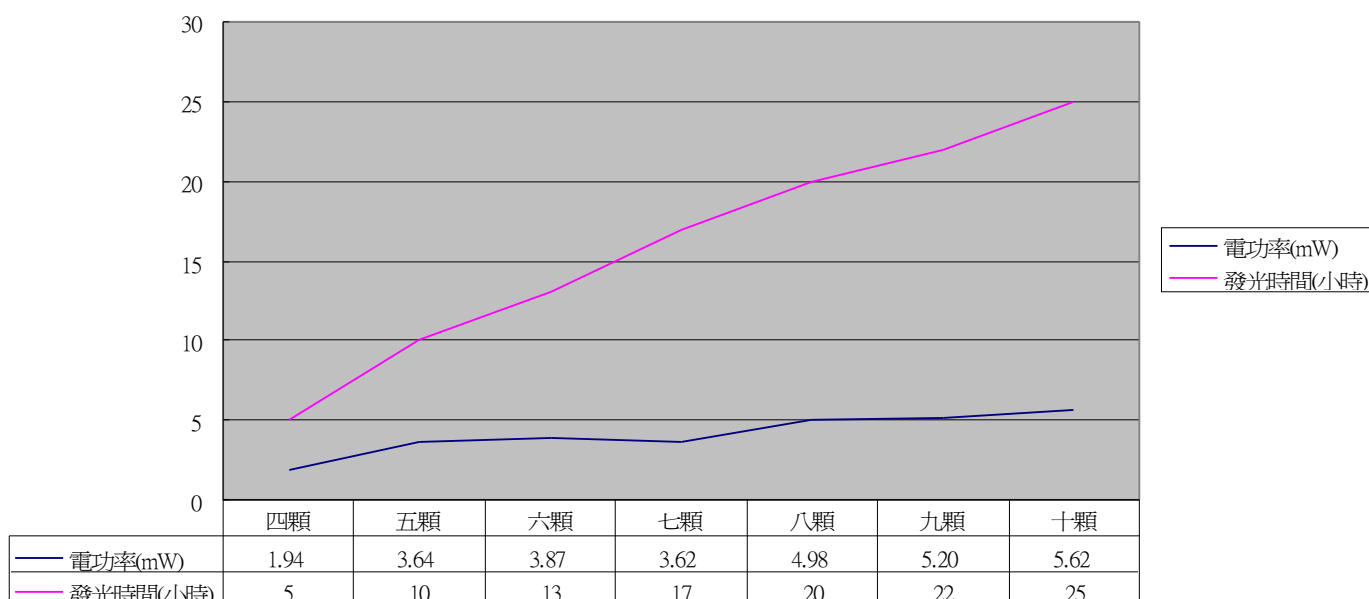
3.從文獻得知，「電池電極面積越大，接觸面積會愈多，反應速率愈快，電流越強。」但面積(直徑)最小的一元硬幣卻產生最佳的平均電流。可見非單一金屬材質的電極和電流之間的關係，仍有待進一步探究。

4.總之，我們根據實驗結果，選擇一元硬幣當作環保電池的正極。

七、 DIY 七彩炫麗牛花燈

(一) 結果：

圖12 串聯自製電池數量與LED燈亮度和發光時間的關係





（二）發現：

1.隨著串聯電池的數量增加，LED 燈的亮度(電功率)也明顯提升，發光的時間則從 5 小時遞增到 24 小時以上。

2.在亮度和發光時間的雙重考量下，串聯 10 顆電池所產生的效果是符合我們期待的。

3.鋁箔的形狀是遷就容器的形體，而容器的選擇則是從生活中取材，並且從回收物中選取。某天，學校午餐副食是牛奶多多，我們喝完後撕下塑膠標誌洗淨擦乾，便成為可再利用的裝電池容器之一。

4.容器的底面積太小（例如:接近一元硬幣大小），使鋁箔紙面積也變小，導致電池的電壓、電流降低。容器的底面積太大，則不容易置入花燈中。所以，牛奶多多的瓶子，底面積是相對恰當的。

5.瓶子的材料必須是容易切割的，牛奶多多是符合此一考量的。

6.七彩 LED 燈可從家中花燈取出，電子材料行也買的到。LED 燈有許多種類可供選擇，本研究選用七彩 LED 燈，是兼顧美觀和環保(省電)原則。

陸、討論

- 1、 自製「來電漢堡」可以省卻許多電線和鱷魚夾，也可以輕鬆串聯，體積小便於攜帶。最重要的是，電流和電壓的數值絲毫不輸給水果電池，同時也兼顧環保的重要--硬幣可以再利用；手帕、鋁箔紙牛奶多多的瓶子從回收物中取得；蕃茄醬對環境的負擔極小，又可免除水果有季節性的限制。
- 2、 以電流大小和電壓高低去分析，紗布手帕和牛皮紙分居布料和紙張之冠；若以電流和電壓的乘積（電功率）為篩選標準，則紗布手帕是唯一首選。因此，我們依據實驗結果，選擇紗布手帕當作環保電池的材質

