

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組化學科

080203

臺北縣蘆洲市成功國民小學

指導老師姓名

林珊慧

陳景期

作者姓名

張凱雄

鍾朝閔

陳星樺

邵子晉

林冠存

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：化學科

組 別：國小組

作品名稱：*超級來電王*

關 鍵 詞：導電性、水果電池、電解質

編 號：

超級來電王

一、摘要

五上第三單元「奇妙的水」，讓我們認識水溶液酸鹼性及導電性。當電腦課上網發現「水果能導電也能當電池」的資料時，我們也希望能自製應用在生活中的水溶液電池。

我們研究的內容包括：透過實驗找出做水溶液電池最好的方法、選擇適合的電池材料包括水溶液和正、負極材料的各種組合。

經過實驗及討論發現：(一)使電力增強的方法有：1.選擇導電性佳、濃度較高（糖水例外）、串聯數目較多、溫度較高的水溶液。2.增加金屬片接觸面積、適合的正、負極材料和水溶液的組合。(二)漂白水 and 正、負極為（銅、鋁）的組合產生的電壓最高，只要串聯 3 杯就能使用 LED 燈、小鬧鐘、Call 機、計算機、電動玩具、小收音機，也是這次研究中的超級來電王。

二、研究動機

五年級上學期，在自然課第三單元「奇妙的水」要做有關水溶液導電性的實驗，同學們帶了各種不同的水溶液來，測試的結果居然都能導電，而且每種水溶液的導電性都不同，更有趣的是我們發現到有些果汁竟然可以使小小燈泡（LED 燈）變亮，大家都非常驚訝！於是利用上電腦課的時候上網查資料，卻發現到水果不但能導電還能做成電池，真是太奇妙了！

在日常生活中，電池已經成爲我們不可缺少的用品，一般常用的大都是鋅碳電池、鎳鎘蓄電池或水銀電池；只要裝上電池，不論是手錶、手機、電動玩具、照相機或手電筒等，都能發揮他們的功能，讓我們的生活更便利，如果能隨時利用身邊的水溶液製作電池，一定很有趣！

三、研究目的

- (一) 找出自製電池最佳的做法。
- (二) 研究哪些水溶液適合當電池的材料。
- (三) 找出讓 LED 燈增加亮度的方法。
- (四) 研究適合當電池正、負極的材料。
- (五) 探討自製電池在生活中應用的可能性。

四、研究設備及器材

器材：LED 燈（發光二極體）、小杯子、銅片、鋁片、鐵片、鋅片、石墨棒、天平、電池座、3 號電池、曬衣夾、燒杯、量筒、滴管、不織布、鱷魚夾、榨汁機、數位式多功能電錶、紅色石蕊試紙、藍色石蕊試紙、小燈泡、小馬達、Call 機、計算機、小收音機、小鬧鐘、電動玩具。

材料：1.（水溶液）自來水、鹽、醬油、糖、黑糖、醋、舒跑運動飲料、汽水、優格、鹽酸、小蘇打、墨汁、洗碗精(白鴿)、漱口水、洗衣粉、穩潔（浴室）、穩潔（浴室廚房）、穩潔（廚房強效）、漂白水。
2.（水果）檸檬、柳丁、葡萄柚、鳳梨、蕃茄、蘋果、木瓜、西瓜。

五、研究方法及結果

研究（一）、比較各種自製電池的做法

方法	照片	說明	結果	總電壓
(一)		把檸檬切成半顆，再將銅、鋁片直接插在上面。	連接了 8 個半顆的檸檬，使 LED 燈「微亮」	約 1.30V
(二)		將檸檬汁滴在 4 平方公分的不織布上，再疊上銅、鋁片。	疊了 4 層，使 LED 燈「微亮」	約 1.26V
(三)		銅、鋁片分別接在小杯子的兩邊，再將 10c.c.的檸檬汁分別倒入杯中。	接上 4 杯，使 LED 燈「微亮」	約 1.28V

