

# 中華民國第 64 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 化學科

佳作

080206

硬幣會來電～揭開「硬幣電池」研究隱藏的秘密

學校名稱：臺南市南區新興國民小學

作者：  小六 林鈺綸  小五 陳紓懂	指導老師：  洪文正  程千芬
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：硬幣、蜜餞、LED 燈泡

## 摘要

網路搜尋到「一元電池」，因好奇而進行研究；歷屆科展作品皆採用一元硬幣來研究，但五十元硬幣才是最佳器材，最後除點亮 LED 燈、啟動電子鐘，更突破性點亮鎢絲燈泡，但仍無法使手機充電。

「一元電池」使手機充電影片，經驗證是偽造，但由影片找到實驗元件：硬幣、鋁箔紙、鹽水及硬幣連接方式；使用三用電表測量電流及電壓，需等數值穩定，才能獲得較客觀的結果。

酸酸鹹鹹冰梅肉充當電解液也算創舉；硬幣電池串聯，電流強度未增加太多，但電壓卻呈倍數成長；硬幣電池並聯，電流強度有增加趨勢，但電壓並無明顯差異；NaOH雖是最好的電解液，必須等未來實驗技巧成熟後，再進行後續研究。

實驗後，應將硬幣恢復原貌，落實實驗倫理，希望往後研究能注意落實。

### 壹、研究動機：

在五上翰林版自然科學第三單元「水溶液」單元，老師提到有些水溶液能夠導電；我舉手提到曾在網路查到：「香蕉能提供手機充電」的訊息，但老師提醒大家：「網路上有很多假訊息，不能完全相信。」經過網路查證，這真的是一則假訊息。

但同學說也曾在網路查到：「香蕉能提供手機充電確實是假訊息」，但又提到在查詢時，網路上也出現二則：「一元電池」的影片，裡面除了介紹器材、方法外，更詳細將過程顯現出來，我們也認為這可能是真的！

老師直接認為這也可能是假訊息，只是也被這個問題考倒了，他要我們上網或到圖書室查詢資料，並仔細多看幾次影片，畢竟影片可以剪接製作，當然也鼓勵我可以針對這個問題進行研究探討；我們果然找到影片真的有破綻，也經過不斷努力，再加上老師辛勤指導，最後，我們的研究終於有了一些成果。

### 貳、研究目的：

- 一、探討網路流傳影片的真偽並瞭解硬幣電池的構成元件。
- 二、探討各項物品對硬幣電池電流及電壓的影響。
- 三、探討蜜餞食品充當電解液對硬幣電池電流及電壓的影響。
- 四、探討硬幣電池電路連接方式對電流及電壓的影響。
- 五、探討硬幣電池使用於電器物品的可行性。

### 參、研究器材：

一元、五元、十元、五十元、食用醋、洗碗精、食鹽、玻棒、水、鋁箔紙、尺、剪刀、燒杯、三用電表、鱷魚夾、雲彩紙、報紙、塑膠片、綿紗布、牛皮紙、影印紙、面紙、厚紙板、餐巾紙、電子秤、塑膠杯、白砂糖、冰醋酸、檸檬酸、小蘇打、NaOH、水晶肥皂、手套、口罩、pH 值檢測器、紅芒果條、甘草金桔、冰梅肉、紫蘇梅、研鉢、LED 燈泡、小鎢絲燈泡、電線、手機、充電線

## 肆、文獻探討：

### 一、中央銀行硬幣成分：

新臺幣壹圓材質:銅 92、鎳 6、鋁 2 直徑:20 毫米 重量:3.8 公克

新臺幣伍圓材質:銅 75、鎳 25 直徑:22 毫米 重量:4.4 公克

新臺幣拾圓材質:銅 75、鎳 25 直徑:26 毫米 重量:7.5 公克

新臺幣伍拾圓材質:銅 92、鎳 2、鋁 6 直徑:28 毫米 重量:10 公克

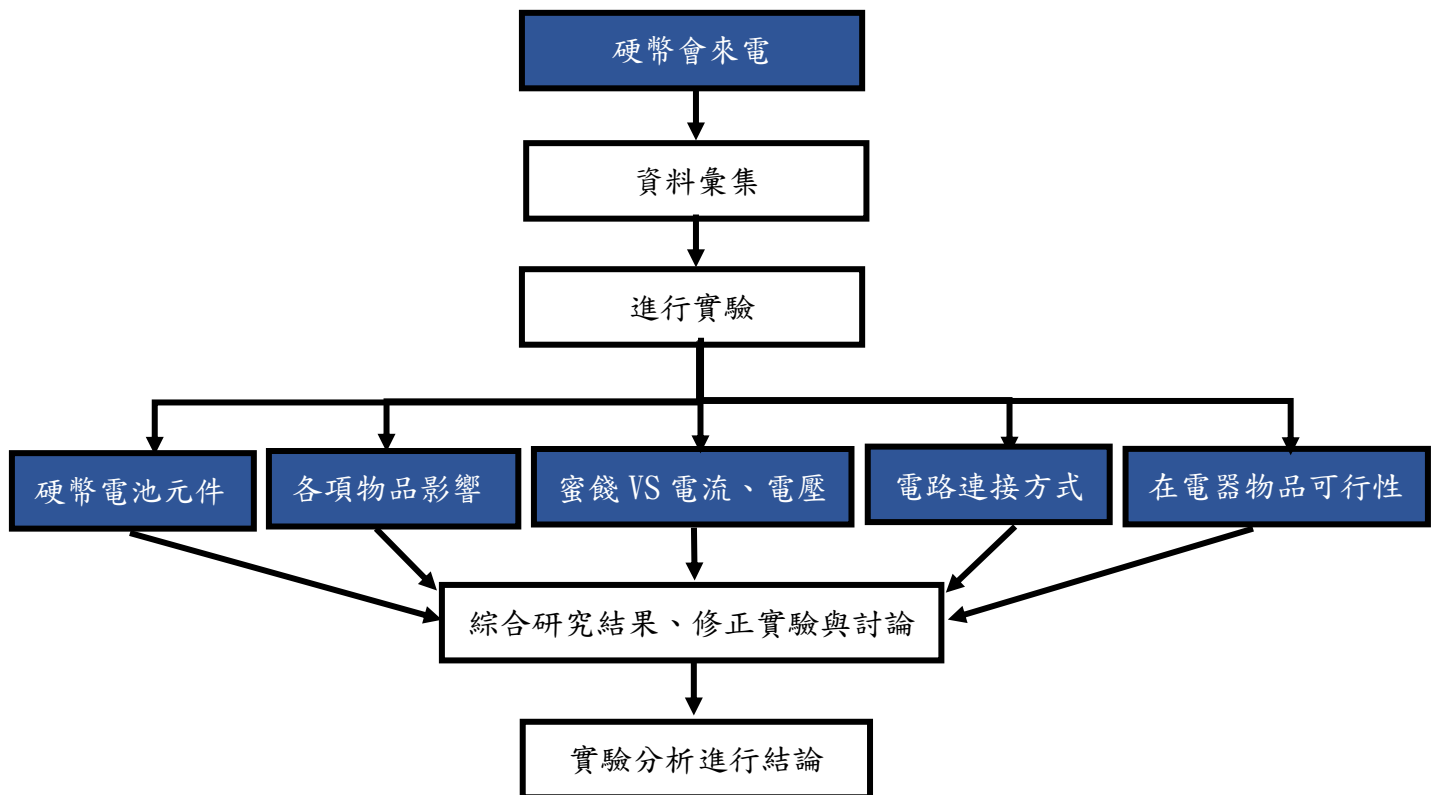
二、「Jeremy の小學生學堂」使用鋁箔紙、吸附鹽水的餐巾紙、一元硬幣，依序堆疊共 20 次的硬幣電池，最終可以使電子鐘通電，並點亮 LED 燈。

三、「一塊錢電池充電手機」採用鋁箔紙、吸附鹽水的厚紙片、一元硬幣，依序放置約 15 次硬幣至硬幣盒內，二個硬幣盒的硬幣電池並聯後，可以使手機充電。

四、第 49 屆國小組化學科「來電「漢堡」--環保電池」，內文採用一元硬幣和鋁箔紙分別當作電池的正負極。兩極之間隔著吸附蕃茄醬汁的紗布手帕，製造出串聯的硬幣電池，並點亮 LED 燈。

五、第 51 屆國小組化學科「環保來「電」禮—綠色環保電池」，內文仍採用一元硬幣、鋁箔紙、紗布手帕當作實驗器材。電解液採用市售飲料、校園植物萃取液，並提及參考歷屆科展已有不少相關研究，均以水果或果汁做為電解液，有不夠環保疑慮。

## 伍、研究流程架構圖：

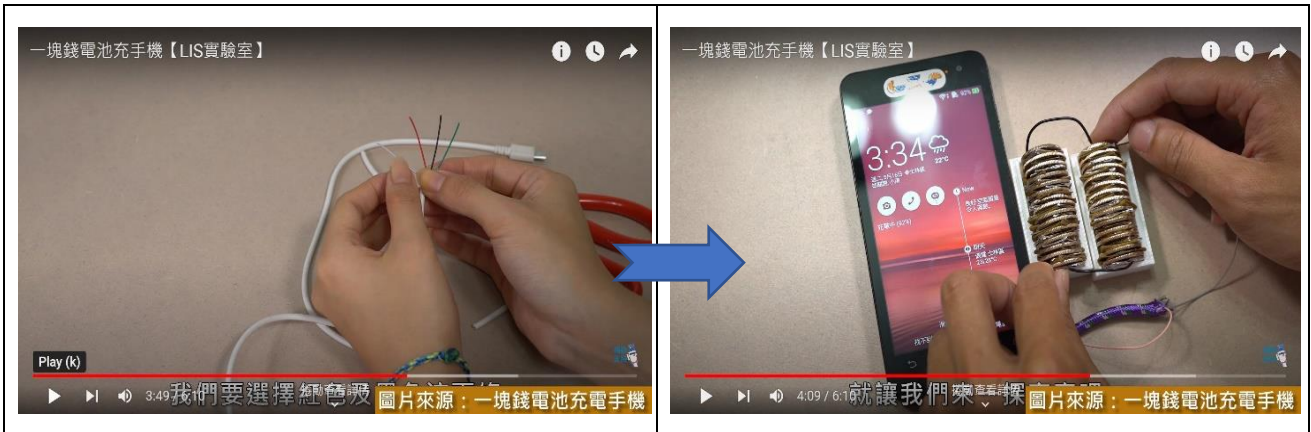


## 陸、研究過程：

### 一、探討「一元電池影片」的真偽。

過程：

- (一) 反覆觀看二則「一元電池」影片，比較影片異同並試圖找出影片不合理之處。
- (二) 上網查詢歷屆科學展覽相關作品。



示範用與實際操作使用的手機充電線不同

結果：

- (一) 由示範用與實際操作使用的手機充電線不同，使我們開始懷疑影片的真偽。
- (二) 二部「一元電池」影片相同之處：一元硬幣、鋁箔紙、鹽水能產生電源；相異之處：厚紙片 vs 餐巾紙、鹽水濃度、硬幣堆放方式、並聯 vs 串聯、手機充電 vs 電子鐘充電。
- (三) 歷屆科學展覽有許多相關作品，以水果電池研究居多，能使多種物品發電，如 LED、電子時鐘、3V 馬達…；僅有二件作品進行硬幣電池研究，其中一件提及能使 LED 發亮，另一件則完全未使用電子產品進行測試。

討論：

- (一) 為了使播放流暢，影片剪輯是很正常的事，只是前後使用的手機充電線不同，所以影片可能有造假嫌疑。
- (二) 科展相關的硬幣電池研究作品，只使用用電量最小的 LED 測試，是否因硬幣電池的發電量不足？這也是我們質疑的地方。
- (三) 一元與五十元硬幣材質成分差異不大，我們認為五十元硬幣面積大，可能產生較強電流。但所有硬幣電池多採用直徑最小的一元硬幣，這有待進一步探討。

### 二、探討一元、五元、十元、五十元硬幣，何者最適合用在硬幣電池的正極？

過程：

- (一) 一元、五元、十元和五十元硬幣放入食用醋裡浸泡五天，取出後使用洗碗精及清水沖洗乾淨並擦乾，再將外表乾淨、光亮硬幣選出，充當硬幣電池正極。
- (二) 鋁箔紙剪成長 12 cm、寬 6 cm 的長方形，再對折成邊長 6 cm 正方形的鋁箔紙，充當硬幣電池負極備用。
- (三) 將邊長 3 cm 正方形的影印紙浸入濃度 20% 的食鹽水溶液中，二極之間就隔著浸濕鹽水的影印紙。

(四) 鋁箔紙、影印紙、硬幣依序排列組成硬幣電池後，使用三用電表分別測量記錄硬幣電池的電流、電壓，最後由電壓×電流算出電功率。

(五) 每項實驗進行五次，挑選最接近的三次求取平均值。



結果：

表 1. 不同硬幣類型之通電量值分析表

一元硬幣	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.81	0.71	0.51	0.68
電流 (mA)	0.38	0.45	0.62	0.48
電功率 (mW)	0.3078	0.3195	0.3162	0.3145
五元硬幣	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.58	0.52	0.58	0.56
電流 (mA)	0.44	0.46	0.43	0.44
電功率 (mW)	0.2552	0.2392	0.2494	0.2479
十元硬幣	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.58	0.76	0.82	0.72
電流 (mA)	0.22	0.34	0.46	0.34
電功率 (mW)	0.1276	0.2584	0.3772	0.2544
五十元硬幣	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.54	0.79	0.76	0.70
電流 (mA)	0.65	0.66	0.64	0.65
電功率 (mW)	0.3510	0.5214	0.4864	0.4529

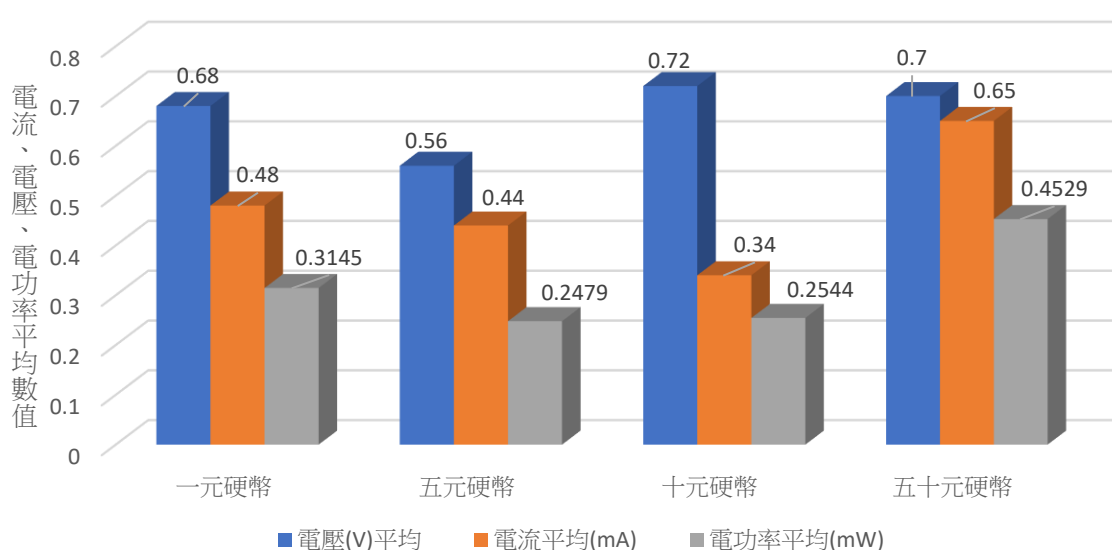


圖 1. 不同硬幣類型之通電量值分析圖

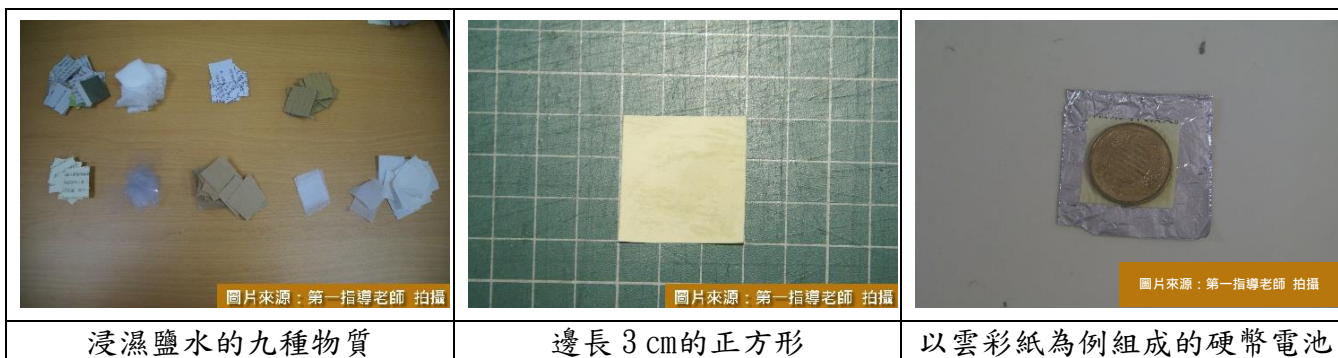
討論：

- (一) 電功率平均值由大到小依序為五十元、一元、十元、五元硬幣；五十元硬幣電功率平均值最大，但文獻資料及影片皆是使用一元硬幣，我們覺得有點奇怪。
- (二) 使用三用電表測量硬幣電池時，很快就能測得電流強度；而電壓數值卻不斷跳動，往往需要數十秒才能測得。
- (三) 由文獻得知「目前中央銀行發行的一元及五十元硬幣裡的銅含量皆是 92%，加上五十元硬幣面積大，因而產生較強的電流」，顯示我們的推測正確。
- (四) 根據實驗結果，我們使用五十元硬幣當作硬幣電池的正極；只是五十元面額大，老師到臺灣銀行用 2000 元也只換到 40 個五十元新硬幣。

### 三、探討二極之間隔著最適合吸附鹽水的材料是哪一種？

過程：

- (一) 五十元硬幣充當硬幣電池正極。
- (二) 鋁箔紙剪成長 12 cm、寬 6 cm 的長方形，再對折成邊長 6 cm 正方形的鋁箔紙，充當硬幣電池負極備用。
- (三) 將邊長 3 cm 正方形的九種材料（如結果所示）浸入濃度 20% 的食鹽水溶液中，二極之間就分別隔著浸濕鹽水的材料。
- (四) 組成硬幣電池後，使用三用電表分別測量記錄硬幣電池的電流、電壓，最後由電壓×電流算出電功率，每項實驗進行五次，挑選最接近的三次求取平均值。



浸濕鹽水的九種物質

邊長 3 cm 的正方形

以雲彩紙為例組成的硬幣電池

結果：

表 2. 二極之間不同材料吸附鹽水之通電量值分析表

雲彩紙	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.51	0.53	0.63	0.56
電流 (mA)	0.42	0.55	0.46	0.48
電功率 (mW)	0.2142	0.2915	0.2898	0.2652
報紙	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.53	0.51	0.51	0.52
電流 (mA)	0.46	0.32	0.33	0.37
電功率 (mW)	0.2438	0.1632	0.1683	0.1918
塑膠片	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0	0	0	0
電流 (mA)	0	0	0	0
電功率 (mW)	0	0	0	0

綿紗布	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.50	0.48	0.70	0.56
電流 (mA)	0.52	0.43	0.35	0.43
電功率 (mW)	0.2600	0.2064	0.2450	0.2371
牛皮紙	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.53	0.56	0.53	0.54
電流 (mA)	0.55	0.54	0.58	0.56
電功率 (mW)	0.2915	0.3024	0.3074	0.3004
影印紙	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.48	0.52	0.54	0.51
電流 (mA)	0.64	0.42	0.62	0.56
電功率 (mW)	0.3702	0.2184	0.3348	0.3078
面紙	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.51	0.49	0.49	0.50
電流 (mA)	0.64	0.47	0.62	0.58
電功率 (mW)	0.3264	0.2303	0.3038	0.2868
厚紙板	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.58	0.52	0.50	0.53
電流 (mA)	0.42	0.34	0.32	0.36
電功率 (mW)	0.2436	0.1768	0.1600	0.1935
餐巾紙	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.54	0.52	0.51	0.52
電流 (mA)	0.52	0.71	0.65	0.63
電功率 (mW)	0.2808	0.3692	0.3315	0.3272

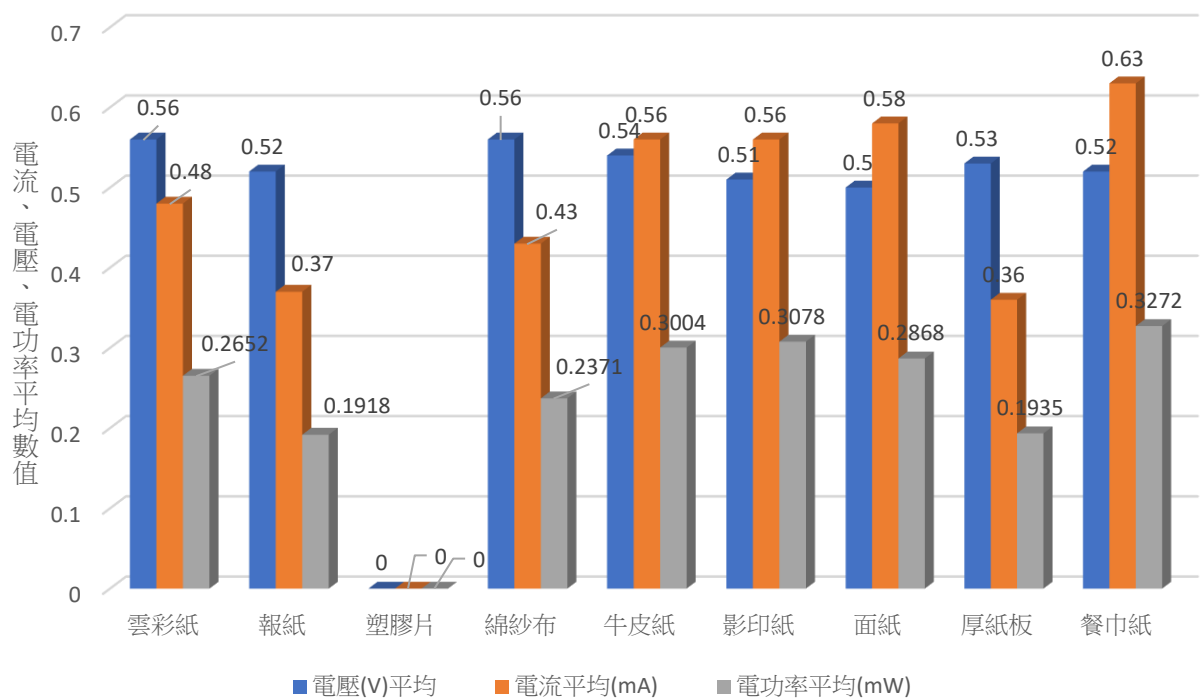


圖2.二極之間不同材料吸附鹽水之通電量值分析圖

討論：

- (一) 完全沒有吸附鹽水能力的塑膠片，其電壓、電流、電功率皆為 0，這也表示二極之間隔著的材料必須具備吸附鹽水電解液能力。
- (二) 其餘八種材料都具備吸附鹽水能力，使硬幣電池能夠產生功能；它們產生的電壓皆在 0.50~0.56 之間，差異並不大，但餐巾紙產生較大的電流，使得電功率高於其它材料，因此採用餐巾紙進行後續各項實驗。
- (三) 二部影片在二極之間隔著的材料都使用厚紙板，科展作品則分別使用牛皮紙、手帕；我們則選用電功率最大餐巾紙。