之一。在這個實驗中所使用的布料和紙張，都是從家中或學校回收物中取得，無形中也增添了回收物再利用的管道。

- 3、 在尋找適合電解液的實驗可以發現：蕃茄醬的電流超過 3 毫安培，牛蕃茄則以 2 毫安培的電流緊追在後；九種精選電解液產生的電壓約在 0.5V 左右，差異不大；最後麥當勞蕃茄醬仍以電功率最高勝出。不過，牛蕃茄也是值得考慮的電解液之一。
- 4、 水果中富含果酸可以導電，而且 pH 值越小者越能夠產生較大的電流。實驗結果顯示，四種調味料恰符合此一規律，即 pH 值越小電流越大；惟單從 pH 值的大小，不適合直接推論電流的大小，必須進一步探討調味料的鹽度、導電度等因素，才能獲得較完整的結論。
- 5、 分別利用新鮮的和靜置（一天至七天）的牛蕃茄、蕃茄醬和檸檬水製成電池，相較之下，兩者產生的電壓數值相近，但新鮮電解液產生的電流和電功率約為靜置的 2~3 倍。因此，使用新鮮電解液能使 LED 燈的亮度較佳。然而，本實驗目的是要點亮 LED 燈，著眼點應鎖定在電壓方面；所以，在串聯電池數量相同的情形下，新鮮及靜置（一天至七天）的電解液都是適合的。
- 6、 在台灣流通最普遍的四種硬幣中，平均電壓皆在 0.5V 左右，其中一元硬幣的平均電流和電功率大於其餘三者。所以依據這個結果，我們以一元硬幣當作自製電池的正極。然而影響電流的金屬活性大小差距和電極面積大小，在此不適用解釋這個實驗結果。

柒、結論

- 1、 從環保的角度出發，結合水果電池的概念，本研究利用蕃茄醬取代水果，製造出效果不錯的「漢堡」電池。在取材的過程，除了選擇容易取得的物品外，同時兼顧環保的考量，例如：紗布手帕、鋁箔紙和牛奶多多的瓶子，都是來自回收物品；不新鮮的蕃茄醬仍可充當電解液，點亮 LED 燈。
- 2、 用過的「漢堡」電池幾乎不會造成環境的負擔，無形中省卻回收的工作。一元硬幣經過洗淨後，仍可繼續使用（製造電池或購物）。
- 3、 目前美勞課正在進行製作燈籠的單元，我們將自製燈籠、「漢堡」電池和七彩 LED 燈組裝完成後，引起其他同學們高度的興趣，也成為最吸

睛、具話題性的作品。此時，研究科展過程中的辛酸、疲累，完全被成就感取代。

- 4、「漢堡」電池（串聯 10 顆）的重量約 50 克，相當於 2 顆三號電池的重量；在電壓方面，超過 4V 領先串聯 2 顆三號電池的 3V。然而，2 顆串聯的三號電池可以驅動小馬達，「漢堡」電池（串聯 10 顆）卻無功而返。可見，電流大小是關鍵因素。因此，若要擴大「漢堡」電池的應用範圍，那麼提升電流是首要任務，同時也要衡量電池的重量。
- 5、「漢堡」電池製作過程容易，又蘊含「通電的玩具」和「水溶液」的自然領域課程，最重要的是可以再次傳達環保概念。所以，如果融入自然和藝術與人文課程的教學，肯定是叫好又叫座。

捌、參考文獻

1. 維基百科 電流 <http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E9%9B%BB%E6%B5%81>
2. 台灣師大物理系 物理教學示範實驗教室 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/moodle/index.php>
3. 雅虎 知識 水果電池
<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1405122806426>
http://content.edu.tw/junior/phy_chem/ty_lk/sir/content/cph8/c1001.htm
4. 中央銀行 <http://www.currency.cbc.gov.tw/tb1.htm>
5. 照過來！看我為太陽能板擺 POSE 全國科展 48 屆作品集 國小組 自然科

【評語】 080204

- 1、 作品名稱很有創意
- 2、 實驗執行亦相當完整
- 3、 DIY 的電池有趣且有實用價值