- 討論：1.方法（一）的做法很簡單，但是需要串聯 8 個半顆的檸檬，才能使 LED 燈發出「微亮」的光，可能是檸檬果內的纖維影響所產生的電力。
- 2.方法（二）所需要的水溶液最少，卻能產生和方法（一）差不多的電力，是最節省資源的方法，但是卻容易因為接觸不良而失敗。
- 3.將前兩種方法改良後就成了方法（三），不但容易清洗，還能改變水溶液的種類。
- 4.一個乾電池的電壓是 1.5V，這三種方法所產生的電壓都不到 1.5V，我們想要找出適合的水溶液來增加電壓。

研究（二）、哪些水溶液適合做成電池的材料？

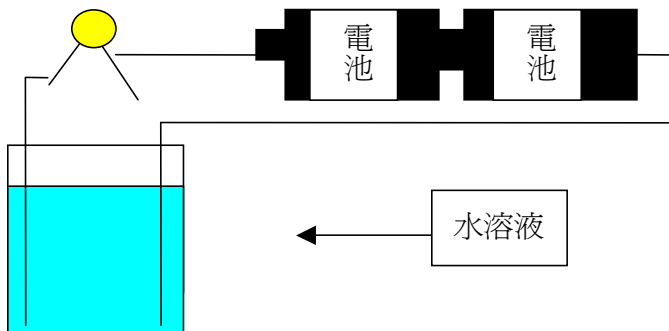
實驗 1. 測試各種水溶液的導電性

方法：1.蒐集家中各種不同的水溶液。

2.先把 2 個 3 號電池串聯，接上 1 個 LED 燈形成通路，使 LED 燈發亮。

3.將通路中連接的電線分開，分別放入 20c.c.高濃度及濃度稀釋成 1/10 的各種水溶液中，觀察 LED 燈發亮的情形，來測量導電度，如下圖。

4.用紅、藍兩種石蕊試紙測試各種水溶液的酸鹼性



圖：導電性好的水溶液，電路會形成通路



照片 4：在自來水中，LED 燈「微亮」



照片 5：在濃鹽水中，LED 燈「亮」

結果：1.各種水溶液的性質及導電的情形

水溶液名稱	原來濃度	稀釋 1/10	酸鹼性(味道)
自來水	微亮	-----	中性
鹽水	亮	亮	中性 (鹹)
醬油	亮	亮	中性 (鹹)
糖水	不太亮	微亮	中性 (甜)
黑糖	亮	微亮	酸性 (甜)
汽水	微亮	微亮	酸性 (甜)
木瓜汁	亮	微亮	酸性 (甜)
西瓜汁	亮	亮	酸性 (甜)
舒跑運動飲料	亮	微亮	酸性 (甜)
鳳梨汁	亮	微亮	酸性 (甜、酸)
柳丁汁	亮	微亮	酸性 (甜、酸)
葡萄柚汁	亮	微亮	酸性 (甜、酸)
蕃茄汁	亮	亮	酸性 (甜、酸)
蘋果汁	亮	亮	酸性 (甜、酸)
醋	亮	亮	酸性 (酸)
檸檬汁	亮	微亮	酸性 (酸)
優格	亮	亮	酸性 (酸)
洗碗精-白鴿	亮	微亮	中性
洗衣粉	亮	微亮	鹼性
小蘇打水	亮	微亮	鹼性
穩潔 (浴室)	亮	微亮	鹼性
穩潔 (浴室廚房)	亮	亮	鹼性
穩潔 (廚房強效)	亮	亮	鹼性
漂白水	亮	亮	鹼性
漱口水	亮	亮	酸性
鹽酸	亮	亮	酸性
墨汁	亮	亮	-----

討論：1.味道是鹹的或酸的食物，導電的效果比較好。

2.大部分濃度高的水溶液接上電路後，可以使 LED 燈比接上稀釋 1/10 濃度的水溶液還亮。但糖水例外，稀釋後的糖水反而使 LED 燈比較亮，所以濃度高的糖水有可能會降低導電性。