#### 四、探討哪一種面積的鋁箔紙適合用在硬幣電池的負極？

過程：

- (一) 五十元硬幣充當硬幣電池正極。
- (二) 鋁箔紙剪成不同大小的長方形，再對折成邊長 4、5、6、7 cm 正方形的鋁箔紙，充當硬幣電池負極備用。
- (三) 將邊長 3 cm 正方形的餐巾紙浸入濃度 20% 的食鹽水溶液中。
- (四) 鋁箔紙、餐巾紙、硬幣依序排列組成硬幣電池後，使用三用電表分別測量記錄硬幣電池的電流、電壓，最後由電壓×電流算出電功率。
- (五) 每項實驗進行五次，挑選最接近的三次求取平均值。



不同大小的正方形鋁箔紙

邊長 4 cm 正方形鋁箔紙的測試

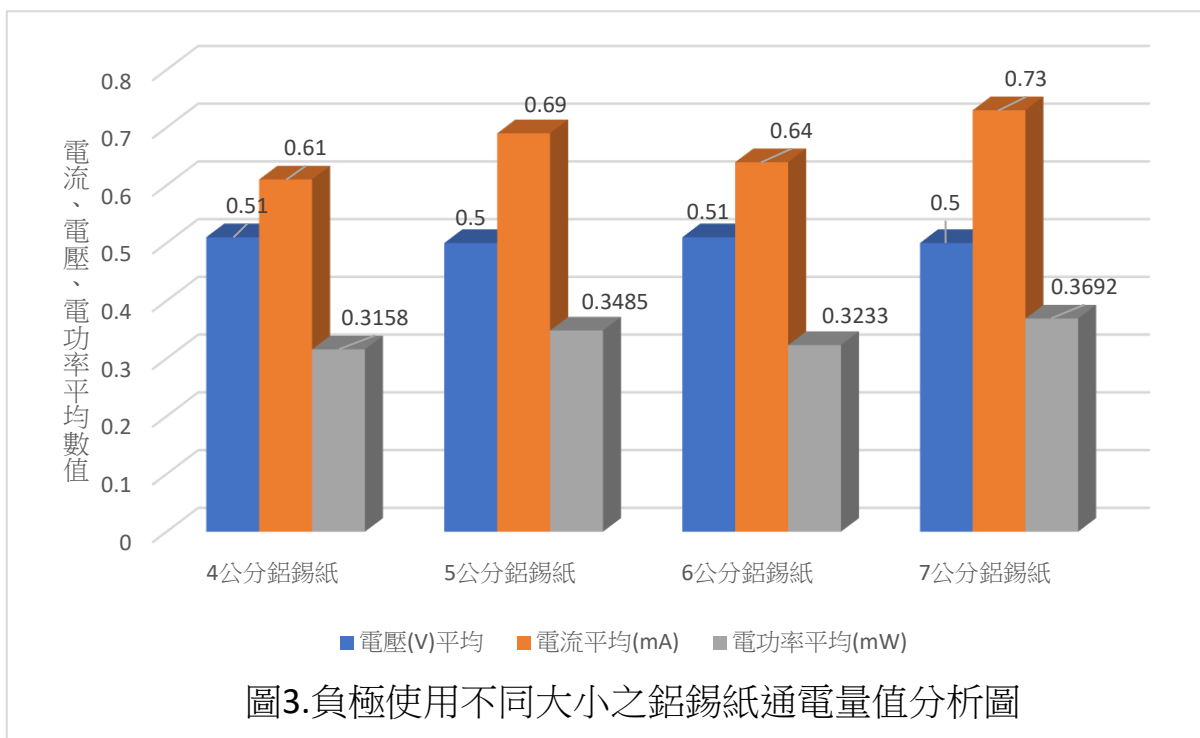
邊長 5 cm 正方形鋁箔紙的電壓

結果：

表 3. 負極使用不同大小之鋁錫紙通電量值分析表

4 cm 鋁箔紙	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.52	0.51	0.50	0.51
電流 (mA)	0.53	0.69	0.64	0.61
電功率 (mW)	0.2756	0.3519	0.3200	0.3158
5 cm 鋁箔紙	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.51	0.51	0.49	0.50
電流 (mA)	0.72	0.59	0.77	0.69
電功率 (mW)	0.3672	0.3009	0.3773	0.3485
6 cm 鋁箔紙	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.51	0.51	0.50	0.51
電流 (mA)	0.70	0.79	0.42	0.64
電功率 (mW)	0.3570	0.4029	0.2100	0.3233
7 cm 鋁箔紙	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.52	0.51	0.48	0.50
電流 (mA)	0.75	0.72	0.73	0.73
電功率 (mW)	0.3900	0.3672	0.3504	0.3692





討論：

- (一) 影片及相關作品只要是研究硬幣電池，都是將鋁箔紙當成負極，因為鋁箔紙具有容易裁切、擺放平整、節省空間…的優點。
- (二) 對折成邊長 4、5、6、7 cm 正方形的鋁箔紙，在硬幣電池測得電壓相差很小；但面積越大的鋁箔紙，產生電流似乎有越大的趨勢，只是沒有絕對的規律性。
- (三) 鋁箔紙屬於一次性物品，為避免物資浪費，又考量容易裁切、擺放平整、節省空間等因素，我們選用邊長 5 cm 正方形的鋁箔紙進行後續研究。

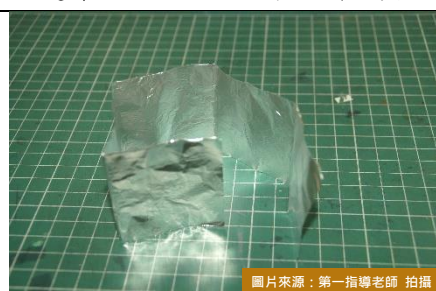
### 五、探討哪一種厚薄的鋁箔紙適合用在硬幣電池的負極？

過程：

- (一) 五十元硬幣充當硬幣電池正極。
- (二) 鋁箔紙剪成不同大小的長方形，再分別折成邊長 5 cm 正方形的鋁箔紙，鋁箔紙厚度各為 1、2、3、4、5 層，充當硬幣電池負極備用。
- (三) 將邊長 3 cm 正方形的餐巾紙浸入濃度 20% 的食鹽水溶液中。
- (四) 不同厚度鋁箔紙、餐巾紙、硬幣依序排列組成硬幣電池後，使用三用電表分別測量記錄硬幣電池的電流、電壓，最後由電壓×電流算出電功率。
- (五) 每項實驗進行五次，挑選最接近的三次求取平均值。



不同長度的長方形鋁箔紙



邊長 5 cm 的 5 層正方形鋁箔紙



不同厚度的 5 cm 正方形鋁箔紙

結果：

表 4. 負極使用不同厚度之鋁錫紙通電量值分析表

1 層鋁箔紙	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.47	0.50	0.50	0.49
電流 (mA)	0.64	0.42	0.47	0.51
電功率 (mW)	0.3008	0.2100	0.2350	0.2486
2 層鋁箔紙	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.49	0.51	0.51	0.50
電流 (mA)	0.72	0.81	0.58	0.70
電功率 (mW)	0.3528	0.4131	0.2958	0.3539
3 層鋁箔紙	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.50	0.50	0.50	0.50
電流 (mA)	0.47	0.55	0.77	0.60
電功率 (mW)	0.2350	0.2750	0.3850	0.2980
4 層鋁箔紙	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.48	0.51	0.53	0.51
電流 (mA)	0.56	0.52	0.56	0.55
電功率 (mW)	0.2688	0.2652	0.2968	0.2769
5 層鋁箔紙	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.53	0.54	0.49	0.52
電流 (mA)	0.49	0.49	0.52	0.50
電功率 (mW)	0.2599	0.2646	0.2548	0.2598

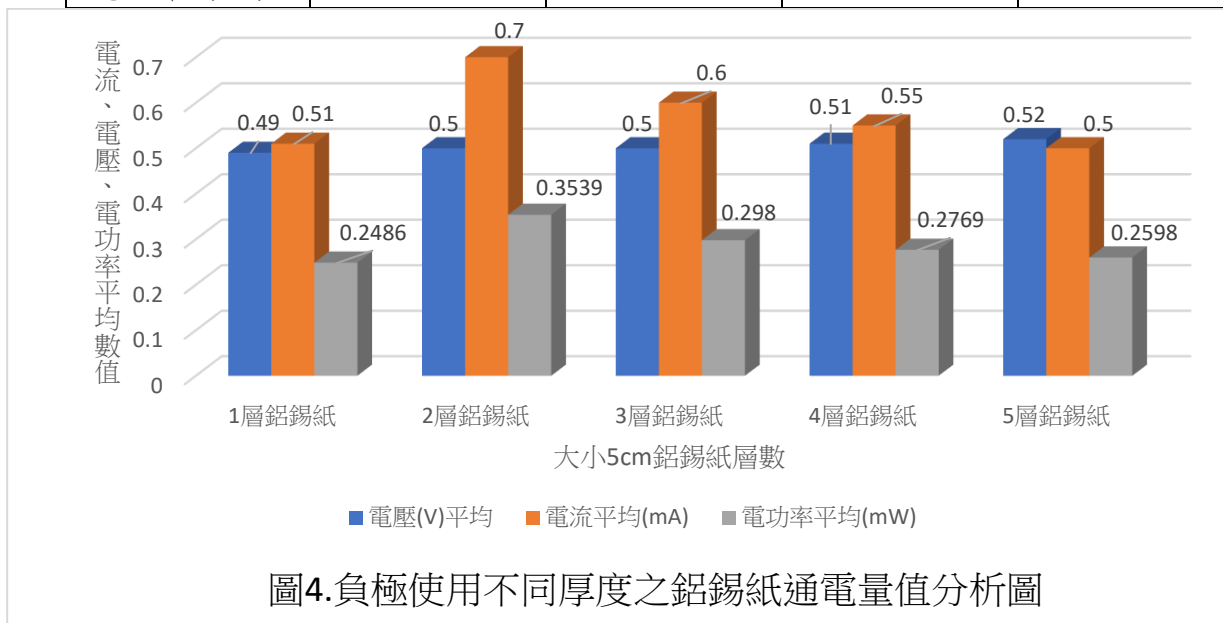


圖4.負極使用不同厚度之鋁錫紙通電量值分析圖

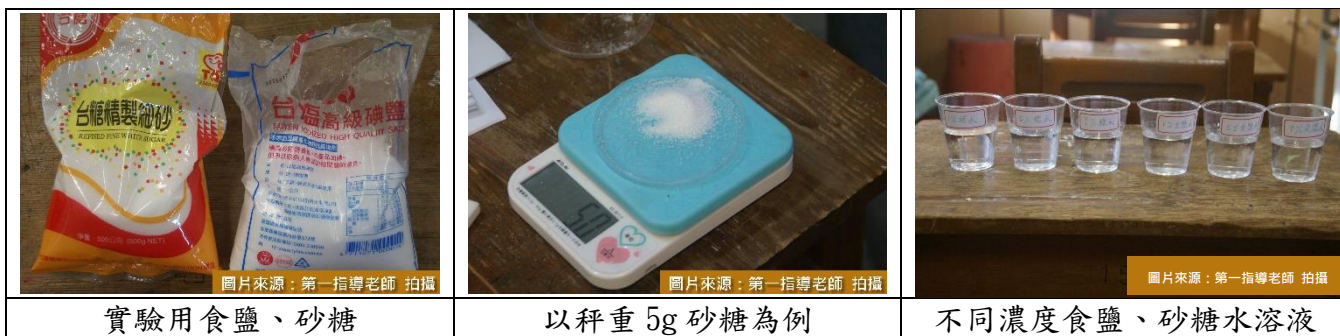
討論：

- (一) 不同厚薄的 5 cm 正方形的鋁箔紙，在硬幣電池測得電壓及電流相差不多，因此鋁箔紙厚薄對與硬幣電池的反應，並沒有太大的影響。
- (二) 只是 2 層的 5 cm 正方形鋁箔紙測得電流稍大，換算成電功率也最大，後續研究就採用 2 層的 5 cm 正方形鋁箔紙，也比較能減少鋁箔紙的用量。
- (三) 硬幣電池中，鋁箔紙面積、厚薄測得電壓、電流差異並不大；我們雖選擇 2 層的 5 cm 正方形鋁箔紙，但後續研究可依實際需要，滾動式調整鋁箔紙面積、厚度。

## 六、探討哪一種重量百分濃度的食鹽水及糖水電解液最適合用在硬幣電池？

過程：

- (一) 五十元硬幣充當硬幣電池正極，2層邊長5 cm正方形鋁箔紙充當硬幣電池負極。
- (二) 調製濃度分別為1%、5%、9%食鹽水及糖水溶液，分別充當電解液。
- (三) 將邊長3 cm正方形的餐巾紙浸入不同濃度的食鹽水及糖水溶液中。
- (四) 鋁箔紙、餐巾紙、硬幣依序排列組成硬幣電池後，使用三用電表分別測量記錄硬幣電池的電流、電壓，最後由電壓×電流算出電功率。
- (五) 每項實驗進行五次，挑選最接近的三次求取平均值。



實驗用食鹽、砂糖

以秤重 5g 砂糖為例

不同濃度食鹽、砂糖水溶液

結果： 表 5. 不同濃度中性電解液之電量值分析表

1%食鹽水	N01	N02	N03	平均	1%糖水	N01	N02	N03	平均
電壓 V	0.51	0.54	0.54	0.53	電壓 V	0.75	0.75	0.60	0.70
電流 mA	0.16	0.14	0.36	0.22	電流 mA	0.02	0.01	0.01	0.01
電功率 mW	0.0816	0.0756	0.1944	0.1172	電功率 mW	0.0150	0.0075	0.0060	0.0095
5%食鹽水	N01	N02	N03	平均	5%糖水	N01	N02	N03	平均
電壓 V	0.49	0.50	0.48	0.49	電壓 V	0.60	0.71	0.60	0.64
電流 mA	0.26	0.35	0.44	0.35	電流 mA	0.01	0.01	0.01	0.01
電功率 mW	0.1274	0.1750	0.2122	0.1715	電功率 mW	0.0060	0.0071	0.0060	0.0063
9%食鹽水	N01	N02	N03	平均	9%糖水	N01	N02	N03	平均
電壓 V	0.48	0.50	0.46	0.48	電壓 V	0.69	0.65	0.61	0.65
電流 mA	0.69	0.77	0.52	0.66	電流 mA	0.01	0.00	0.01	0.01
電功率 mW	0.3312	0.3850	0.2392	0.3185	電功率 mW	0.0069	0.0000	0.0061	0.0043

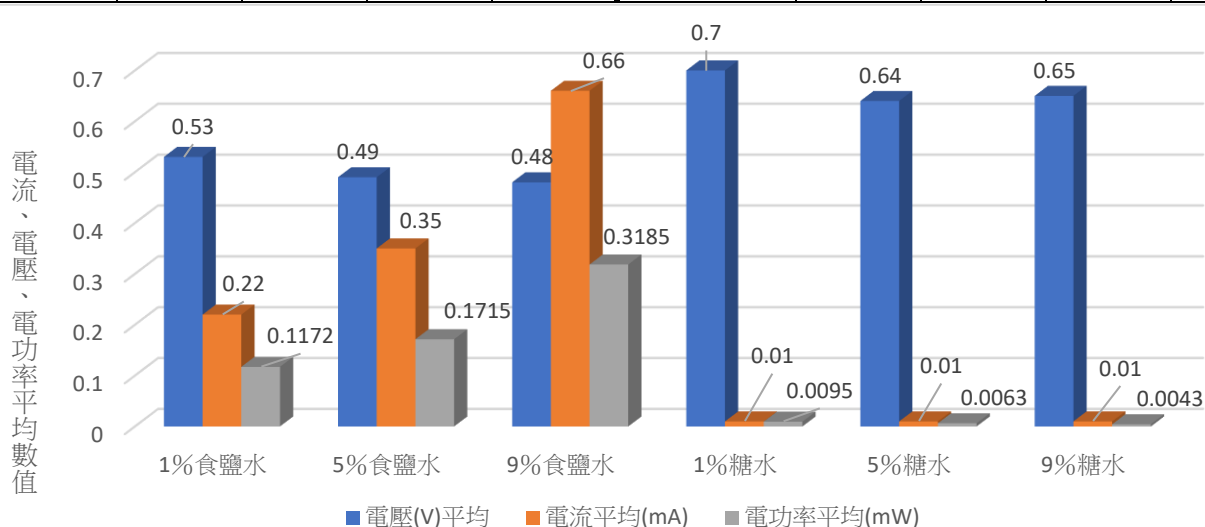


圖5.不同濃度中性電解液之電量值分析圖

討論：

- (一) 上自然課得知食鹽水及糖水皆屬於中性溶液，但二者的導電性卻大不相同，食鹽水要比糖水更為適合用來充當硬幣電池的電解液。
- (二) 前面經過幾次實驗發現，原先使用濃度 20% 濃度太高的食鹽水，會導致擦拭後的實驗桌面、裝食鹽水的燒杯杯壁，在第二天會出現一顆顆的小鹽粒，而實驗用的五十元硬幣表面也很快就變黑。
- (三) 使用不同濃度的食鹽水溶液當電解液，硬幣電池測得電壓數值很接近；但食鹽水的濃度越高，測得電流越大，換算成電功率也越大；只是濃度 9% 食鹽水與 20% 的食鹽水效果差異不大，由此可知濃度要適中，否則也是浪費食鹽。

### 七、探討不同重量百分濃度的酸性電解液是否適合用在硬幣電池？

過程：

- (一) 五十元硬幣充當硬幣電池正極，2 層邊長 5 cm 正方形鋁箔紙充當硬幣電池負極。
- (二) 調製濃度分別為 1%、5%、10% 的檸檬酸及硼酸水溶液充當硬幣電池的電解液，並使用 pH 值檢測器測量 pH 值。
- (三) 將邊長 3 cm 正方形的餐巾紙浸入不同濃度的檸檬酸及硼酸水溶液中。
- (四) 鋁箔紙、餐巾紙、硬幣依序排列組成硬幣電池後，使用三用電表分別測量記錄硬幣電池的電流、電壓，最後由電壓×電流算出電功率。
- (五) 每項實驗進行五次，挑選最接近的三次求取平均值。



實驗用硼酸、檸檬酸

不同濃度檸檬酸水溶液

測量 5% 檸檬酸水溶液 pH 值

結果：

表 6. 不同濃度酸性電解液之電量值分析表

1% 檸檬酸 pH 值 1.9	N01	N02	N03	平均	1% 硼酸 pH 值 6.4	N01	N02	N03	平均
電壓 V	0.49	0.50	0.47	0.49	電壓 V	0.51	0.57	0.60	0.56
電流 mA	0.55	0.49	0.64	0.56	電流 mA	0.10	0.18	0.04	0.11
電功率 mW	0.2695	0.2450	0.3008	0.2718	電功率 mW	0.0510	0.1026	0.024	0.0592
5% 檸檬酸 pH 值 1.5	N01	N02	N03	平均	5% 硼酸 pH 值 4.1	N01	N02	N03	平均
電壓 V	0.46	0.48	0.56	0.50	電壓 V	0.64	0.56	0.55	0.58
電流 mA	0.46	0.43	0.60	0.50	電流 mA	0.17	0.27	0.18	0.21
電功率 mW	0.2116	0.2064	0.3360	0.2513	電功率 mW	0.1088	0.1512	0.0990	0.1197
10% 檸檬酸 pH 值 1.3	N01	N02	N03	平均	10% 硼酸 pH 值 3.7	N01	N02	N03	平均
電壓 V	0.64	0.55	0.63	0.61	電壓 V	0.68	0.60	0.50	0.59
電流 mA	0.32	0.58	0.38	0.43	電流 mA	0.18	0.16	0.12	0.15
電功率 mW	0.2048	0.3190	0.2394	0.2544	電功率 mW	0.1224	0.0960	0.0600	0.0928