3.舒跑運動飲料雖然喝起來是甜的，它的主要成分中除了糖，還含有其他的酸和鹽的成分，所以也能增加導電性。

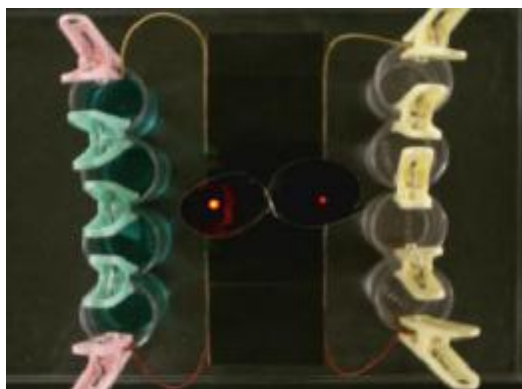
實驗 2. 找出適合做電池的水溶液

方法：1.選用實驗 1 中濃度稀釋 1/10 後還能使 LED 燈「亮」的水溶液來測試。

2.在 1 個小杯子兩邊分別接上 1 公分寬的銅片和鋁片，倒入 10c.c.不同的水溶液，再測量電壓。

3.將小杯子各裝 10c.c.相同的水溶液，並在杯子兩邊分別接上 1 公分寬的銅片和鋁片，再串聯 4 個杯子。

4.觀察連接 LED 燈的亮度，另外再測量串聯 4 杯水溶液電池所產生的電壓。



照片 6：比較 LED 燈的亮度
漱口水(左)、濃鹽水(右)



照片 7：測量倒入漂白水後的電壓

結果：2.適合做電池材料的水溶液

水溶液的名稱	1 杯水溶液的電壓 (V)	串聯 4 杯水溶液的電壓 (V)	串聯 4 杯 LED 燈的亮度
濃鹽水	0.51	1.95	亮
醬油	0.57	2.15	亮
木瓜汁	0.53	2.01	亮
西瓜汁	0.48	1.93	亮
舒跑運動飲料	0.55	2.25	亮
鳳梨汁	0.57	2.10	亮
蕃茄汁	0.64	1.89	亮
蘋果汁	0.55	2.10	亮
醋	0.56	2.39	亮
檸檬汁	0.52	1.28	微亮
優格	0.50	2.00	亮
穩潔 (浴室/廚房)	1.01	3.43	亮
穩潔 (廚房強效)	1.19	4.82	亮
漂白水	1.84	7.51	亮
漱口水	0.91	3.34	亮
鹽酸	0.60	2.23	亮
墨汁	0.38	1.92	亮

- 討論：1.味道是鹹或酸的水溶液，可以增加 LED 燈的亮度。
 2.每種水溶液使 LED 燈產生的「亮」度不太相同，不容易明確的用文字形容，所以我們決定使用數位式多功能電錶來測量水溶液電池產生的電壓。
 3.在測試醋、漱口水、鹽酸和穩潔（廚房強效）時，發現銅、鋁片有腐蝕的現象。浸在漱口水、鹽酸和穩潔（廚房強效）中的鋁片周圍還會冒出許多氣泡；雖然加入漂白水後不會產生氣泡，我們還是都戴上手套操作比較安全。
 4.我們發現飽和的濃鹽水比檸檬汁的效果佳，不但安全又便宜，所以決定用濃鹽水來做其他的實驗，只是串聯數目如果少於 4 杯，LED 燈就不會亮。

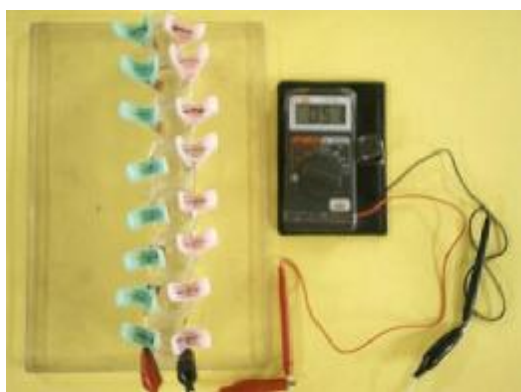
研究（三）、怎樣可以增加 LED 燈的亮度

- 方法：1.把 4 個小杯子各裝 10cc 的水溶液在兩邊分別接上 1 公分寬的銅片和鋁片，再連接 LED 燈。
 2.再分別改變水溶液並聯和串聯的杯數、水溶液的濃度、水溶液的體積、金屬片的寬度、水溶液的溫度。
 3.觀察 LED 燈的亮度並測量電壓。