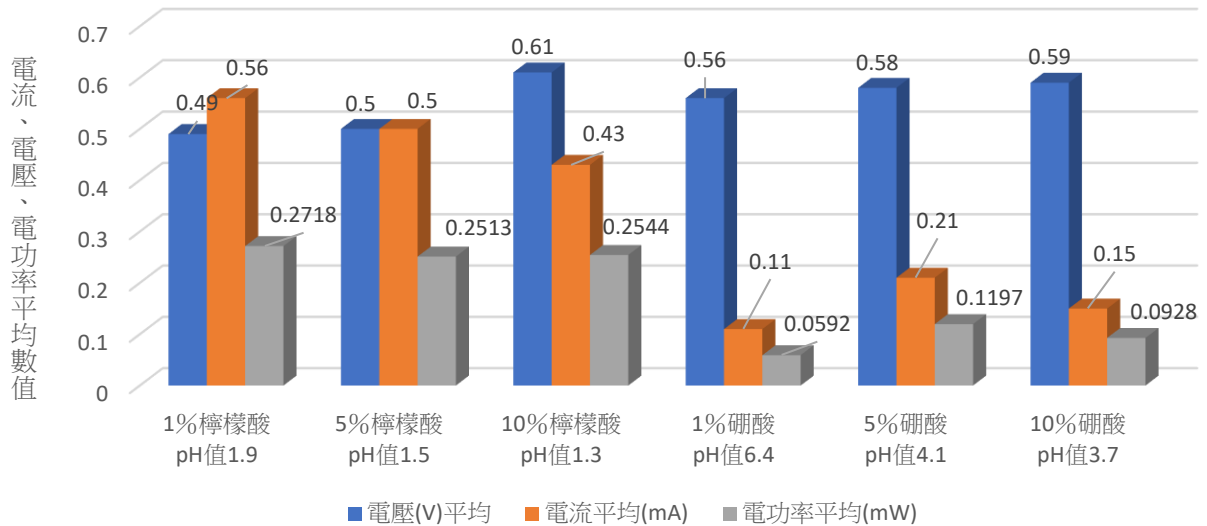


圖6.不同濃度酸性電解液之電量值分析圖

討論：

- (一) 不同濃度檸檬酸水溶液當電解液，硬幣電池測得電功率數值很接近；而檸檬酸水溶液濃度越高，並沒有測得較大電壓及較強電流的規律性。
- (二) 濃度過高的檸檬酸水溶液，是否會因而影響電流移動，使測得電流反而變小，導致電功率也隨之受到影響；畢竟我們所學還不足，這是我們目前還無法理解的。
- (三) 不同濃度的硼酸水溶液當電解液，硬幣電池測得電壓數值很接近；只是硼酸水溶液比檸檬酸測得電流明顯降低，導致電功率數值也隨之下降。
- (四) 不同濃度的酸性水溶液當電解液，硬幣電池測得電壓差異不大，但電流數值卻明顯與濃度 9% 食鹽水有所差異。

#### 八、探討不同重量百分濃度的鹼性電解液是否適合用在硬幣電池？

過程：

- (一) 五十元硬幣充當硬幣電池正極，2 層邊長 5 cm 正方形鋁箔紙充當硬幣電池負極。
- (二) 調製濃度分別為 1%、5%、10% 的小蘇打及 NaOH 水溶液充當硬幣電池的電解液，並使用 pH 值檢測器測量 pH 值。
- (三) 將邊長 3 cm 正方形的餐巾紙浸入不同濃度的小蘇打及 NaOH 水溶液中。
- (四) 鋁箔紙、餐巾紙、硬幣依序排列組成硬幣電池後，使用三用電表分別測量記錄硬幣電池的電流、電壓，最後由電壓×電流算出電功率。
- (五) 每項實驗進行五次，挑選最接近的三次求取平均值。



實驗用小蘇打、NaOH

不同濃度 NaOH 水溶液

測量 10%NaOH 水溶液 pH 值

結果：

表 7. 不同濃度鹼性電解液之電量值分析表

1%小蘇打 pH 值 8.1	N01	N02	N03	平均	1% NaOH pH 值 13.4	N01	N02	N03	平均
電壓 V	0.42	0.41	0.35	0.39	電壓 V	1.30	1.24	1.24	1.26
電流 mA	0.01	0.00	0.00	0.00	電流 mA	15.79	16.55	15.29	15.88
電功率 mW	0.0042	0.0000	0.0000	0.0014	電功率 mW	20.5270	20.5220	18.9596	20.0029
5%小蘇打 pH 值 8.2	N01	N02	N03	平均	5% NaOH pH 值 14.2	N01	N02	N03	平均
電壓 V	0.68	0.42	0.53	0.54	電壓 V	1.26	1.16	1.28	1.23
電流 mA	0.00	0.00	0.01	0.00	電流 mA	20.80	21.40	23.20	21.80
電功率 mW	0.0000	0.0000	0.0053	0.0018	電功率 mW	26.2080	24.8240	29.6960	26.9093
10%小蘇打 pH 值 8.4	N01	N02	N03	平均	10% NaOH pH 值 14.4	N01	N02	N03	平均
電壓 V	0.78	0.76	0.77	0.77	電壓 V	1.19	1.19	1.07	1.15
電流 mA	0.01	0.01	0.01	0.01	電流 mA	15.71	13.72	14.14	14.52
電功率 mW	0.0078	0.0076	0.0077	0.0077	電功率 mW	18.6949	16.3268	15.1298	16.7172

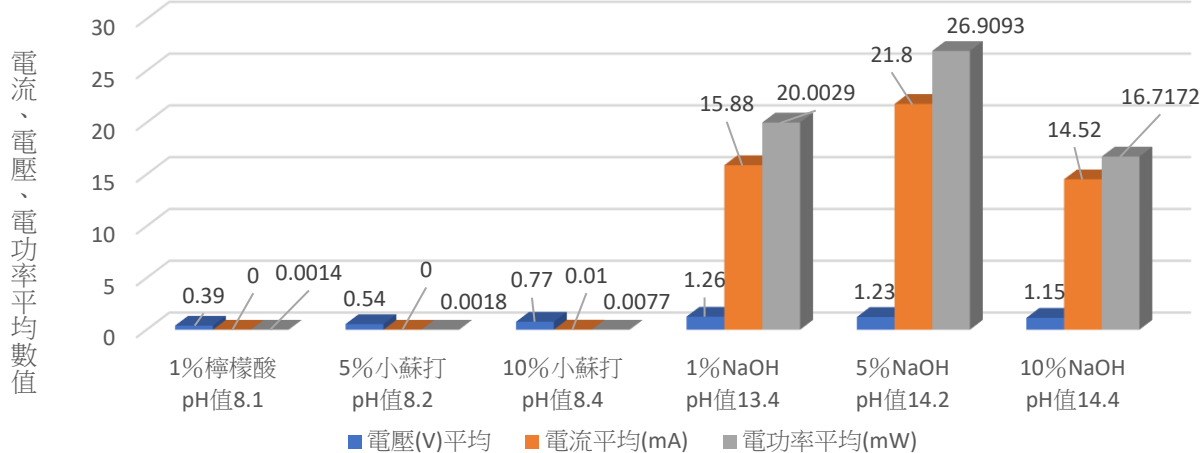


圖 7. 不同濃度鹼性電解液之電量值分析圖

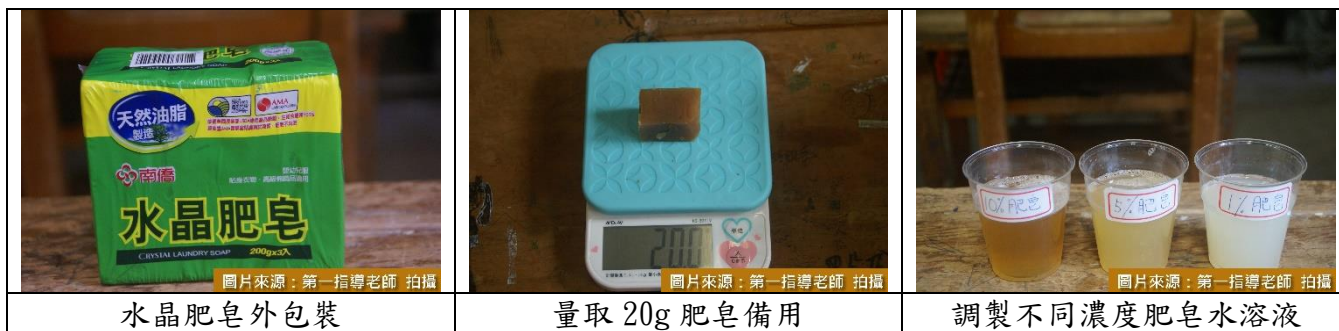
討論：

- (一) 調製的小蘇打水溶液屬於弱鹼性，用來當電解液，幾乎測不到電流，即使濃度越高，硬幣電池測得電壓越大，但電壓及電流是相輔相成，因而導致小蘇打水溶液的電功率數值幾乎呈現 0 的狀態。
- (二) 老師提到 NaOH 水溶液並不適合小學生用來當成實驗用品，調製 NaOH 水溶液由老師代勞，進行實驗更須戴上口罩及手套，以免造成身體的傷害。
- (三) NaOH 水溶液屬於強鹼性，不同濃度 NaOH 水溶液當電解液，硬幣電池測得電壓、電流並沒有規律性；但與前面的實驗，電壓及電流數值大幅增加 3~4 倍；致使電功率數值呈現大幅度增加，實驗至此，NaOH 水溶液應該是效果最好的電解液。
- (四) 當我們興沖沖想使用效果最佳的 5%NaOH 水溶液進行後續研究，卻遭到老師阻止，因為垃圾桶內沾濕 NaOH 水溶液的餐巾紙及鋁箔紙正冒著煙，老師認為我們實驗技巧還不夠成熟，建議我們先找含有 NaOH 的物品來試試看。
- (五) 我們在網站搜尋 NaOH 資料，找到了水晶肥皂，於是買來試試看。

## 九、探討使用不同重量百分濃度的水晶肥皂充當成電解液是否適合用在硬幣電池？

過程：

- (一) 五十元硬幣充當硬幣電池正極，2層邊長5 cm正方形鋁箔紙充當硬幣電池負極。
- (二) 調製濃度分別為1%、5%、10%肥皂水溶液，充當硬幣電池的電解液，並使用pH值檢測器測量pH值。
- (三) 將邊長3 cm正方形的餐巾紙浸入不同濃度肥皂水溶液中。



結果：

- (一) 表 8. 不同濃度肥皂水溶液 pH 值：

1%肥皂水溶液	5%肥皂水溶液	10%肥皂水溶液
pH 值 10.2	pH 值 10.6	pH 值 10.9

- (二) 水晶肥皂是使用椰子物油加上 NaOH 及香茅油製造而成，成分比較單純，但能夠用來手洗衣物，算是一種相對安全的實驗用品。
- (三) 調製的肥皂水溶液皆呈現膠水般的濃稠狀，將餐巾紙浸入，僅上下二層沾上溶液，中間幾層餐巾紙乾乾的，黏稠肥皂水溶液幾乎無法滲入餐巾紙裡層。
- (四) 肥皂水溶液當成電解液，使用三用電表進行測試，電壓、電流忽高忽低，甚至直接歸零，無法測得實際的電壓、電流。

討論：

- (一) 不同濃度的肥皂水溶液在靜置 1 天後，全都結成塊狀，只能拿來洗滌清潔用，無法進行後續實驗。
- (二) 肥皂雖然也屬於強鹼性，但肥皂在製作過程中，內含的 NaOH 與油脂產生皂化反應而形成脂肪酸鈉，因此無法取代 NaOH 在硬幣電池上使用。
- (三) 此時老師提議我們採用其他方法先進行後續研究，綜合前面實驗結果，酸及鹼的物品充當電解液皆可使硬幣電池發電應，因此可由食品著手，最後我們找到又酸又鹹的蜜餞來進行後續實驗。

## 十、探討不同的蜜餞食品充當成電解液是否適合用在硬幣電池？

過程：

- (一) 五十元硬幣充當硬幣電池正極，2層邊長5 cm正方形鋁箔紙充當硬幣電池負極。
- (二) 在 4 個燒杯分別倒入 200 cc 水，再分別加入搗爛的紅芒果條、甘草金桔、冰梅肉、紫蘇梅各 10g，攪拌混合後，充當硬幣電池的電解液。
- (三) 將邊長 3 cm 正方形的餐巾紙浸入不同蜜餞水溶液中。
- (四) 鋁箔紙、餐巾紙、硬幣依序排列組成硬幣電池後，使用三用電表分別測量記錄硬幣電池的電流、電壓，最後由電壓×電流算出電功率。

(五) 每項實驗進行五次，挑選最接近的三次求取平均值。



結果： 表 9. 不同蜜餞食品當電解液之電量值分析表

紅芒果條 pH 值 4.0	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.52	0.49	0.49	0.50
電流 (mA)	0.28	0.27	0.24	0.26
電功率 (mW)	0.1456	0.1323	0.1176	0.1318
甘草金桔 pH 值 3.9	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.54	0.54	0.52	0.53
電流 (mA)	0.22	0.21	0.23	0.22
電功率 (mW)	0.1188	0.1134	0.1196	0.1173
冰梅肉 pH 值 3.1	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.53	0.51	0.56	0.53
電流 (mA)	0.32	0.31	0.31	0.31
電功率 (mW)	0.1696	0.1581	0.1736	0.1671
紫蘇梅 pH 值 4.9	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.53	0.51	0.47	0.50
電流 (mA)	0.20	0.21	0.24	0.22
電功率 (mW)	0.1060	0.1071	0.1128	0.1086

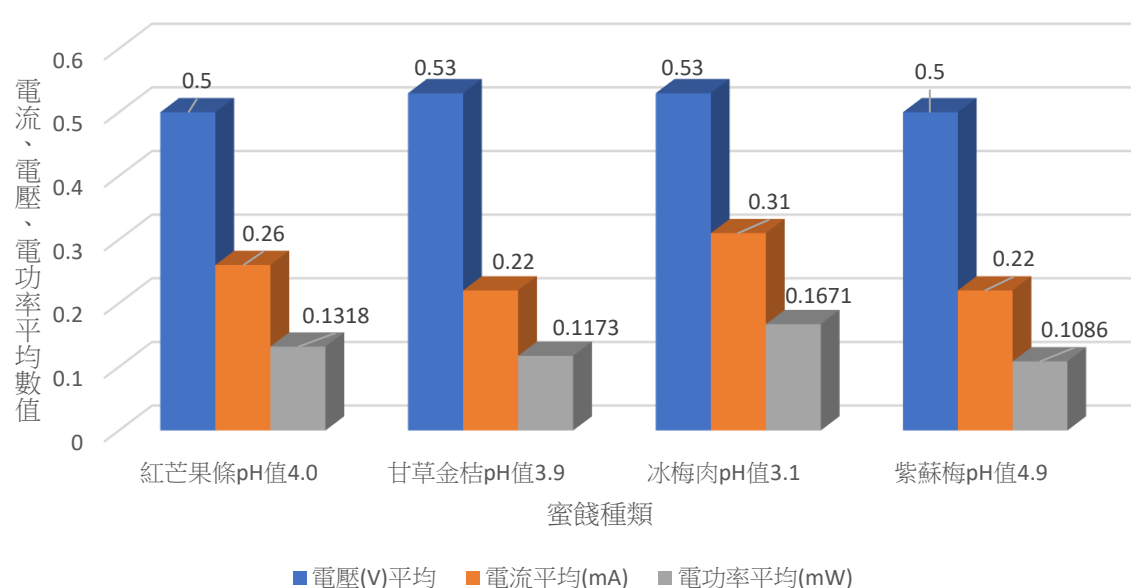


圖 8. 不同蜜餞食品當電解液之電量值分析圖



討論：

- (一) 這四種蜜餞吃起起都是酸酸鹹鹹的，也有一點甜味，主要內含物標示除了水果以外，還添加鹽及糖及其他少許添加物。
- (二) 不同蜜餞由不同的水果及配方組合而成，這些成分可能都是影響電流的因素；經過品嚐，其中以冰梅肉的口感最酸、最鹹，測得 pH 值也最小，在硬幣電池測得電流數值最強，換算成電功率最大，其次依序為紅芒果條、甘草金桔、紫蘇梅。
- (三) 各種蜜餞雖然也添加糖，只是糖對硬幣電池的電流幾乎沒有影響。
- (四) 調整冰梅肉溶液濃度充當電解液，應用在硬幣電池的效果可能會有不同的效果。

### 十一、探討不同濃度的冰梅肉溶液充當電解液是否適合用在硬幣電池？

過程：

- (一) 五十元硬幣充當硬幣電池正極，2 層邊長 5 cm 正方形鋁箔紙充當硬幣電池負極。
- (二) 4 個燒杯分別倒入 200 cc 水，再分別加入搗爛的冰梅肉 5g、10g、15g、20g，攪拌混合後，充當硬幣電池的電解液。
- (三) 將邊長 3 cm 正方形的餐巾紙浸入不同濃度的冰梅肉水溶液中。
- (四) 鋁箔紙、餐巾紙、硬幣依序排列組成硬幣電池後，使用三用電表分別測量記錄硬幣電池的電流、電壓，最後由電壓×電流算出電功率。
- (五) 每項實驗進行五次，挑選最接近的三次求取平均值。



結果：

表 10. 不同濃度冰梅肉當電解液之電量值分析表

5g 冰梅肉 pH 值 3.2	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.55	0.49	0.55	0.53
電流 (mA)	0.28	0.30	0.29	0.29
電功率 (mW)	0.1540	0.1470	0.1595	0.1535
10g 冰梅肉 pH 值 3.1	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.53	0.51	0.56	0.53
電流 (mA)	0.32	0.31	0.31	0.31
電功率 (mW)	0.1696	0.1581	0.1736	0.1671
15g 冰梅肉 pH 值 2.6	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.52	0.54	0.49	0.52
電流 (mA)	0.40	0.41	0.50	0.44
電功率 (mW)	0.2080	0.2214	0.2450	0.2248
20g 冰梅肉 pH 值 2.5	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.51	0.50	0.51	0.51
電流 (mA)	0.50	0.51	0.45	0.49
電功率 (mW)	0.2550	0.2550	0.2295	0.2460

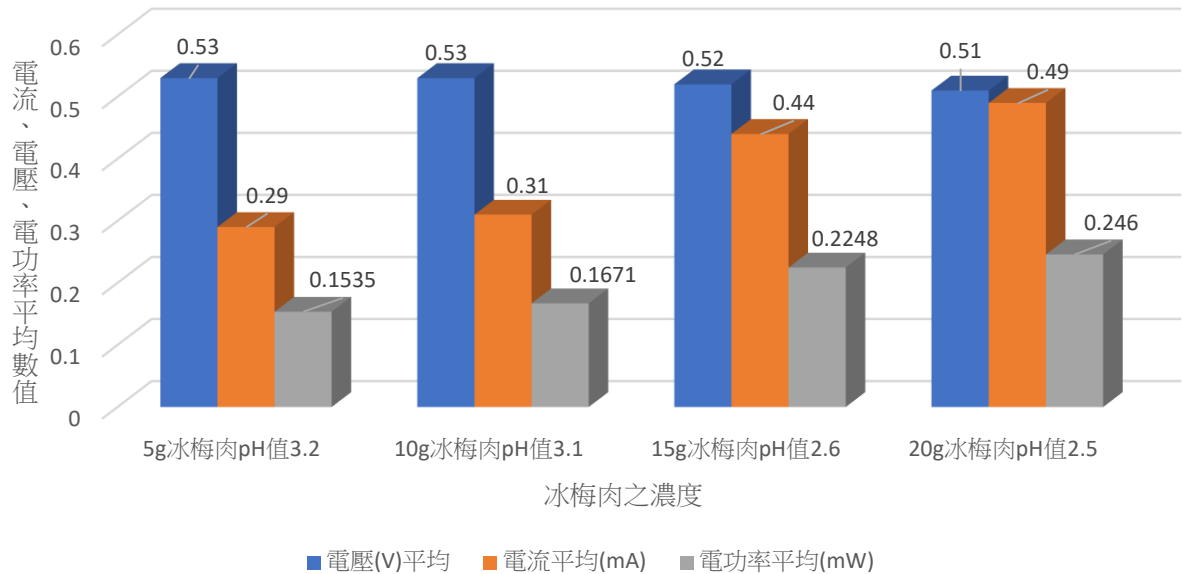


圖9.不同濃度冰梅肉當電解液之電量值分析圖

討論：

- (一) 不同濃度冰梅肉水溶液，在硬幣電池測得電壓數值依舊很接近，只是濃度越高的冰梅肉溶液，除了 pH 值越小外，測得電流強度越大，換算電功率數值也越大。
- (二) 冰梅肉水溶液當電解液，電壓、電流數值比單獨使用檸檬酸及鹽水溶液要來得穩定一些。
- (三) 實驗結果與我們的想像相同，只是電流增加，換算成電功率變大，但電壓一直沒有太大變化；如果要使硬幣電池應用在日常物品發電，這似乎是天方夜譚！
- (四) 我們一直侷限在 1 個硬幣的實驗，發現 50 元硬幣的電壓大多數約 0.45~0.55 之間，如果能夠提升電壓、電流，使得電功率隨之增加，這是後續應該探討的問題。
- (五) 另外研究發現硬幣電池測得電壓、電流雖然還是有變化趨勢，但卻越來越小，導致換算成的電功率也變小；我們認為「每次實驗完畢，長時間實驗的舊硬幣有無法清除的髒污，這可能會影響實驗結果，於是又更換一批新硬幣進行後續實驗。

## 十二、探討不同數量 50 元硬幣是否對硬幣電池造成影響？

過程：

- (一) 1、2、3、4 個新的五十元硬幣往上疊，以串聯方式充當硬幣電池正極；2 層邊長 5 cm 正方形鋁箔紙充當硬幣電池負極。
- (二) 搗爛冰梅肉 20g 倒入 200 cc 水，攪拌混合後，充當硬幣電池的電解液。
- (三) 將邊長 3 cm 正方形的餐巾紙浸入冰梅肉水溶液中。
- (四) 鋁箔紙、餐巾紙、硬幣依序排列組成硬幣電池後，使用三用電表分別測量記錄硬幣電池的電流、電壓，最後由電壓×電流算出電功率。
- (五) 每項實驗進行五次，挑選最接近的三次求取平均值。



新的五十元硬幣

上下層鋁箔紙相互接觸

鋁箔紙擺放平整 不相互接觸

結果：

表 11. 不同數量 50 元硬幣通電之電量值分析表

1 個五十元硬幣	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	0.51	0.50	0.51	0.51
電流 (mA)	0.50	0.51	0.45	0.49
電功率 (mW)	0.2550	0.2550	0.2295	0.2496
2 個五十元硬幣串聯	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	1.08	1.06	0.96	1.03
電流 (mA)	0.52	0.54	0.64	0.57
電功率 (mW)	0.5661	0.5724	0.6144	0.5843
3 個五十元硬幣串聯	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	1.51	1.43	1.67	1.54
電流 (mA)	0.62	0.53	0.49	0.55
電功率 (mW)	0.9362	0.7579	0.8183	0.8375
4 個五十元硬幣串聯	N01	N02	N03	平均
電壓 (V)	2.06	1.99	2.10	2.05
電流 (mA)	0.62	0.77	0.60	0.61
電功率 (mW)	0.9682	1.5323	1.2600	1.2535