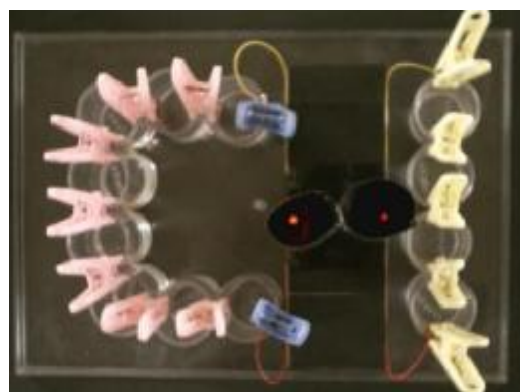
實驗 1.改變水溶液串聯和並聯的杯數

杯數	1	2	3	4	5	6	7	8
串聯電壓(V)	0.51	1.03	1.49	1.95	2.45	2.94	3.47	3.97
並聯電壓(V)	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51

討論：並聯不會使電壓增加；而串聯的杯數越多產生的電壓越高，還可以增加 LED 燈的亮度，接下來的實驗都以串聯的方式連接。



照片 8：並聯 8 杯的電壓還是 0.51V



照片 9：串聯數目越多 LED 燈越亮

實驗 2.改變鹽水的濃度

電壓(V) \ 濃度 \ 杯數	1	2	3	4
濃鹽水	0.51	1.03	1.49	1.95
稀釋 1/10 的鹽水	0.49	0.96	1.47	1.92

討論：用濃鹽水產生的電壓較高，但增加的電壓卻不是很多，LED 燈的亮度也差不多。

實驗 3.改變濃鹽水的體積

電壓(V) \ 杯數 體積	1	2	3	4	5	6	7	8
10c.c. (高 1.5cm)	0.51	1.03	1.49	1.95	2.45	2.94	3.47	3.97
20c.c. (高 3.0cm)	0.52	1.04	1.56	2.08	2.53	3.06	3.56	4.11

討論：濃鹽水的體積增加，會改變高度而使銅、鋁片接觸鹽水的面積也增加，串聯 4 杯以上電壓也明顯增加，可以增加 LED 燈的亮度。

實驗 4.改變銅、鋁片的寬度

電壓(V) \ 杯數 寬度	1	2	3	4	5	6	7	8
1cm	0.51	1.03	1.49	1.95	2.45	2.94	3.47	3.97
2cm	0.52	1.05	1.60	2.08	2.62	3.15	3.60	4.13

討論：增加銅、鋁片的寬度，接觸鹽水的面積也增加，串聯 4 杯以上電壓明顯增加，可以增加 LED 燈的亮度。

實驗 5.改變濃鹽水的溫度

電壓(V) \ 杯數 溫度	1	2	3	4
5°C	0.51	1.01	1.48	1.93
25°C	0.51	1.03	1.49	1.95
50°C	0.53	1.06	1.55	2.01

討論：可能是溫度升高使濃鹽水和金屬片的反應加快，才產生較大的電壓，增加 LED 燈的亮度。



照片 10：比較 LED 燈的亮度
50°C 濃鹽水(左)、5°C 濃鹽水(右)



照片 11：串聯 4 杯濃鹽水(1.95V)和乾電池(1.5V) 使 LED 燈的亮度差不多

研究（四）、哪些材料適合做成電池的正、負極

實驗 1. 改變正、負極的材料

方法：用 10c.c.濃鹽水 1 杯，在杯子的兩邊接上不同的材料，當作一個水溶液電池，並測量所產生的電壓。

結果：1.能產生電壓的材料組合

正極	負極	電壓 (V)	能產生電壓
銅	銅	0	
銅	鋁	0.51	√
銅	鋅	0.72	√
銅	鐵	0.17	√
銅	石墨棒	—	
鋁	鋁	0	
鋁	銅	—	
鋁	鋅	0.22	√
鋁	鐵	—	
鋁	石墨棒	—	
鋅	鋅	0	
鋅	銅	—	
鋅	鋁	—	
鋅	鐵	—	
鋅	石墨棒	—	
鐵	鐵	0	
鐵	銅	—	
鐵	鋁	0.41	√
鐵	鋅	0.55	√
鐵	石墨棒	—	
石墨棒	石墨棒	0	
石墨棒	銅	0.28	√
石墨棒	鋁	0.80	√
石墨棒	鋅	1.01	√
石墨棒	鐵	0.47	√