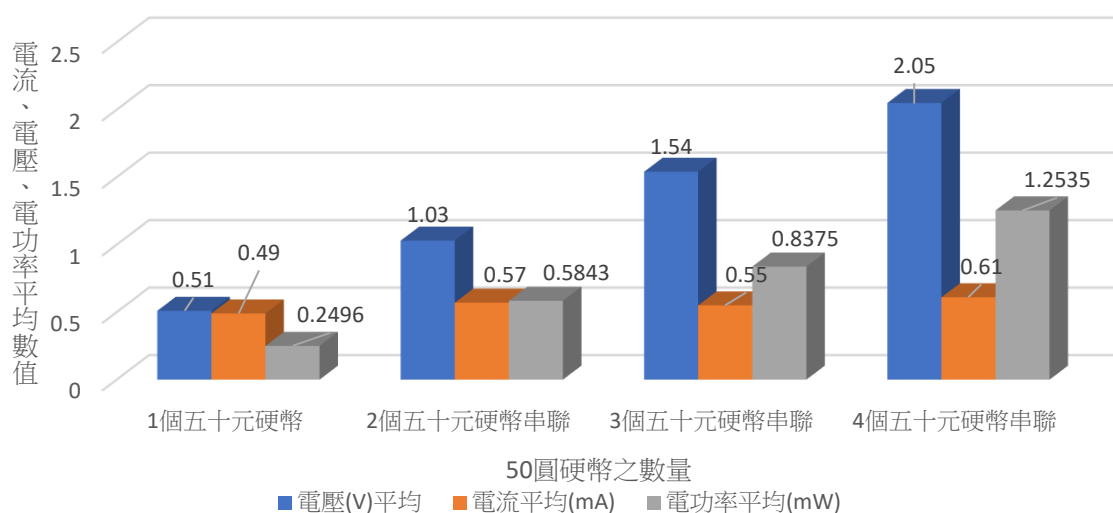


圖10.不同數量50元硬幣通電之電量值分析圖

討論：

- (一) 在進行第一次硬幣往上疊加形成串聯，所測得電壓、電流數據並沒有增加時，我們覺得奇怪時，此時老師提醒要注意鋁箔紙的擺放，因為鋁箔紙的面積最大，必須平整，不可以上翹、下垂，以免上下層鋁箔紙相互接觸，因而影響實驗結果。

- (二) 第二次硬幣往上疊加時，我們得到越多硬幣串聯，雖然硬幣電池測得電流強度並沒有增加太多，但電壓數值卻呈倍數成長，換算成電功率也增加許多。
- (三) 花費太多時間調整鋁箔紙擺放，會因鋁箔紙、電解液、硬幣相互接觸作用時間過久，導致測試結果反而不正確；前面實驗結果已獲知面積大的鋁箔紙與產生電流大小並無絕對規律性，於是改以對折 4 層、邊長 3 cm 正方形鋁箔紙進行後續研究。

### 十三、探討新、舊不同數量 50 元硬幣在硬幣電池的影響？

過程：

- (一) 將新、舊五十元硬幣分開，分別逐個往上疊加，以串聯方式充當硬幣電池正極；4 層邊長 3 cm 正方形鋁箔紙充當硬幣電池負極。
- (二) 搗爛冰梅肉 20g 倒入 200 cc 水，攪拌混合後，充當硬幣電池的電解液。
- (三) 將邊長 3 cm 正方形的餐巾紙浸入冰梅肉水溶液中。
- (四) 鋁箔紙、餐巾紙、硬幣依序排列組成硬幣電池後，使用三用電表分別測量記錄硬幣電池的電流、電壓，最後由電壓×電流算出電功率。



結果：舊五十元硬幣電池

表 12. 舊 50 元硬幣疊加串聯通電之電量值分析表

	1 個硬幣	2 個硬幣串聯	3 個硬幣串聯	4 個硬幣串聯	5 個硬幣串聯
電壓 (V)	0.54	0.67	0.57	0.84	0.88
電流 (mA)	0.58	0.62	0.68	0.68	0.77
電功率 (mW)	0.3132	0.4154	0.3876	0.5712	0.6776
	6 個硬幣串聯	7 個硬幣串聯	8 個硬幣串聯	9 個硬幣串聯	10 個硬幣串聯
電壓 (V)	0.80	1.28	1.26	1.58	1.67
電流 (mA)	0.58	0.55	0.56	0.54	0.61
電功率 (mW)	0.4640	0.7040	0.7056	0.8532	1.0187

新五十元硬幣電池

表 13. 新 50 元硬幣疊加串聯通電之電量值分析表

	1 個硬幣	2 個硬幣串聯	3 個硬幣串聯	4 個硬幣串聯	5 個硬幣串聯
電壓 (V)	0.76	0.86	0.90	1.34	1.87
電流 (mA)	0.53	0.56	0.58	0.63	0.66
電功率 (mW)	0.4058	0.4816	0.522	0.8442	1.2342
	6 個硬幣串聯	7 個硬幣串聯	8 個硬幣串聯	9 個硬幣串聯	10 個硬幣串聯
電壓 (V)	2.26	2.00	2.51	2.99	3.52
電流 (mA)	0.67	0.71	0.72	0.72	0.68
電功率 (mW)	1.5142	1.4200	1.8072	2.1528	2.3936

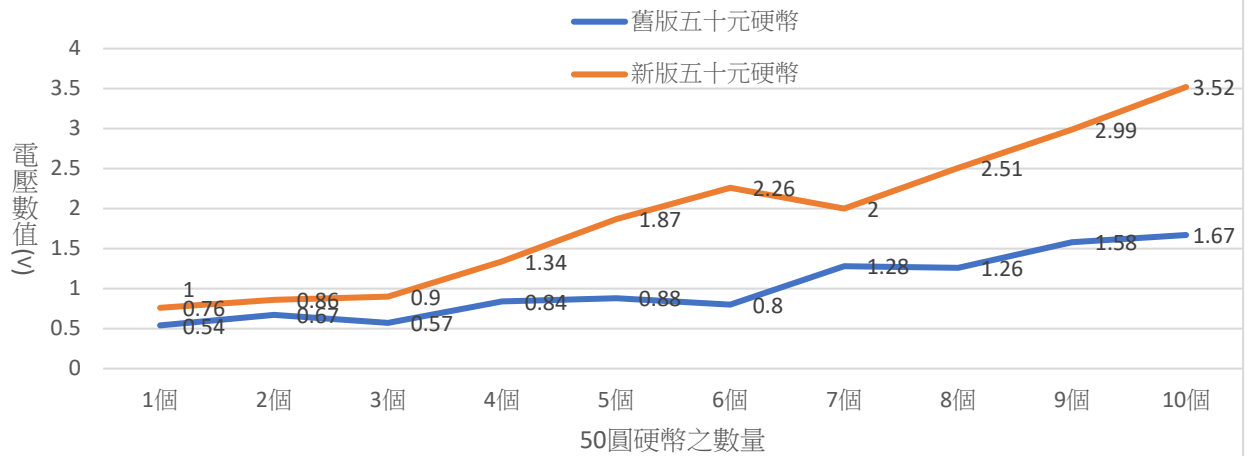


圖11.新舊50元硬幣通電電壓分析圖

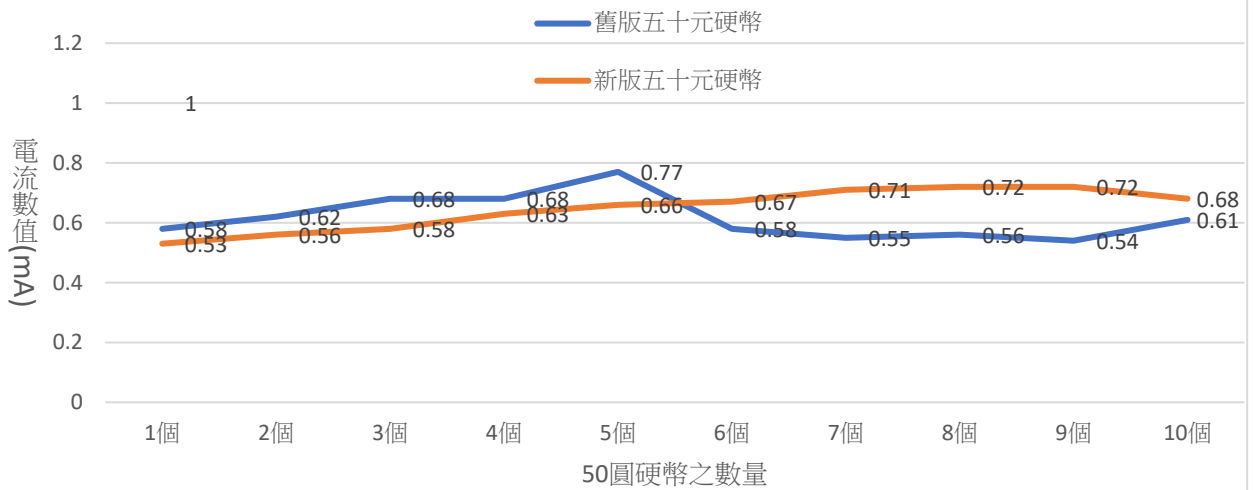


圖12.新舊50元硬幣通電電流分析圖

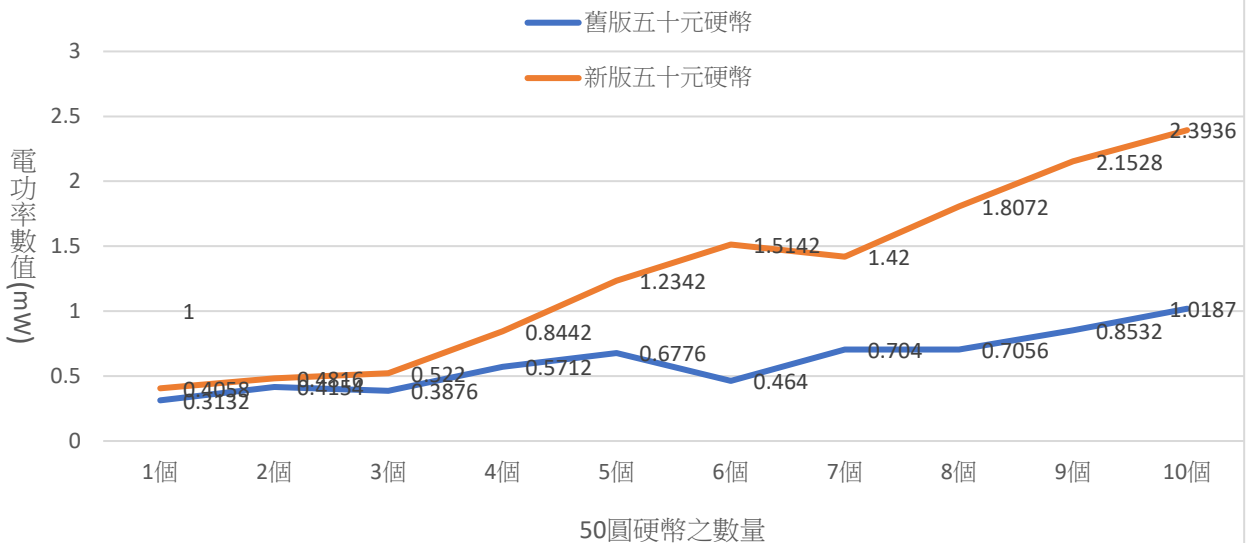


圖13.新舊50元硬幣通電電功率分析圖

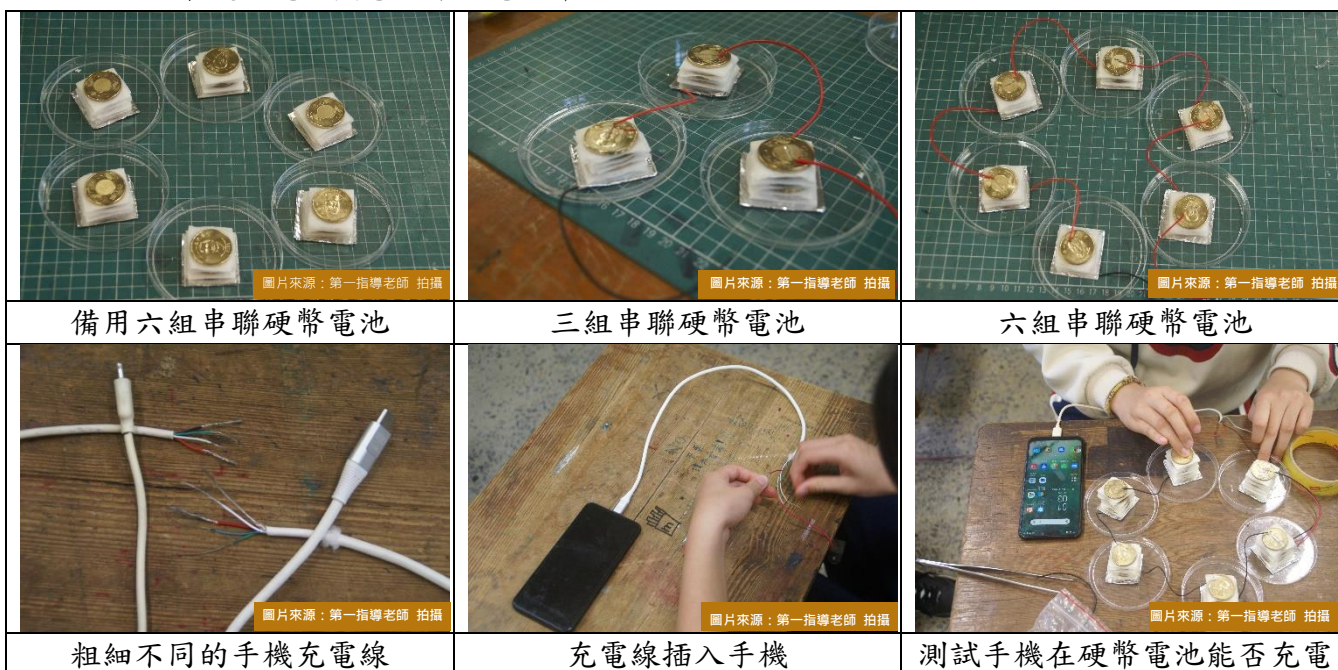
討論：

- (一) 硬幣分別逐個往上疊加，硬幣電池測得電流強度並沒有增加太多，但電壓數值有明顯成長，換算成電功率也增加許多。
- (二) 使用三用電表進行串聯硬幣電池測試時，電壓及電流的數值由大而小不斷的跳動，往往需要數十秒才能測得，尤其三用電表探針對硬幣電池施予不同大小的力，電壓數值更會急速改變，影響實驗結果。
- (三) 硬幣電池串聯 5 個剛從銀行換的新硬幣，先進行 LED 燈泡的測試，LED 燈泡亮度很微弱，還會時亮、時暗，發光情況不是很穩定；串聯 10 個新硬幣，LED 燈泡的亮度很亮，而且穩定、持續；改以電子鐘測試，電子鐘也成功啟動。
- (四) 硬幣電池串聯 10 個長期實驗使用的舊硬幣，LED 燈泡亮度很微弱、電子鐘也是時開時斷；舊硬幣上面的髒汙，會影響硬幣電池的發電，如能使用新硬幣測試，應該會得到較佳，較正確的電壓及電流數值。

#### 十四、探討串聯的五十元新硬幣電池對電流、電壓、電功率的影響。

過程：

- (一) 5 個新五十元硬幣逐個往上疊加，成為一組串聯的硬幣電池，總共有六組，再分別將二、三、四、五、六組硬幣電池以串聯方式連接。
- (二) 搗爛冰梅肉 20g 倒入 200 cc 水，攪拌混合後，充當硬幣電池的電解液。
- (三) 將邊長 3 cm 正方形的餐巾紙浸入冰梅肉水溶液中。
- (四) 使用三用電表分別測量記錄二、三、四、五、六組串聯硬幣電池的電流、電壓，最後由電壓 $\times$ 電流算出電功率。



結果：(一組硬幣電池：電流 1.57、電壓 0.51、電功率 0.8007)

表 14. 串聯新 50 圓硬幣通電之電量值分析表

	二組串聯硬幣電池	三組串聯硬幣電池	四組串聯硬幣電池	五組串聯硬幣電池	六組串聯硬幣電池
電壓 (V)	3.12	5.27	11.21	15.18	18.57
電流 (mA)	0.52	0.51	0.51	0.49	0.47
電功率 (mW)	1.6224	2.6877	5.7120	7.4382	8.7279

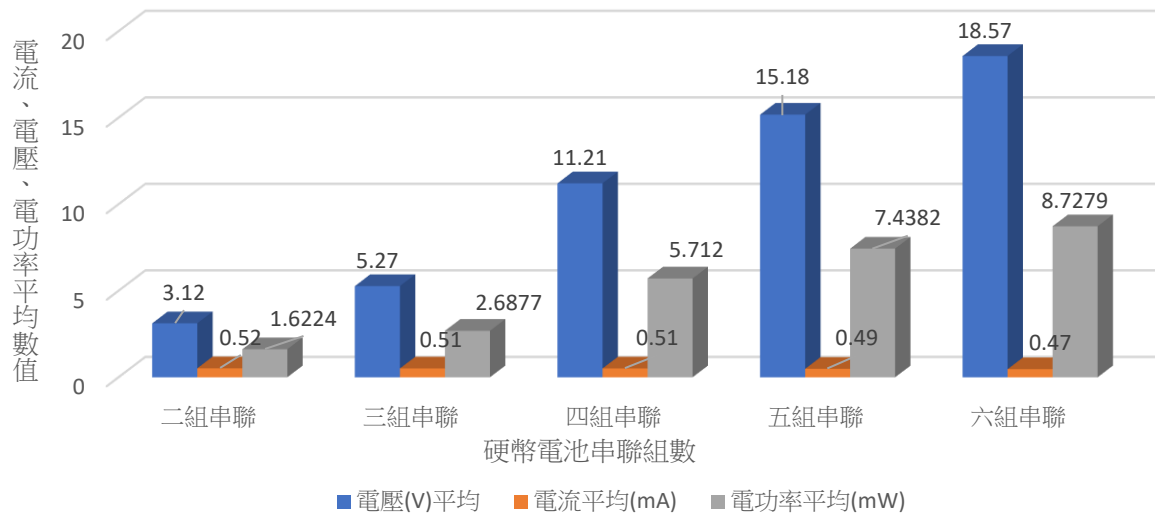


圖14.串聯新50圓硬幣通電之電量值分析圖

討論：

- (一) 硬幣電池串聯組數越多，電壓數值越高，換算的電功率也明顯上升；反之則越低、越小。
- (二) 硬幣電池串聯後的電流強度並沒有增加，而且隨著串聯組數越多，反而略微下降，這是串聯電池組數時，花費較多時間在電線連接，使得硬幣電池本身一直在運作而導致。
- (三) 串聯不同組數，電流強度雖略有不同，但差異並不大，因此可以斷定硬幣電池的串聯組數與電流強度沒有直接關聯，但與電壓及算出的電功率有很大的關係。
- (四) 六組硬幣電池串聯，1.5V 小鎢絲燈泡突然發出斷斷續續微弱的亮光，只是時間很短暫，發光情況很不穩定，但也算勉強成功；至於手機則完全無法充電，應該是硬幣電池產生電流及電功率還是太小的緣故。

#### 十五、探討並聯的硬幣電池對電流、電壓、電功率的影響。

過程：

- (一) 5 個新五十元硬幣逐個往上疊加，成為一組串聯的硬幣電池，總共有六組，再分別將二、三、四、五、六組硬幣電池以並聯方式連接。
- (二) 搗爛冰梅肉 20g 倒入 200 cc 水，攪拌混合後，充當硬幣電池的電解液。
- (三) 將邊長 3 cm 正方形的餐巾紙浸入冰梅肉水溶液中。
- (四) 使用三用電表分別測量記錄二、三、四、五、六組並聯硬幣電池的電流、電壓，最後由電壓×電流算出電功率。



結果：(一組硬幣電池：電流 1.57、電壓 0.51、電功率 0.8007)

表 15. 並聯新版 50 圓硬幣通電之電量值分析表

	二組並聯硬幣電池	三組並聯硬幣電池	四組並聯硬幣電池	五組並聯硬幣電池	六組並聯硬幣電池
電壓 (V)	1.32	1.48	1.64	1.59	1.68
電流 (mA)	0.57	0.75	0.95	1.32	1.28
電功率 (mW)	0.7524	1.1100	1.5580	2.0988	2.1504

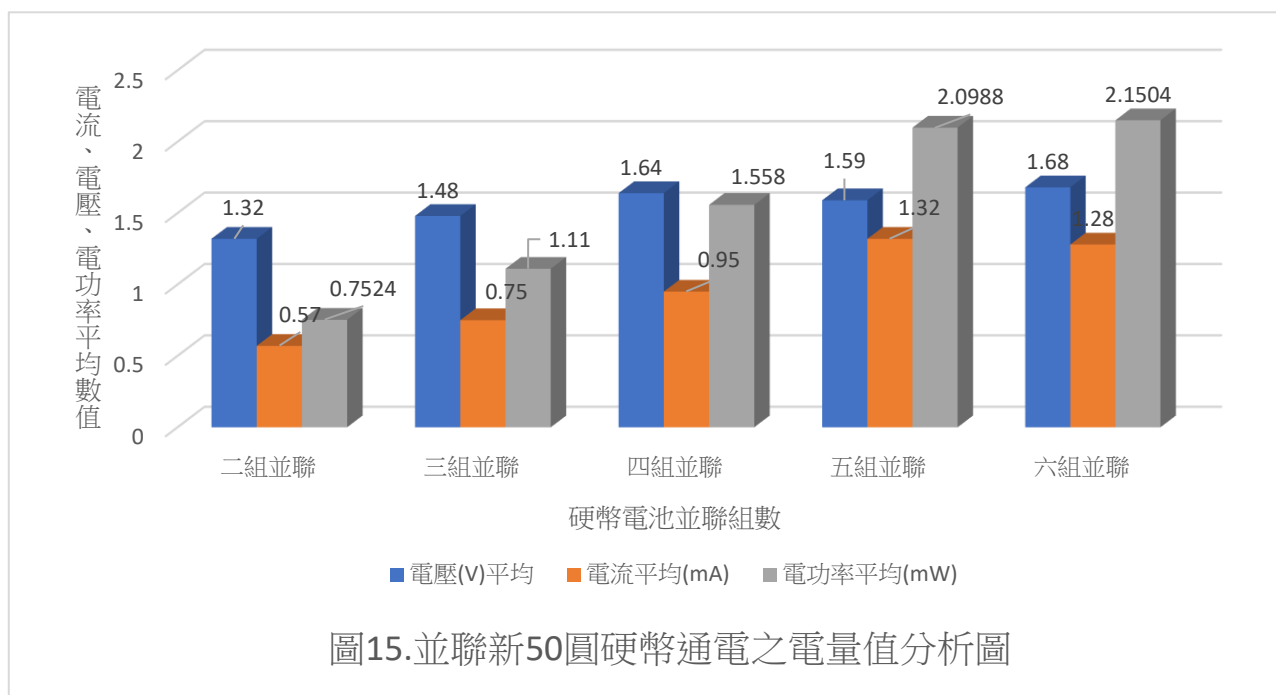


圖15.並聯新50圓硬幣通電之電量值分析圖

討論：

- (一) 硬幣電池並聯組數越多，電流強度有增加的趨勢，但電壓數值並沒有明顯差異，換算的電功率雖然也增加，只是並沒有呈現大幅度的增加。
- (二) 採取六組並聯硬幣電池也只能使 LED 燈泡發光及啟動電子鐘，若真的要使用在其他電子產品，還是行不通的；查詢自製電池的歷屆科展作品，大多以產生電壓較大的串聯方式，做為自製電池的組裝方式，來使電子產品發電。
- (三) 要使 LED 燈發亮的基本條件是電壓要高，但電流不需要太大，這也就是大多數文獻上的自製電池多採用 LED 燈的原因；只是小鎢絲燈泡在並聯硬幣電池依然沒有成功點亮，這應該還是電壓及電流太小的原因。
- (四) 硬幣及鋁箔紙產生的電力雖然微小，但這是將科學原理運用出可使用的產品，雖然還有改進空間，但也算是一種創意！只是實驗後的硬幣全都變得髒兮兮，還原硬幣原先的光亮，這是我們應該盡到的責任。



## 十六、探討如何還原五十元硬幣原本的面目。

過程：

- (一) 先瞭解五十元硬幣的組成成分。
- (二) 上網站查詢將舊硬幣擦亮的方法。
- (三) 請教老師是否有更好的還原硬幣方式。
- (四) 嘗試將實驗後髒兮兮的硬幣擦拭乾淨，還原硬幣原本的光亮面貌。



結果：

- (一) 新臺幣伍拾圓材質：銅 92%、鎳 2%、鋁 6%，我們先依據硬幣材質，再上網站查詢將舊硬幣擦亮的方法，才能對症下藥。
- (二) 網路查得將舊硬幣擦亮的方法，約略有下列幾種：以牙膏、醋+鹽水、小蘇打溶液、清水、檸檬汁…用刷子刷洗。
- (三) 老師提及當年入伍，每一位阿兵哥都有一條皮帶，皮帶上的扣環是銅製品，每天都必須使用銅油擦拭，否則扣環會髒污生鏽。

討論：

- (一) 網路將舊硬幣擦亮的方法，我們先前幾乎都已使用過，只是硬幣的髒污情形太嚴重，最後幾乎無法清理乾淨。
- (二) 感謝老師提供的經驗，由於銅製扣環與硬幣的材質類似，因此使用銅油確實能夠將髒兮兮的硬幣擦拭乾淨，解決我們的困擾。
- (三) 銅油適用範圍：銅、鋁、鋅、錫、合金、不鏽鋼等金屬，有去除氧化、污垢功能，我們就使用銅油將髒兮兮的硬幣擦拭乾淨，只是使用銅油後，手上會有一股怪味，老師交代我們一定要把手確實洗乾淨，以免造成皮膚的傷害。
- (四) 將髒兮兮的硬幣拿到外面買東西，依然可以使用，但偶爾會有店員拿起硬幣前翻後翻，看了好幾眼才收下。
- (五) 應該不會有人拿硬幣來開玩笑，但實驗過程確實會造成硬幣髒污，若不處理，可能會有毀損國幣的責任，讓硬幣恢復原本面貌，這也是實驗倫理的一種表現，只是「硬幣電池」研究的相關資料，並沒有人提及此事。

## 柒、結論：

- 一、網路上利用「一元電池」能夠使手機充電的影片，經由實驗驗證應該是偽造的。
- 二、藉由「一元電池」影片，找出硬幣電池的元件：硬幣、鋁箔紙、鹽水、餐巾紙、硬幣連接方式。
- 三、目前一元及五十元硬幣裡的銅含量皆是 92%，加上五十元硬幣面積大，會產生較強

的電流、電功率，因此選用五十元硬幣充當硬幣電池正極，而相關文獻都是使用一元硬幣。

- 四、使用三用電表測量硬幣電池時，電流強度會隨測量時間而慢慢減少，電壓數值會隨測量時間而逐漸增加；二者都需要等到數值穩定後，才能得到正確數值。
- 五、具備吸附鹽水能力的材質，皆可使硬幣電池能夠產生功能；但餐巾紙產生較大的電流，使得電功率高於其它材料，因此電池二極之間隔著吸附電解液的材料以餐巾紙較佳。
- 六、硬幣電池的研究皆使用鋁箔紙當成負極，鋁箔紙面積、厚薄所測得的電壓、電流有些許差異，但差異並不大；研究可依實際需要，滾動式調整鋁箔紙的面積。
- 七、不同濃度鹽水充當電解液時，濃度越高，測得電流越大；只是濃度 9% 與 20% 食鹽水效果差異不大，由此可知濃度要適中，否則也是一種資源浪費；而糖水溶液則不適合充當硬幣電池的電解液。
- 八、不同濃度酸性水溶液當電解液，測得電壓數值很接近，但以電流強度而言，檸檬酸要比硼酸水溶液的效果要佳；只是檸檬酸水溶液濃度越高，並沒有測得越大電流及較高電功率的規律性，我們認為由酸的強弱直接用來推論電流的大小並不恰當，畢竟濃度過高的酸性水溶液可能會阻礙電流流動，稀釋後反而會讓電流流動更為順暢。
- 九、不同濃度鹼性水溶液當電解液，測得電流數值大不相同；小蘇打水溶液幾乎沒有電流產生，不適用於硬幣電池；而 NaOH 水溶液測得電壓、電流及電功率則呈現大幅度倍數的增加。
- 十、強鹼性的 NaOH 水溶液應該是效果最好的電解液，但老師認為我們的實驗技巧還不夠成熟，可能會有危險，建議我們可以明年再繼續探討。
- 十一、成分單純的水晶肥皂內含 NaOH，只是肥皂製作過程產生皂化反應；而調製的肥皂水溶液過於濃稠，導致幾乎無法滲入餐巾紙裡層，也不適合充當硬幣電池的電解液。
- 十二、蜜餞中的冰梅肉吃起來是酸酸鹹鹹的，既然可食用，食品的酸、鹽濃度應該不至於太高，實驗也比較安全，將蜜餞充當電解液應用在硬幣電池，也算一項創舉。
- 十三、濃度越高的冰梅肉溶液，測得電流強度越大，換算成電功率數值也越大，只是測得電壓數值依舊很接近，但效果比單純的酸性及鹽水溶液要穩定。
- 十四、硬幣逐個往上疊加，得到越多硬幣串聯，雖然硬幣電池測得電流強度並沒有增加太多，但電壓數值卻呈倍數成長，換算成電功率也增加許多。
- 十五、硬幣電池並聯組數越多，電流強度有增加的趨勢，但電壓數值並沒有明顯差異，換算的電功率雖然也增加，只是並沒有大幅度增加。
- 十六、硬幣電池能夠點亮 LED 燈泡、成功啟動電子鐘，也讓 1.5V 小鎢絲燈泡發出短暫且斷斷續續微弱的亮光，這已算是有所突破，但仍然無法使手機充電。
- 十七、未來若使用強鹼性的 NaOH 水溶液充當電解液，再結合硬幣電池的串聯及並聯，增強硬幣電池的電壓及電流，相信使手機充電將指日可待。
- 十八、硬幣電池經過實驗後，全新硬幣會變得髒兮兮，雖然還是能夠使用，但這是不負責任的行為；若使用銅油擦拭，恢復硬幣原有面貌，落實實驗倫理，只是無人提及此事，如今我們揭開「硬幣電池」研究隱藏的秘密，希望往後研究者能注意。

## 捌、參考資料：

- 一、「自然科學」課本第三冊第四單元「電路好好玩」 南一書局
- 二、「自然科學」課本第五冊第三單元「水溶液」 南一書局
- 三、歷屆科學展覽優勝作品專輯 國立科學教育館
  - (一) 第49屆國小組化學科來電「漢堡」--環保電池  
<https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=46&sid=5250>
  - (二) 第51屆國小組化學科環保來「電」禮—綠色環保電池  
<https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=8932&sid=9142>
  - (三) 第56屆國小組化學科動「池」凍「池」--水果電池  
<https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=84&sid=13237&print=1>
- 四、伏打電堆-維基百科  
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/伏打电堆>
- 五、Jeremy の小學生學堂  
<https://www.youtube.com/@Jeremy-fglyx>
- 六、一塊錢電池充電手機  
[https://www.youtube.com/results?search\\_query=硬幣電池](https://www.youtube.com/results?search_query=硬幣電池) (圖片來源網址)
- 七、香蕉真的能提供手機充電嗎？  
[https://www.youtube.com/results?search\\_query=香蕉充電](https://www.youtube.com/results?search_query=香蕉充電)
- 八、中央銀行新臺幣介紹  
<https://www.cbc.gov.tw/public/data/issue/MONEY/tb1.htm>
- 九、皂化反應-維基百科  
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/皂化反應>

## 【評語】 080206

1. 目前網路上及生活中假訊息充斥，為破解網路影片的真假，一元電池為很好的研究起步實驗。探討硬幣電池的實際應用，了解硬幣電池的構成元件，並探討不同材料、電解液、硬幣數量和連接方式對硬幣電池電流和電壓的影響。研究過程有探究精神，實驗設計完整，值得鼓勵。
2. 電解液方面，使用不同濃度的食鹽水、糖水、檸檬酸、硼酸、小蘇打和 NaOH 溶液進行比較，發現 NaOH 水溶液效果最佳，但操作時需注意安全。研究還創新地使用了蜜餞食品（如紅芒果條、甘草金桔、冰梅肉、紫蘇梅）作為電解液，結果顯示調整冰梅肉溶液的濃度越高，電流和電功率越大，冰梅肉效果最佳，試著以蜜餞取代電解液既環保又創新，但發電效能差難以實用在生活上。
3. 不同濃度電解液電量值實驗中，中性電解液濃度設定為 1%、5%、9%，酸鹼性電解液濃度設定 1%、5%、10%，濃度為何不一致？
4. 同一個實驗，每一次測量的電量值等數據誤差大，需特別注意。

5. 實驗設計使用了一元、五元、十元和五十元硬幣，並使用食用醋、鋁箔紙、鹽水等進行實驗。通過多次測量電流和電壓，並計算電功率，確保了結果的可靠性和穩定性，建議可以多增加標準差。
6. 研究中談到利用該電池驅動不同的電子設備，是否也可以考慮到提供量化的研究成果例如電流電壓等。
7. 拿貨幣來導電，會破壞貨幣的本質與加速外觀的磨損，減少使用壽命。

## 作品簡報

硬幣會來電

揭開

硬幣電池

研究隱藏的秘密



## 壹、研究動機：

同學在網路查到：「香蕉能提供手機充電是假訊息」，但又查到網路二則：「**一塊錢電池**」的影片，裡面除了介紹器材、方法外，更詳細將過程顯現出來，我認為這可能是真的！但老師直接認為這可能是假訊息，他要我們上網或到圖書室查詢資料，並仔細多看幾次影片，畢竟影片可以剪接製作，也鼓勵我們可以針對這個問題進行研究；果然找到影片有破綻，經過不斷努力，再加上老師辛勤指導，我們的研究有了一些成果。

## 貳、研究目的：

- 一、探討網路流傳影片的真偽並瞭解硬幣電池的構成元件。
- 二、探討各項物品對硬幣電池電流及電壓的影響。
- 三、探討蜜餞食品充當電解液對硬幣電池電流及電壓的影響。
- 四、探討硬幣電池電路連接方式對電流及電壓的影響。
- 五、探討硬幣電池使用於電器物品的可行性。

## 參、研究器材：

一元、五元、十元、五十元、食用醋、洗碗精、食鹽、玻璃棒、水、鋁箔紙、尺、剪刀、燒杯、三用電表、鱷魚夾、雲彩紙、報紙、塑膠片、綿紗布、牛皮紙、影印紙、面紙、厚紙板、餐巾紙、電子秤、塑膠杯、白砂糖、冰醋酸、檸檬酸、小蘇打、NaOH、水晶肥皂、手套、口罩、PH值檢測器、紅芒果條、甘草金桔、冰梅肉、紫蘇梅、研鉢、LED燈泡、小鎢絲燈泡、電線、手機、充電線

## 肆、研究過程：

### 一、探討「一元電池影片」的真偽。

過程：

- (一) 反覆觀看二則「一元電池」影片，比較影片異同並找出影片不合理處。
- (二) 上網查詢歷屆科學展覽相關作品。

結果：

- (一) 由示範用與實際操作使用的手機充電線不同，使我們開始懷疑影片真偽。
- (二) 二部「一元電池」影片相同處：一元硬幣、鋁箔紙、鹽水能產生電源；相異處：厚紙片VS餐巾紙、鹽水濃度、硬幣堆疊方式、並聯VS串聯、手機VS電子鐘充電。

(三) 歷屆科學展覽相關作品，僅有二件作品進行硬幣電池研究，其中一件提及能使LED發亮，另一件則完全未使用電子產品進行測試。

討論：

- (一) 為了使播放流暢，影片剪輯是很正常的事，只是前後使用的手機充電線不同，所以影片可能有造假嫌疑。
- (二) 科展相關硬幣電池研究作品，只使用LED測試，是否因硬幣電池的發電量不足？而硬幣電池多採用一元硬幣，這也有待進一步探討。



### 二、探討一元、五元、十元、五十元硬幣，何者最適合用在硬幣電池的正極？

過程：

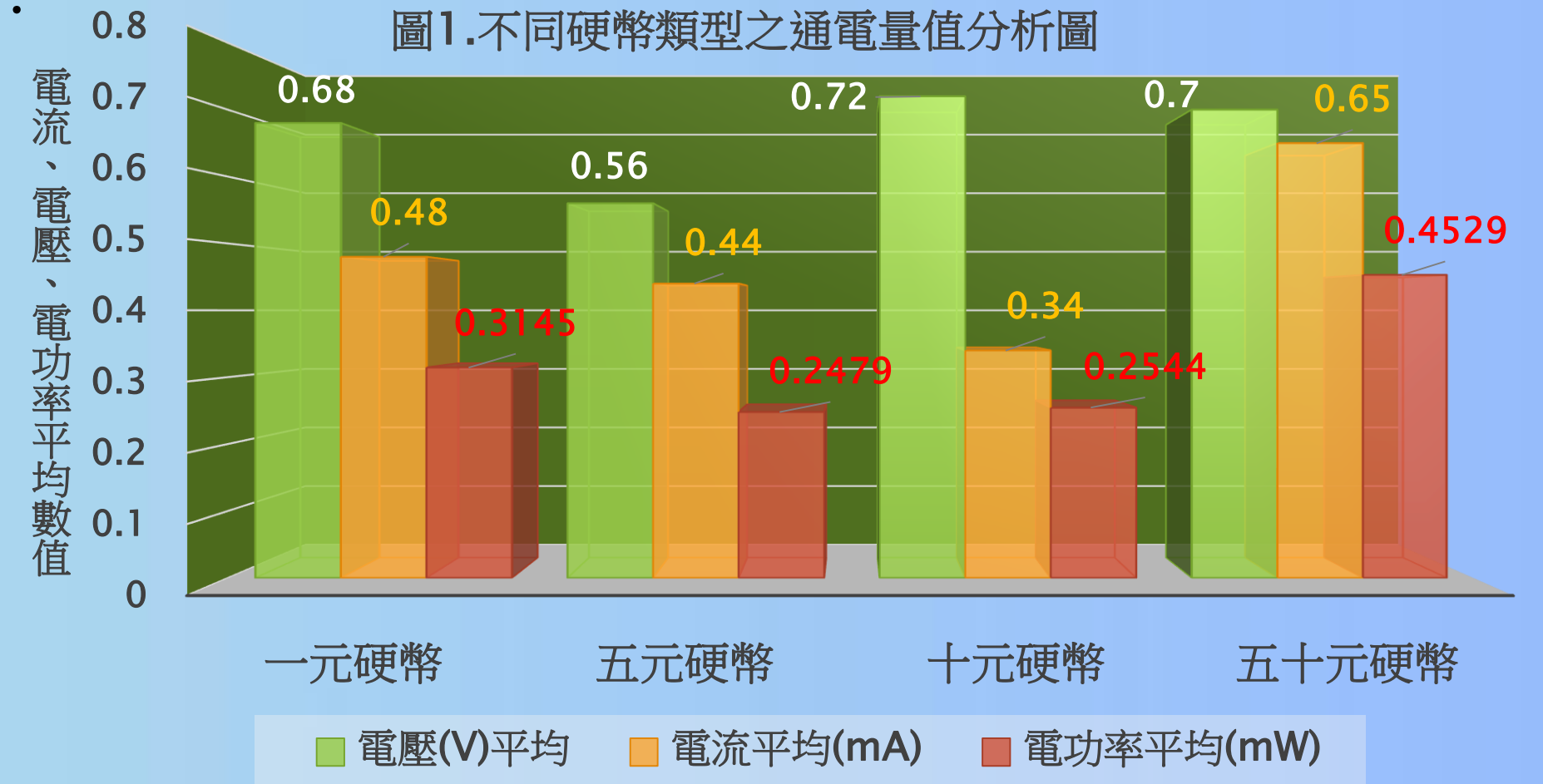
- (一) 硬幣外表處理乾淨後，將光亮硬幣選出，充當硬幣電池正極。
- (二) 鋁箔紙剪成長12cm、寬6cm的長方形，再對折成邊長6cm正方形的鋁箔紙，充當硬幣電池負極備用。
- (三) 將邊長3cm正方形的影印紙浸入濃度20%的食鹽水溶液中，二極之間就隔著浸濕鹽水的影印紙。
- (四) 鋁箔紙、影印紙、硬幣依序排列組成硬幣電池後，使用三用電表分別測量記錄硬幣電池的電流、電壓，並由電壓×電流算出電功率。
- (五) 每項實驗進行五次，挑選最接近的三次求取平均值。



討論：

- (一) 電功率平均值由大到小依序為50、1、10、5元硬幣；50元硬幣電功率最大。
- (二) 使用三用電表測量硬幣電池時，很快就能測得電流強度；而電壓數值不斷跳動，往往需要數十秒才能測得。

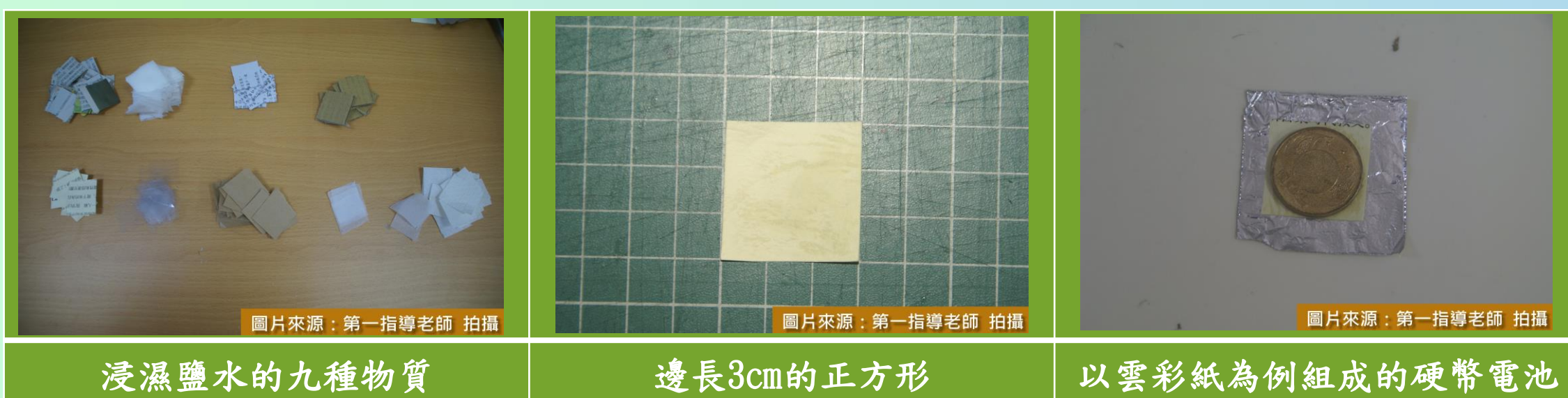
結果：



### 三、探討二極之間隔著最適合吸附鹽水的材料是哪一種？

過程：

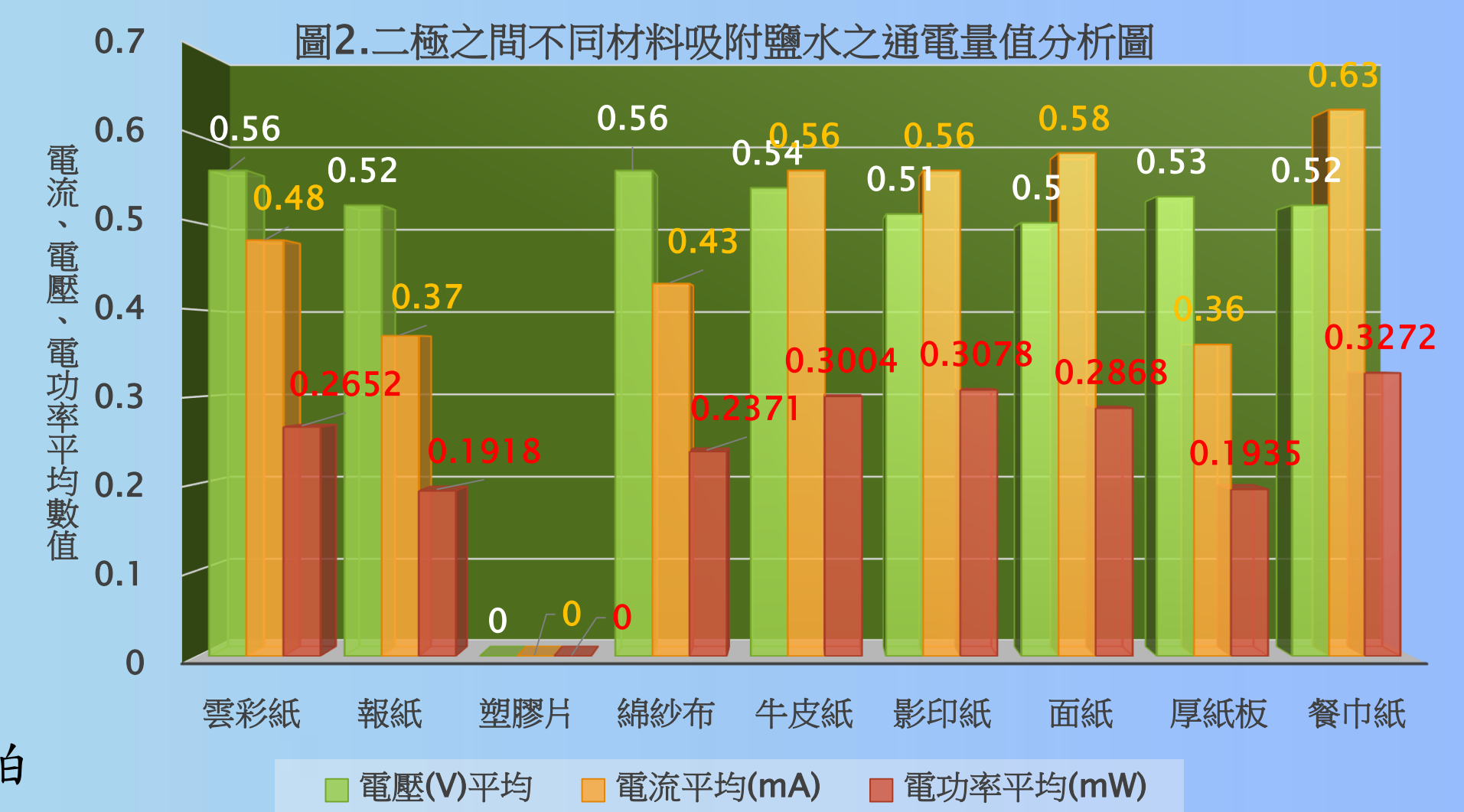
- (一) 五十元硬幣充當硬幣電池正極，對折成邊長6cm正方形的鋁箔紙，充當硬幣電池負極。
- (二) 邊長3cm正方形的九種材料（如結果所示）浸入濃度20%的食鹽水溶液中，二極之間分別隔著浸濕鹽水的材料。