備註：「—」表示電壓為負值

- 討論：1. 把鋅當作水溶液電池的正極，不論哪種材料當作負極，都無法產生電壓。
2. 將能產生電壓的材料組合，進行實驗 2。

實驗 2. 找出適合做電池的材料組合

方法：把 4 個小杯子各裝 10c.c.的濃鹽水，在小杯子兩邊分別接上 1 公分寬的材料，連接 LED 燈泡觀察亮度，並測量所產生的電壓。

結果：2.適合做電池正、負極材料的組合

正極	負極	結果	電壓
銅	鋁	亮	1.95
銅	鋅	亮	2.92
銅	鐵	不亮	0.58
鋁	鋅	不亮	0.65
鐵	鋁	不亮	1.38
鐵	鋅	亮	2.16
石墨	銅	不亮	1.21
石墨	鋁	亮	3.15
石墨	鋅	亮	4.74
石墨	鐵	不亮	1.63

- 討論：1. (銅、鋁)(銅、鋅)(鐵、鋅)(石墨、鋁)(石墨、鋅)的組合可以使 LED 燈發亮。
2. 當鋁或鋅接在 LED 燈的正極不會亮，但是接在 LED 燈負極卻會亮。
3. (石墨、鋅)的組合產生的電壓最強有 4.74V，和乾電池正、負極的材料組合一樣。

研究（五）、自製電池在生活中的應用

方法：1.從研究（二）的實驗中，找出串聯 4 杯能產生較大電壓的水溶液，並調查其所含的主要成分。

- 2.把 4 個小杯子各裝 10c.c.的水溶液，在小杯子兩邊分別接上 1 公分寬的材料組合，並測量所產生的電壓。
- 3.分別連接 LED 燈、小燈泡、小馬達、小鬧鐘、Call 機、計算機、電動玩具、小收音機，觀察使用的情形。

結果：1.水溶液的主要成分

水溶液名稱	主要成分
醋（工研醋）	糯米，酸度 4.5%以上
鹽酸（無煙安全鹽酸）	混合酸、色料
穩潔（廚房強效）	介面活性劑、溶劑、鹼劑
漂白水	次氯酸鈉 6%

結果：2.日常生活中自製電池的應用

水溶液名稱	醋		鹽酸		穩潔 (廚房強效)		漂白水	
	石墨 鋅	銅 鋁	石墨 鋅	銅 鋁	石墨 鋅	銅 鋁	石墨 鋅	銅 鋁
串聯 4 杯 的電壓(V)	5.09	2.39	5.32	2.23	6.18	4.82	5.93	7.51
使用 LED 燈(1.5V)	√	√	√	√	√	√	√	√
使用小燈泡 (1.5V)								
使用小馬達 (1.5V)								
使用小鬧鐘 (1.5V)	√		√		√		√	√
使用 Call 機 (1.5V)					√		√	√
使用計算機 (3.0V)	√		√		√	√	√	√
使用電動玩 具(3.0V)					√		√	√
使用小收音 機(3.0V)					√		√	√

備註：「√」表示能使電器用品發揮功用

- 討論：1.正、負極的材料要配合適當的水溶液，才能產生最大的電壓。(石墨、鋅)的組合在醋、鹽酸和穩潔(廚房強效)中能產生較大的電壓。漂白水還是用(銅、鋁)產生的電壓較大，而且鋁片的周圍不會產生許多氣泡。
- 2.石墨和鋅的取得很不容易，必須拆開沒電的乾電池，而且當石墨棒連接金屬片時容易接觸不良。所以我們改用操作方便，容易取得的銅片和鋁片代替。
- 3.小燈泡和小馬達只要裝上 1 個乾電池(1.5V)就能使用，而自製水溶液電池的電壓雖然都超過 1.5V 卻不能使用。
- 4.計算機需要 3.0V 的電壓，卻比需要 1.5V 的 Call 機要容易啓動，可能是啓動 Call 機時會發出聲音或震動需要較多的電力。