討論：

- (一) 完全沒有吸附鹽水能力的塑膠片，其電壓、電流、電功率皆為0，這也表示二極之間隔著的材料必須具備吸附鹽水電解液能力。
- (二) 其餘八種材料可分為七種紙、一種布，具備吸附鹽水能力，使硬幣電池能夠產生功能。
- (三) 影片在二極之間隔著的材料都使用厚紙板，科展作品分別使用牛皮紙、手帕；我們則選用電功率最大餐巾紙。

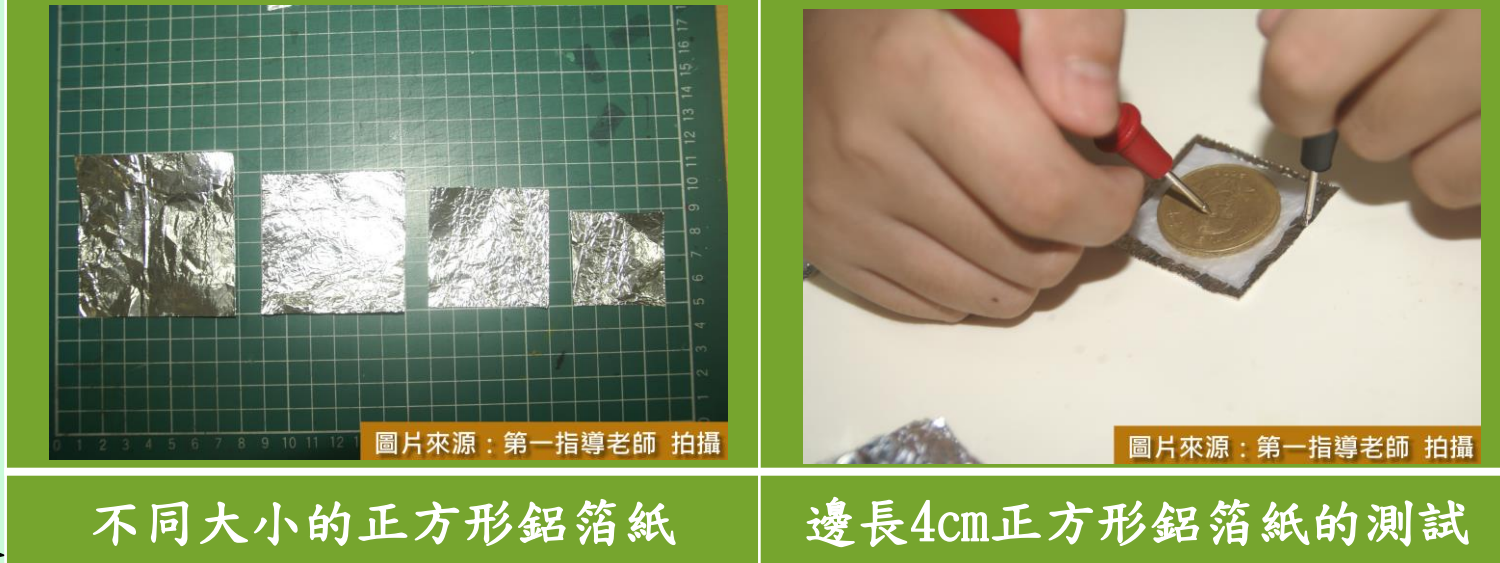
結果：



### 四、探討哪一種面積的鋁箔紙適合用在硬幣電池的負極？

過程：

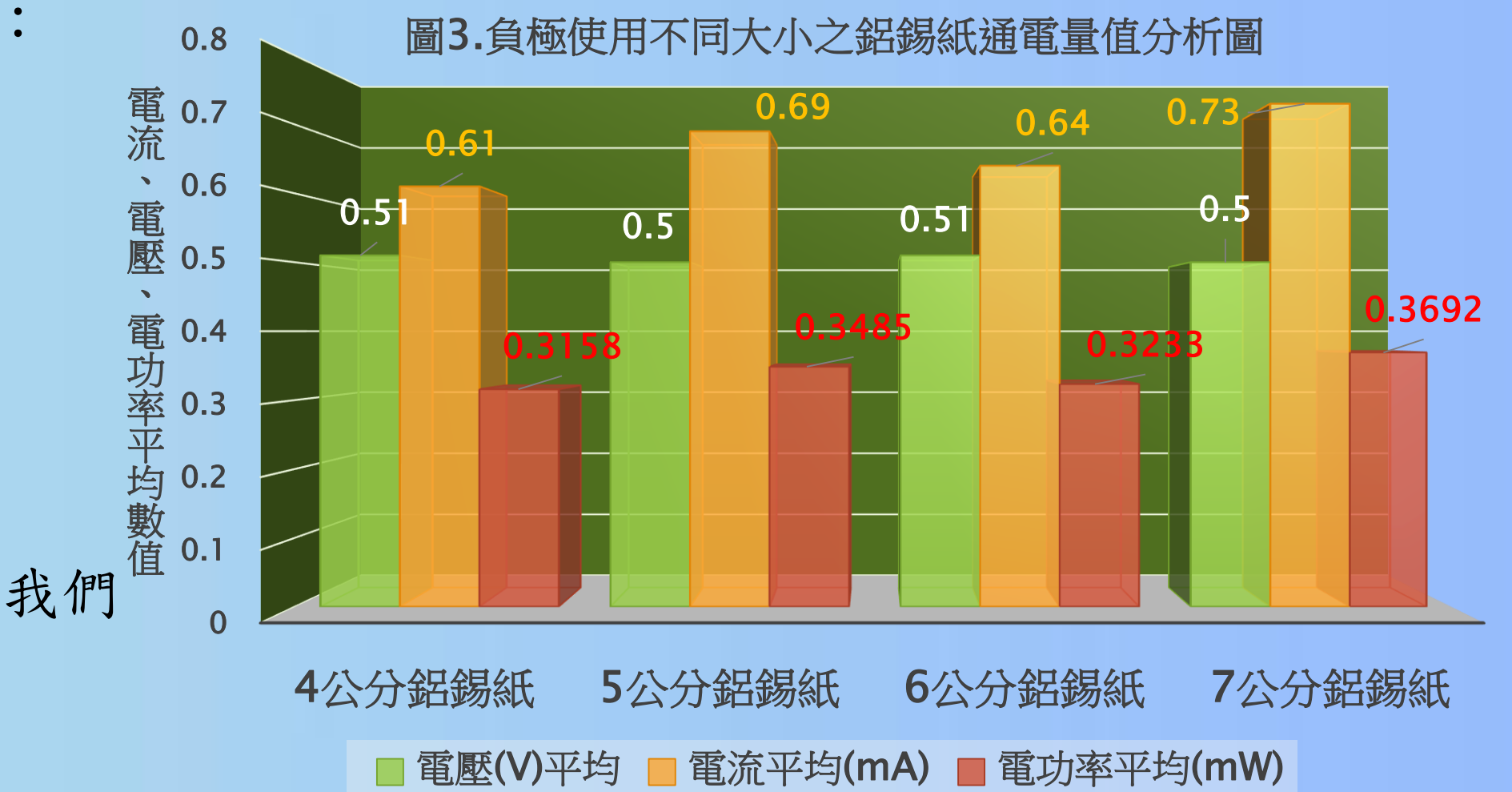
- (一) 五十元硬幣充當硬幣電池正極，邊長3cm正方形餐巾紙浸入濃度20%的食鹽水溶液。
- (二) 鋁箔紙剪成不同大小的長方形，再對折成邊長4、5、6、7cm正方形的鋁箔紙，充當硬幣電池負極。



討論：

- (一) 鋁箔紙具有容易裁切、擺放平整、節省空間...的優點。
- (二) 對折成邊長4、5、6、7cm正方形的鋁箔紙，在硬幣電池測得電壓相差很小；我們選用邊長5cm正方形的鋁箔紙進行後續研究。

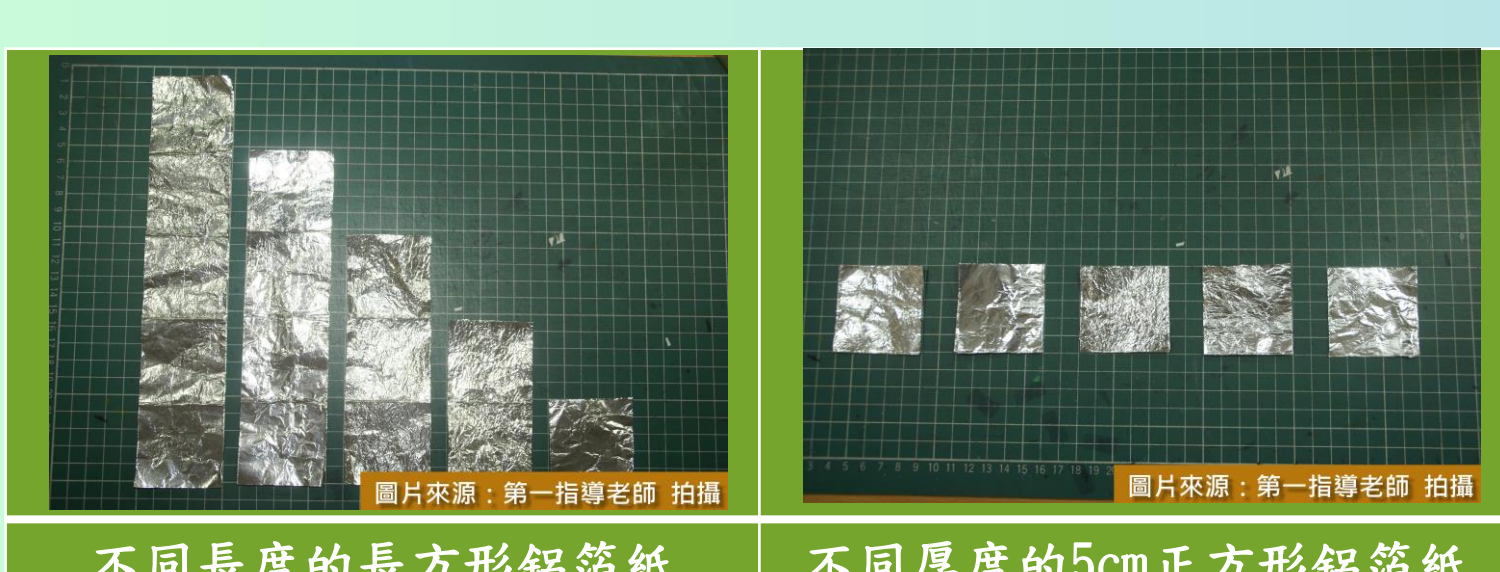
結果：



### 五、探討哪一種厚薄的鋁箔紙適合用在硬幣電池的負極？

過程：

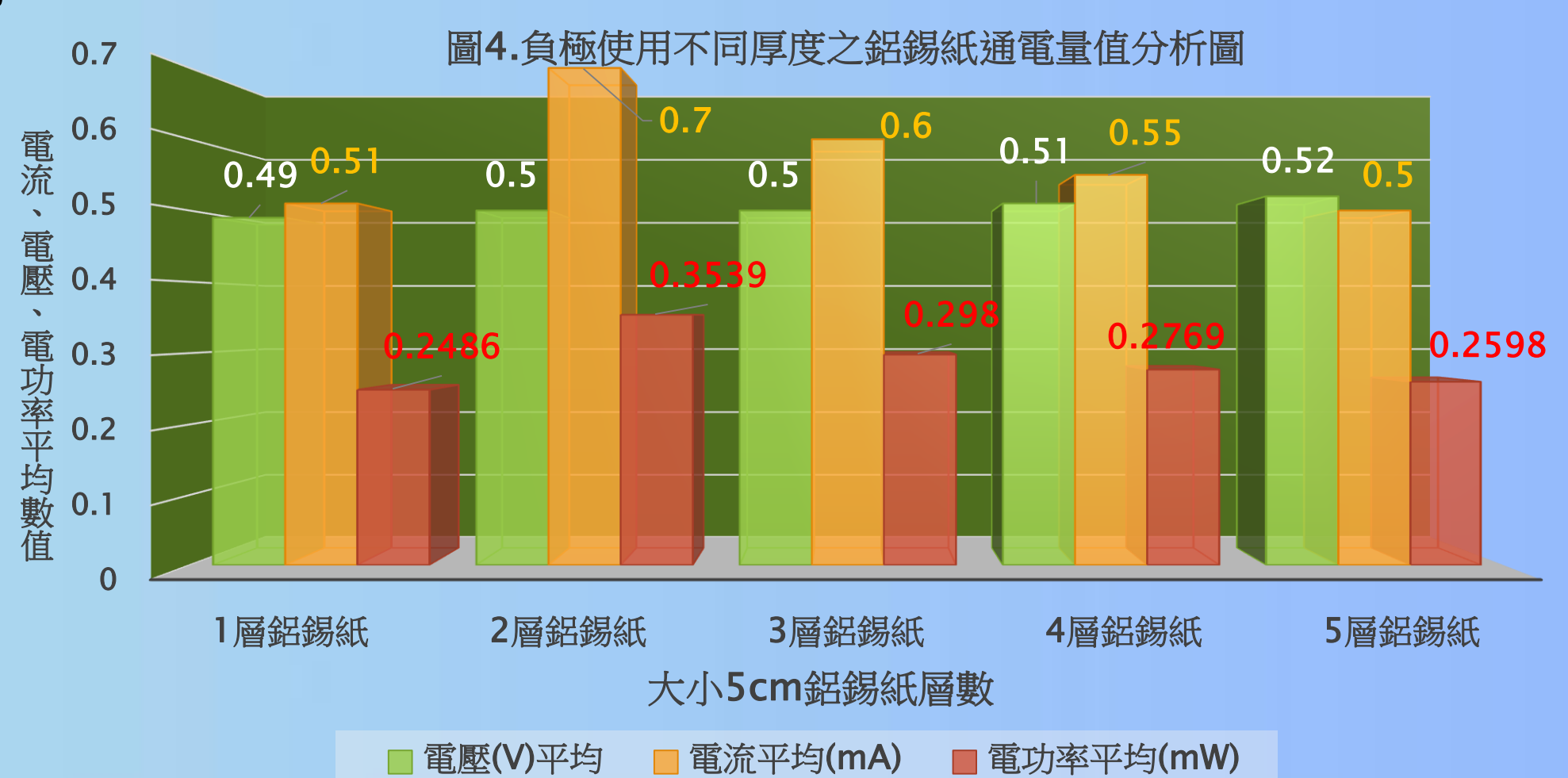
- (一) 五十元硬幣充當硬幣電池正極，邊長3cm正方形餐巾紙浸入濃度20%的食鹽水溶液。
- (二) 鋁箔紙剪成不同大小的長方形，再分別折成邊長5cm正方形的鋁箔紙，鋁箔紙厚度各為1、2、3、4、5層，充當硬幣電池負極。



討論：

- (一) 2層的5cm正方形鋁箔紙測得電流稍大，換算成電功率也最大，後續研究就採用2層的5cm正方形鋁箔紙，也較能減少鋁箔紙用量。
- (二) 我們雖選擇2層的5cm正方形鋁箔紙，但後續研究可依實際需要，滾動式調整鋁箔紙面積、厚度。

結果：





## 六、探討哪一種重量百分濃度的食鹽水及糖水電解液最適合用在硬幣電池？

過程：

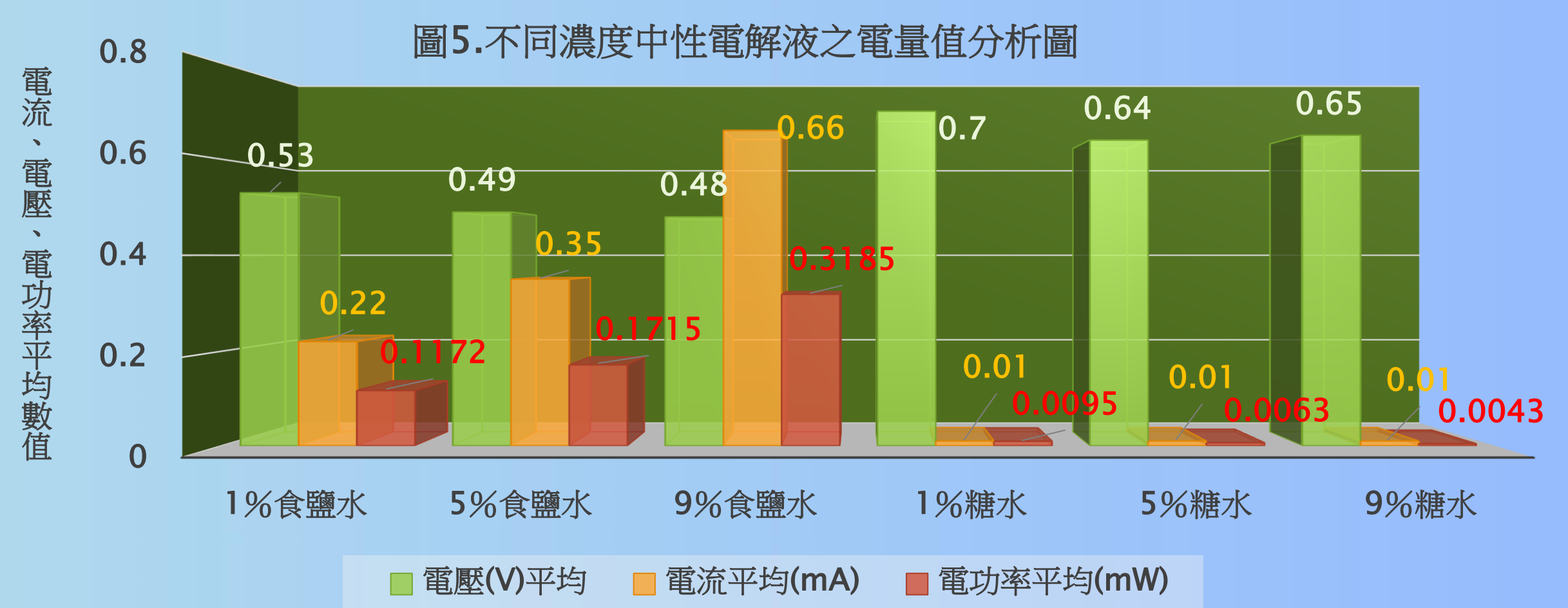
- 五十元硬幣充當硬幣電池正極，2層邊長5cm正方形鋁箔紙充當硬幣電池負極。
- 調製濃度分別為1%、5%、9%食鹽水及糖水溶液，分別充當電解液，將邊長3cm正方形的餐巾紙浸入不同濃度的食鹽水及糖水溶液中。



討論：

- 食鹽水及糖水皆屬於中性溶液，但二者導電性卻大不相同，食鹽水遠比糖水更適合用來充當硬幣電池的電解液。
- 濃度9%食鹽水與20%的食鹽水效果差異不大，可知濃度要適中，否則會是浪費食鹽；而濃度過高食鹽水，會導致五十元硬幣表面很快變黑。

結果：



## 七、探討不同重量百分濃度的酸性電解液是否適合用在硬幣電池？

過程：

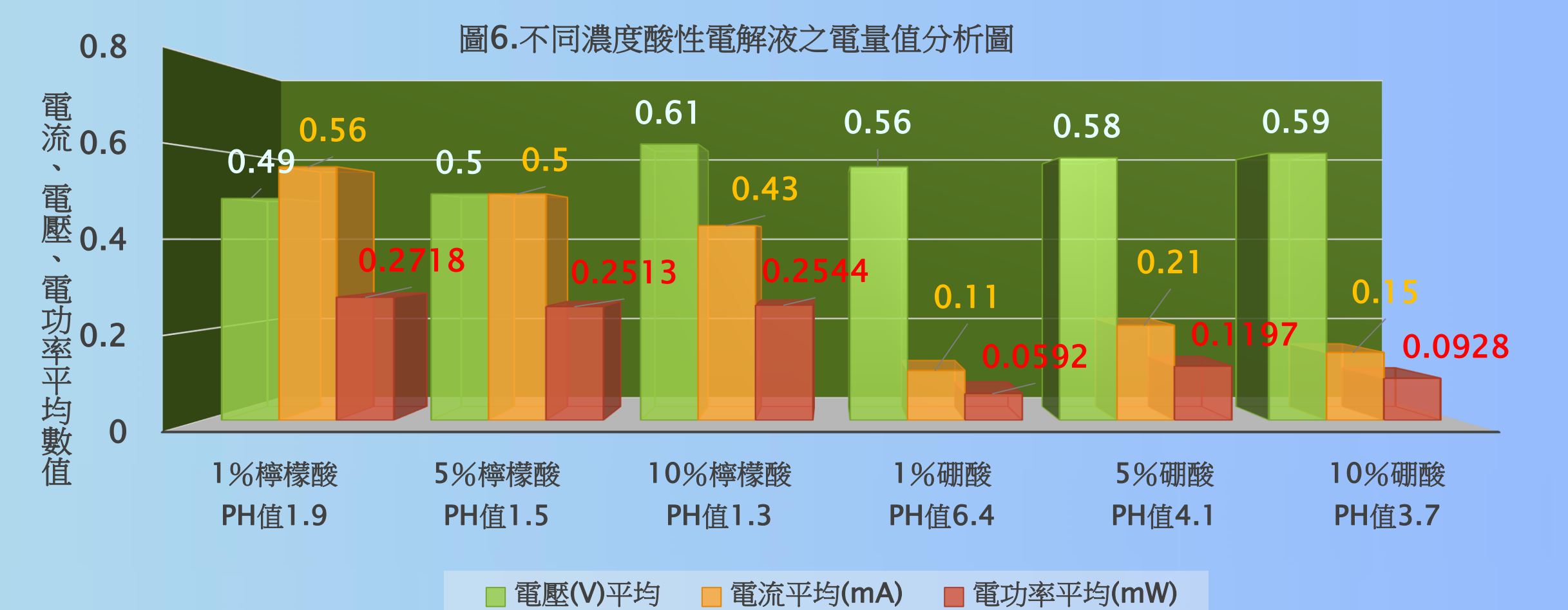
- 五十元硬幣充當硬幣電池正極，2層邊長5cm正方形鋁箔紙充當硬幣電池負極。
- 調製濃度分別為1%、5%、10%檸檬酸及硼酸水溶液充當硬幣電池電解液並測量PH值，再將邊長3cm正方形的餐巾紙浸入不同濃度的酸性電解液中。



討論：

- 不同濃度檸檬酸水溶液當電解液，硬幣電池測得電功率數值很接近；而檸檬酸水溶液濃度越高，並沒有測得較大電壓及較強電流的規律性。
- 不同濃度硼酸水溶液當電解液，硬幣電池測得電壓數值很接近；只是硼酸水溶液比檸檬酸測得電流明顯降低，導致電功率數值也隨之下降。
- 不同濃度酸性水溶液當電解液，硬幣電池測得電壓差異不大，但電流數值卻明顯與濃度9%食鹽水有所差異。

結果：



## 八、探討不同重量百分濃度的鹼性電解液是否適合用在硬幣電池？

過程：

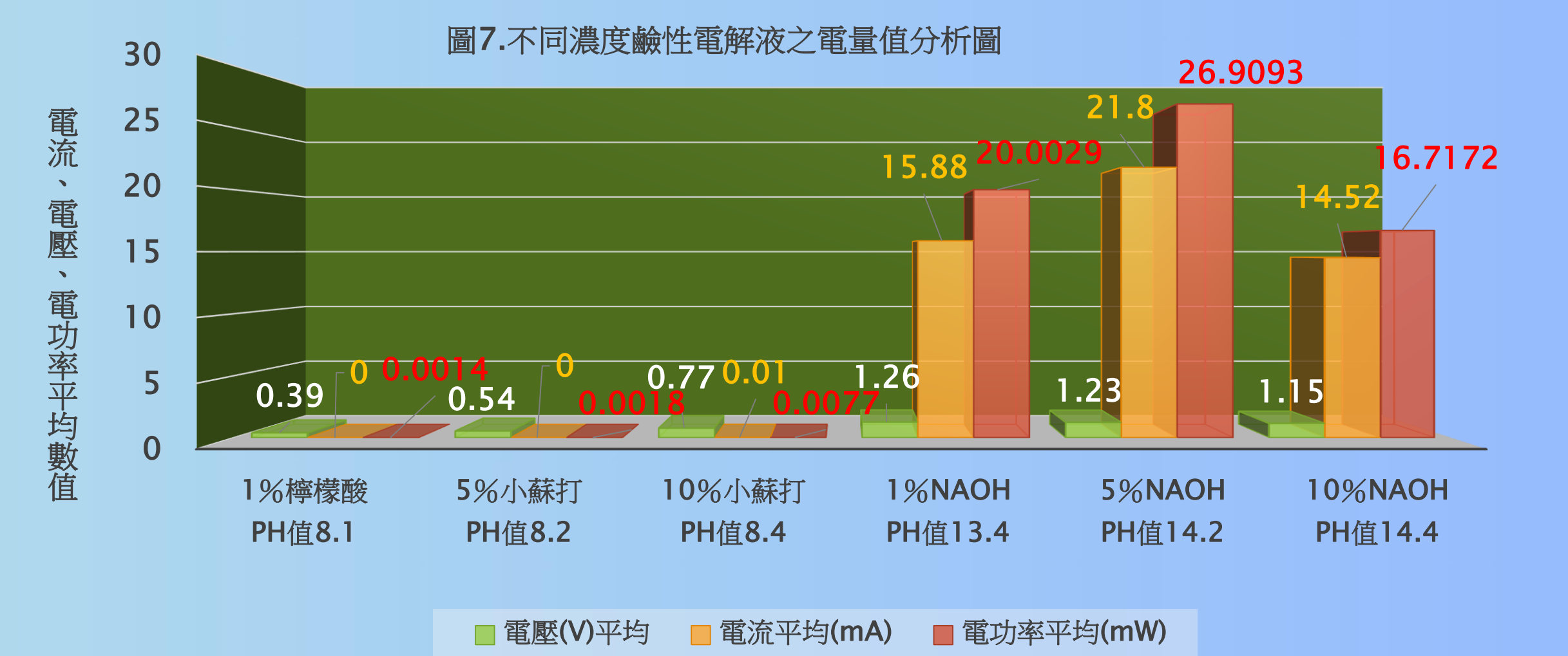
- 五十元硬幣充當硬幣電池正極，2層邊長5cm正方形鋁箔紙充當硬幣電池負極。
- 調製濃度分別為1%、5%、10%小蘇打及NaOH水溶液充當硬幣電池電解液並測量PH值，再將邊長3cm正方形的餐巾紙浸入不同濃度的鹼性電解液中。



討論：

- 調製的小蘇打水溶液屬於弱鹼性，用來當電解液，幾乎測不到電流，而電壓及電流是相輔相成，因而導致電功率也隨之大幅度下降。
- NaOH水溶液屬於強鹼性，不同濃度NaOH水溶液當電解液，硬幣電池測得電壓、電流雖沒有規律性；但與前面實驗比較，測得電壓及電流數值大幅增加3~4倍致使電功率數值呈現大幅度增加。

結果：



## 九、探討使用不同重量百分濃度的水晶肥皂充當成電解液是否適合用在硬幣電池？

過程：

- 五十元硬幣充當硬幣電池正極，2層邊長5cm正方形鋁箔紙充當硬幣電池負極。
- 調製濃度分別為1%、5%、10%肥皂水溶液，充當硬幣電池的電解液，並測量pH值，再將邊長3cm正方形的餐巾紙浸入不同濃度肥皂水溶液中。



討論：

- 肥皂也屬於鹼性，但肥皂製作過程中，內含NaOH與油脂產生皂化反應而形成脂肪酸鈉，因此無法取代NaOH在硬幣電池上使用。
- 綜合前面實驗結果，酸及鹼的物品充當電解液皆可使硬幣電池發電，因此可由食品著手，最後我們找到又酸又鹹的蜜餞來進行後續實驗。

結果：(一)

1%肥皂水溶液	5%肥皂水溶液	10%肥皂水溶液
pH值10.2	pH值10.6	pH值10.9

- 肥皂是用椰子油加上NaOH製造而成，是一種相對安全的實驗用品。
- 調製肥皂水溶液皆呈現膠水般濃稠狀，將餐巾紙浸入，僅上下二層沾上溶液，中間幾層餐巾紙乾乾的，肥皂水溶液幾乎無法滲入餐巾紙裡層。

## 十、探討不同的蜜餞食品充當成電解液是否適合用在硬幣電池？

過程：

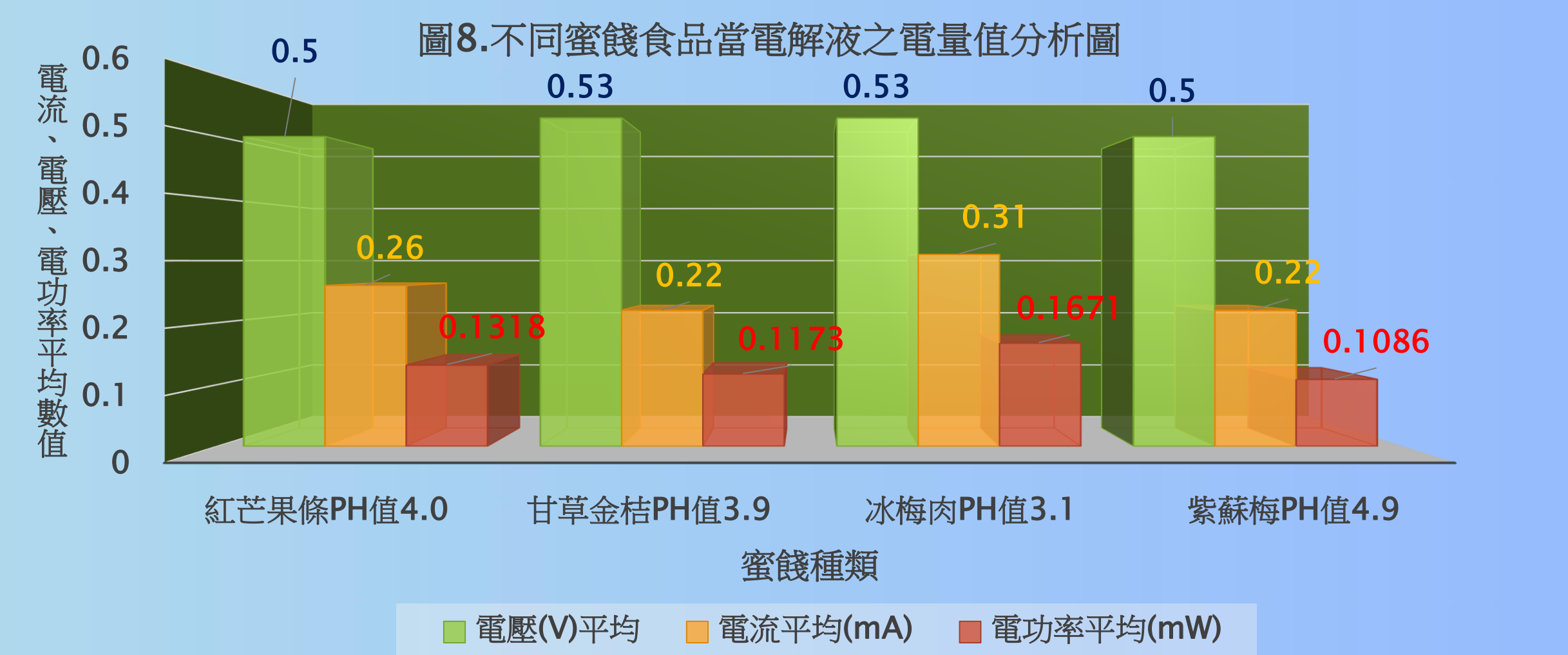
- 五十元硬幣充當硬幣電池正極，2層邊長5cm正方形鋁箔紙充當硬幣電池負極。
- 在燒杯各倒入200cc水，分別加入如結果所示的四種蜜餞各10g，搗爛攪拌混合充當硬幣電池的電解液，並測量pH值，再將邊長3cm正方形餐巾紙浸入不同蜜餞水溶液中。



討論：

- 不同蜜餞由不同水果及配方組合而成，這些成分可能都是影響電流的因素。
- 冰梅肉的口感最酸、最鹹，測得pH值也最小，在硬幣電池測得電流數值最強，換算成電功率最大，其次依序為紅芒果條、甘草金桔、紫蘇梅。
- 各種蜜餞雖然也添加糖，只是糖對硬幣電池的電流幾乎沒有影響。

結果：



## 十一、探討不同濃度的冰梅肉溶液充當電解液是否適合用在硬幣電池？

過程：

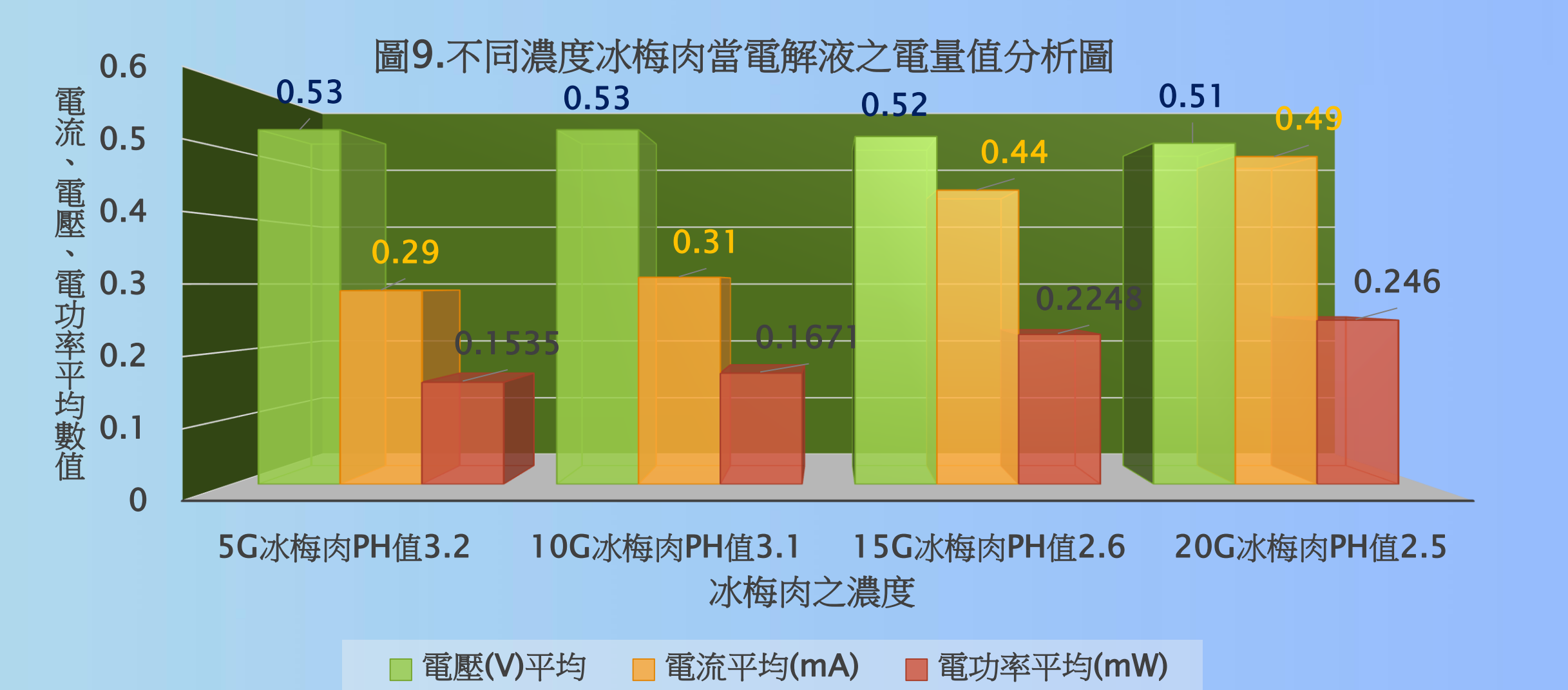
- 五十元硬幣充當硬幣電池正極，2層邊長5cm正方形鋁箔紙充當硬幣電池負極。
- 4個燒杯各倒入200cc水，再分別加入搗爛的冰梅肉5g、10g、15g、20g，攪拌混合後，充當硬幣電池的電解液，並測量pH值，再將邊長3cm正方形餐巾紙浸入不同濃度的冰梅肉水溶液中。



討論：

- 濃度越高的冰梅肉溶液，測得電流強度越大，換算成電功率數值也越大。
- 只是電流增加，換算成電功率變大，但電壓一直沒有太大變化；如果要使硬幣電池應用在日常物品的發電，這似乎是天方夜譚！
- 另外發現硬幣電池測得電壓、電流有越來越小的趨勢；我們認為長時間實驗，造成著硬幣無法清除的髒污，可能會影響實驗結果。

結果：



## 十二、探討不同數量50元硬幣是否對硬幣電池造成影響？

過程：

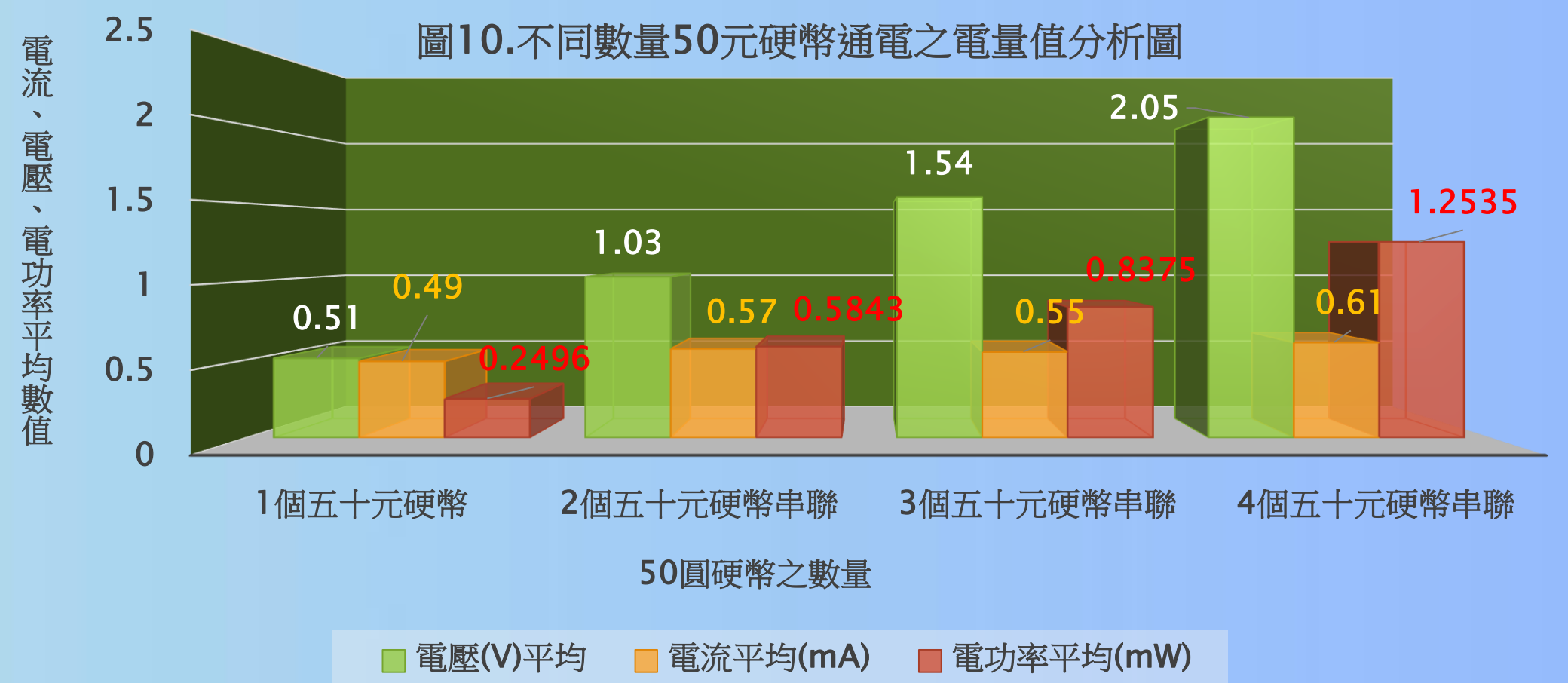
- (一) 1、2、3、4個新的五十元硬幣往上疊，以串聯方式充當硬幣電池正極；2層邊長5cm正方形鋁箔紙充當硬幣電池負極。
- (二) 搗爛冰梅肉20G倒入200cc水，攪拌混合後，充當硬幣電池的電解液，將邊長3cm正方形的餐巾紙浸入冰梅肉水溶液中。



討論：

- (一) 硬幣往上疊加，我們得到越多硬幣串聯，硬幣電池測得電流強度並未增加太多，但電壓數值卻呈倍數成長，換算成電功率也增加許多。
- (二) 鋁箔紙花太多時間擺放，使鋁箔紙、餐巾紙、硬幣相互接觸太久，影響測試結果，滾動修正以對折4層、邊長3cm正方形鋁箔紙進行後續研究。