照片 12：串聯 3 杯漂白水電池，就能使用 Call 機



照片 13：使用穩潔(廚房強效)，使鋁片冒出許多氣泡



照片 14：串聯 3 杯漂白水電池，就能使用電動玩具



照片 15：串聯 3 杯漂白水電池，就能使用小鬧鐘

六、結論

1. 將銅、鋁片直接插在水果上面使 LED 燈亮的做法雖然很簡單，但是需要串聯的數目較多，可能是水果中的纖維會影響電力。所以自製水溶液電池較適合的做法，是將銅鋁片接在小杯子的兩邊，再倒入水溶液。
2. 大部分濃的水溶液接上電路後，因為含有較多的電解質，所以導電性較好，可以使 LED 燈比較亮。但是糖水例外，LED 燈接在稀釋後的糖水反而比濃的糖水亮，而含糖濃度越高的飲料，不但不能使 LED 燈增加亮度，反而使亮度降低，甚至比連接在自來水中還差。
3. 蘋果、蕃茄、優格和醋的成分中，含有果酸、乳酸和醋酸，在金屬片放入後都能產生較大的電壓，使 LED 燈發亮。檸檬、葡萄柚和柳丁雖然嚐起來比較酸，產生的電壓卻比較小，LED 燈也比較不亮。
4. 在測試醋、漱口水、鹽酸和穩潔（廚房強效）時，發現銅片、鋁片會有腐蝕的現象，尤其是鋁片腐蝕的最嚴重。浸在漱口水、鹽酸和穩潔（廚房強效）中的鋁片周圍還會冒出許多氣泡。這些都是家中常用的溶液，聞起來卻會有一些刺鼻的氣味，使用時應該在通風的場所，並戴上手套操作比較安全。

5. 我們發現飽和的濃鹽水比檸檬汁的效果佳，而且檸檬汁會腐蝕小杯子；所以我們決定用濃鹽水來做其他的實驗。實驗結果發現：如果使用濃鹽水串聯的數目少於 4 杯，LED 燈就不會亮。
6. 用濃鹽水當水溶液使 LED 燈較亮的方法：(1) 濃度較高使導電性更佳 (2) 串聯數目較多、溫度較高 (3) 金屬片接觸水溶液的面積較大 (4) 選擇適合的正、負極材料組合。
7. 不同水溶液要選擇適合的正、負極材料，才能產生最佳的組合。(石墨、鋅)的組合在醋、鹽酸和穩潔(廚房強效)中能產生較大的電壓；漂白水正、負極的組合以(銅、鋁)產生的電壓最大。
8. 自製水溶液電池的電壓都超過 1.5V，卻不能使用小燈泡(1.5V)和小馬達(1.5V)。而計算機需要 3.0V，卻比 Call 機(1.5V)要容易啓動，可能是啓動 Call 機時會發出聲音或震動需要較多的電力。
9. 雖然漂白水 and 正、負極爲(銅、鋁)的組合，產生的電壓最大。只要串聯 3 杯就能使用 LED 燈、小鬧鐘、Call 機、計算機、電動玩具、小收音機，真是這次研究中的超級來電王；但是我們還想要研究：怎樣讓漂白水不會打翻，攜帶方便又安全的方法。

七、參考資料

教科書：

1. 自然與生活科技 91 年版 第三冊第四單元 燈泡亮了 牛頓出版社
2. 自然與生活科技 92 年版 第五冊第三單元 奇妙的水 牛頓出版社

相關網站：

1. 教育部學習加油站
http://content.edu.tw/junior/phy_chem/ty_lk/sir/content/cph8/c1001.htm
2. 科學小芽子 <http://www.bud.org.tw/answer/9912/991264.htm>

評語

080203 國小組化學科 佳作

超級來電王

以果汁等日常之用品來製備電池，實驗具趣味性。