結果：



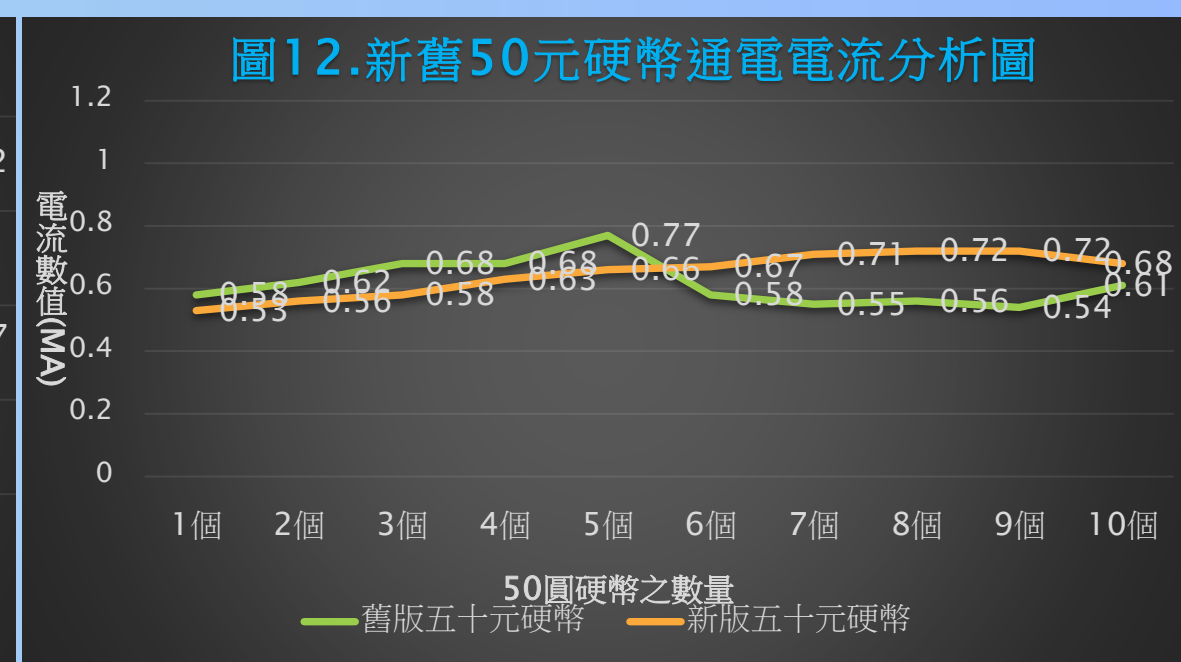
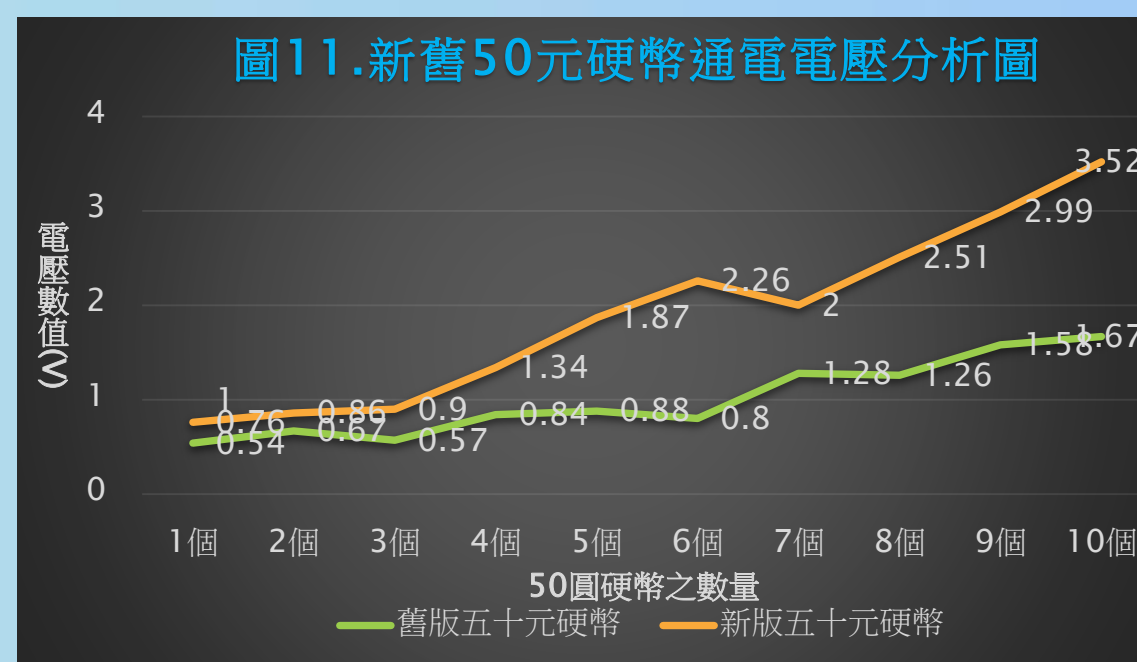
## 十三、探討新、舊不同數量50元硬幣在硬幣電池的影響？

過程：

- (一) 將新、舊五十元硬幣分開，分別逐個往上疊加，以串聯方式充當硬幣電池正極；4層邊長3cm正方形鋁箔紙充當硬幣電池負極。
- (二) 搗爛冰梅肉20g倒入200cc水，攪拌混合後，充當硬幣電池的電解液，將邊長3cm正方形的餐巾紙浸入冰梅肉水溶液中。

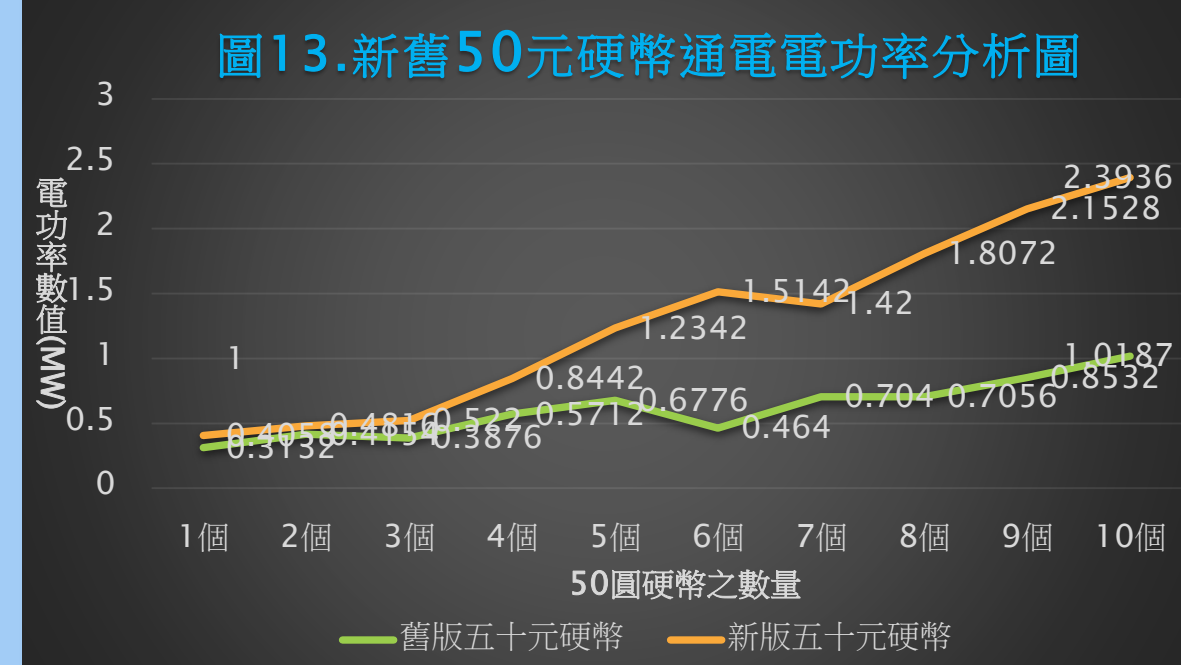


結果：



討論：

- (一) 硬幣分別逐個往上疊加，硬幣電池測得電流強度並沒有增加太多，但電壓數值有明顯成長，換算成電功率也增加許多。
- (二) 串聯10個新硬幣，LED很亮，而且穩定、持續；改以電子鐘測試，電子鐘也成功啟動。
- (三) 串聯10個長期使用舊硬幣，LED亮度微弱、電子鐘也時開時斷；舊硬幣的髒汙會影響硬幣電池發電。



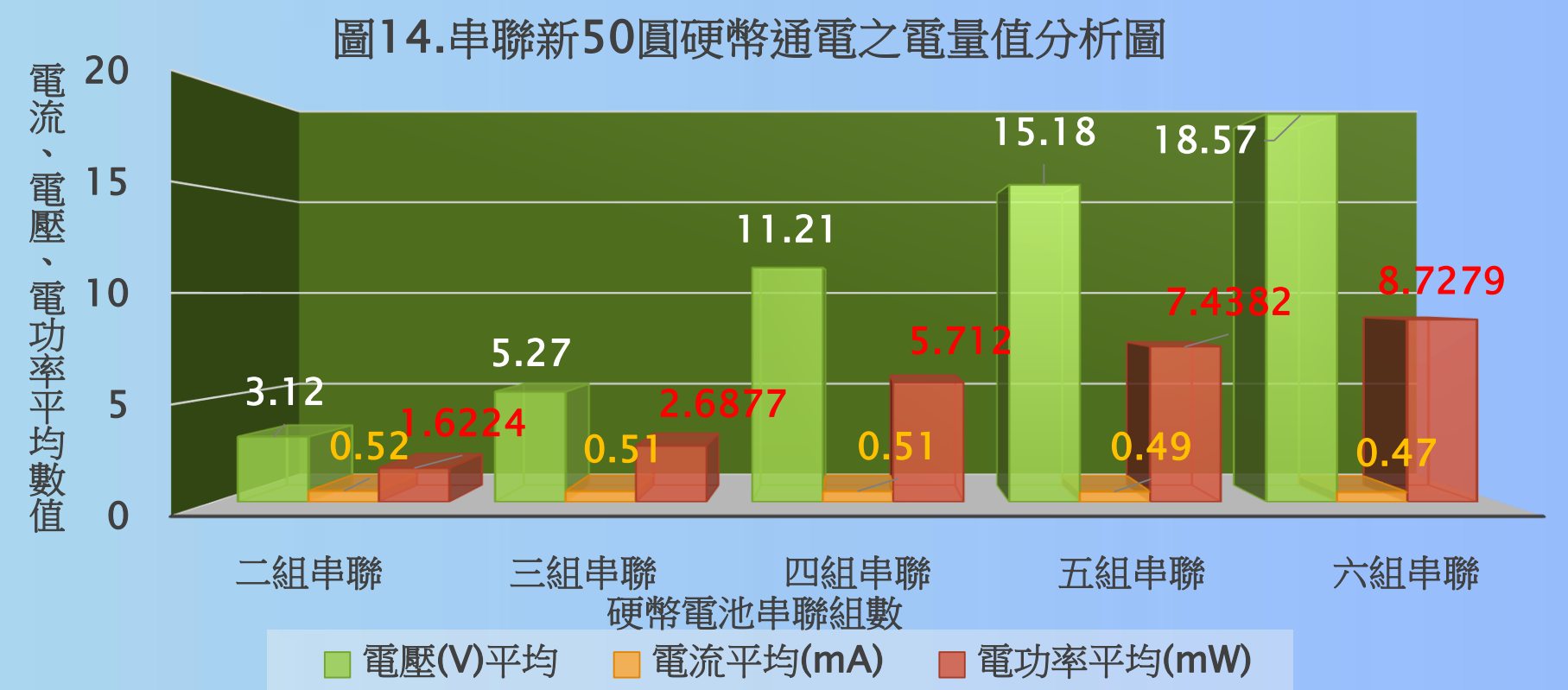
## 十四、探討串聯的五十元新硬幣電池對電流、電壓、電功率的影響。

過程：

- (一) 5個新五十元硬幣逐個往上疊加，成為一組串聯的硬幣電池，總共六組，再分別將二、三、四、五、六組硬幣電池以串聯方式連接。
- (二) 搗爛冰梅肉20g倒入200cc水，攪拌混合後，充當硬幣電池的電解液，將邊長3cm正方形的餐巾紙浸入冰梅肉水溶液中。



結果：



討論：

- (一) 硬幣電池串聯組數越多，電壓數值越高，電功率明顯上升；反之則越低、越小。
- (二) 硬幣電池串聯後的電流強度沒有增加，隨著串聯組數越多，反而略微下降，這是串聯電池組數時，花費太多時間在電線連接而導致。
- (三) 六組硬幣電池串聯，1.5V小燈泡突然發出短暫斷斷續續微弱且不穩定亮光；而手機則完全無法充電，應該是硬幣電池產生電流還是太小。

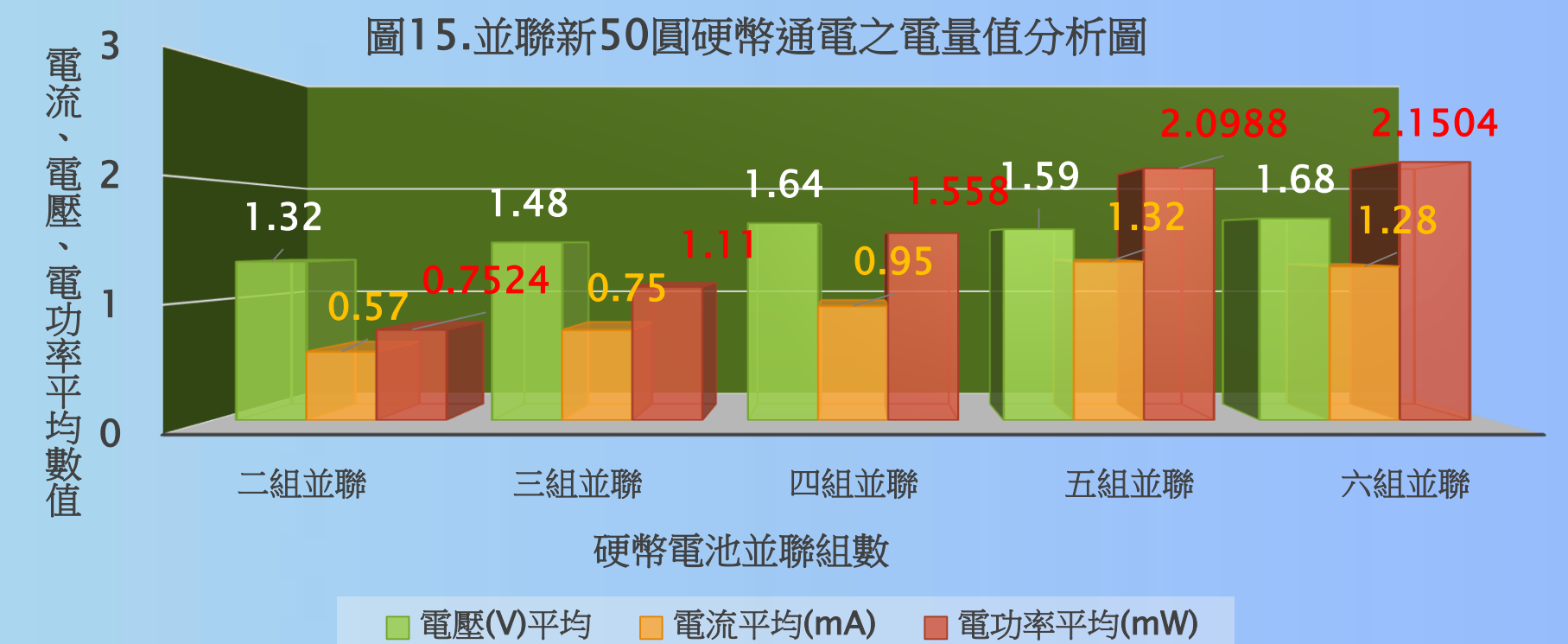
## 十五、探討並聯的硬幣電池對電流、電壓、電功率的影響。

過程：

- (一) 同實驗十四，分別將二、三、四、五、六組硬幣電池改以並聯方式連接。
- (二) 搗爛冰梅肉20G倒入200cc水，攪拌混合後，充當硬幣電池的電解液，將邊長3cm正方形的餐巾紙浸入冰梅肉水溶液中。



結果：



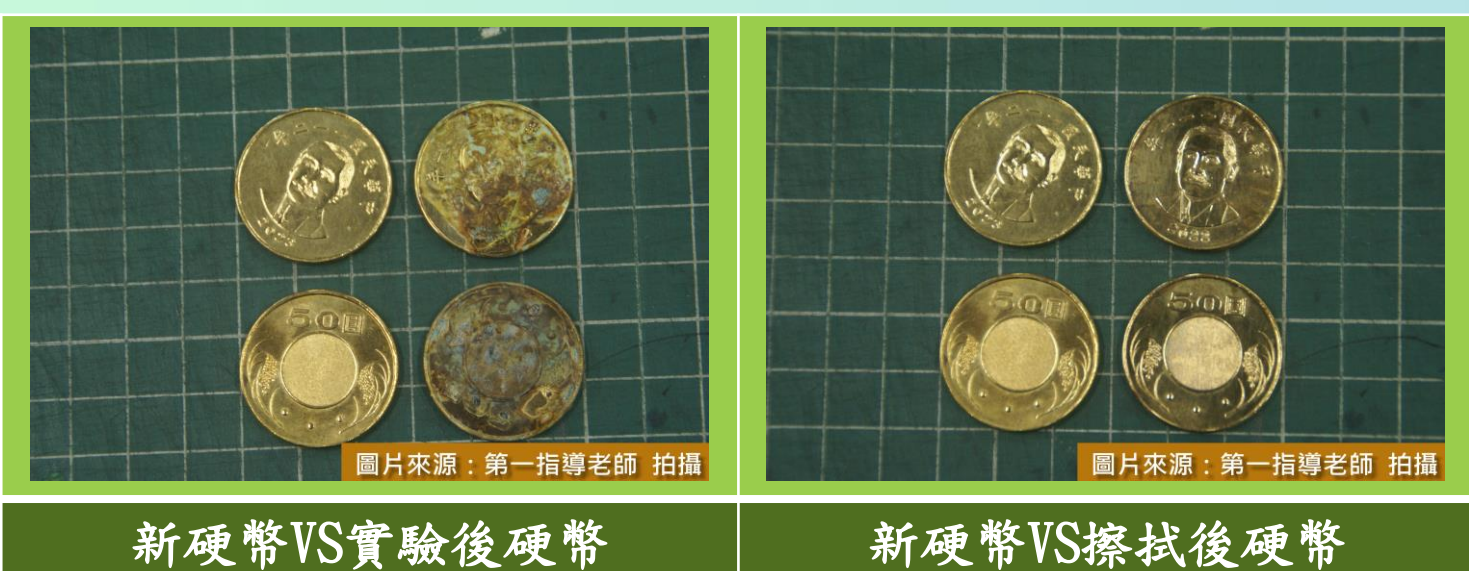
討論：

- (一) 硬幣電池並聯組數越多，電流強度有增加趨勢，但電壓數值並沒有明顯差異。
- (二) 六組並聯硬幣電池也只能使LED發光及啟動電子鐘，若真的要使用在其他電子產品，還是行不通。
- (三) 硬幣及鋁箔紙產生的電力雖然微小，但這是將科學原理運用出的產品，雖然還有改進空間，但也算是一種創意！

## 十六、探討如何還原五十元硬幣原本的面目。

過程：

- (一) 上網站查詢五十元硬幣的組成成分及將舊硬幣擦亮的方法。
- (二) 請教老師是否有比較好的方法。
- (三) 嘗試將實驗後硬幣擦拭乾淨，還原硬幣原本的光亮面貌。



結果：

- (一) 先依硬幣材質，再查詢將舊硬幣擦亮的方法，才能對症下藥。
- (二) 網路查得將舊硬幣擦亮的方法，約略有下列幾種：以牙膏、醋+鹽水、小蘇打溶液、清水、檸檬汁...用刷子刷洗。
- (三) 老師提及當年入伍，每天必須使用銅油擦拭皮帶的銅製扣環，否則扣環會髒汙生鏽。

討論：

- (一) 實驗過程中，已使用網路上的方法，嘗試將舊硬幣擦亮，只是硬幣髒汙情形愈來愈嚴重。
- (二) 銅製扣環與硬幣材質類似，銅油確實可將髒兮兮的硬幣擦拭乾淨。
- (三) 實驗過程確實會造成硬幣髒汙，髒兮兮的硬幣依然可以使用，但偶爾會有店員多看幾眼才收下。

## 伍、結論：

- 一、網路上利用「一元電池」能夠使手機充電的影片，經由實驗驗證應該是偽造的。
- 二、藉由「一元電池」影片，找出硬幣電池元件：硬幣、鋁箔紙、鹽水、餐巾紙、硬幣連接方式。
- 三、1及50元硬幣銅含量皆是92%，而50元硬幣面積大，產生較強電流、電功率，因而選用50元硬幣充當硬幣電池正極，而相關文獻都使用1元硬幣。
- 四、使用三用電表測量硬幣電池，需等到電流及電壓數值穩定後，才能得到正確數值。
- 五、具備吸附鹽水能力的材質，皆可使硬幣電池能夠產生功能；但電池二極之間隔著吸附電解液的材料以餐巾紙較佳。
- 六、硬幣電池研究皆使用鋁箔紙當負極，鋁箔紙面積、厚薄所測得電壓、電流差異不大；研究可依實際需要，滾動式調整鋁箔紙面積、厚薄。
- 七、濃度越高食鹽水充當電解液，測得電流越大；只是濃度9%與20%食鹽水效果差異不大，因此濃度要適中，否則是資源浪費。
- 八、不同濃度酸性水溶液當電解液，測得電壓數值很接近；以電流強度而言，檸檬酸比硼酸水溶液效果佳；只是檸檬酸水溶液濃度越高，並沒有測得越大電流的規律性，畢竟濃度過高的酸性水溶液可能會阻礙電流流動，稀釋後反而會讓電流流動更為順暢。
- 九、不同濃度鹼性水溶液當電解液，測得電流數值大不相同；其中NaOH水溶液測得電壓、電流及電功率則呈現大幅度倍數的增加。
- 十、成分比較單純的水晶肥皂含NaOH，但製作過程產生皂化反應；而調製的肥皂水溶液過於濃稠也不適合充當硬幣電池的電解液。
- 十一、冰梅肉吃起來酸酸鹹鹹，既可食用，它的酸、鹽濃度應該不會太高，實驗也比較安全，將蜜餞充當電解液應用在硬幣電池，也算創舉。
- 十二、濃度高的冰梅肉溶液，測得電流強度較大，只是電壓數值依舊很接近，但效果比單純的酸性及鹽水溶液要穩定。
- 十三、硬幣逐個往上疊加，得到越多硬幣串聯，硬幣電池的電流強度並沒有增加太多，但電壓數值卻呈倍數成長。
- 十四、硬幣電池並聯組數越多，電流強度有增加的趨勢，但電壓數值並沒有明顯差異，換算的電功率雖然也增加，只是並沒有大幅度增加。
- 十五、硬幣電池能點亮LED、成功啟動電子鐘，也讓1.5V小鎢絲燈泡發出短暫且斷斷續續微弱的光，這已是有所突破，但仍無法使手機充電。
- 十六、未來若使用強鹼性NaOH水溶液充當電解液，再結合硬幣電池的串聯及並聯，增強硬幣電池的電壓及電流，使手機充電將指日可待。
- 十七、硬幣電池經過實驗後，全新硬幣變得髒兮兮，雖然還能使用，但這是不負責任的行為；可使用銅油擦拭，恢復硬幣原貌，落實實驗倫理，只是無人提及此事，如今我們揭開「硬幣電池」研究隱藏的秘密，希望往後研究者能注意。