

嘉義市第 37 屆中小學科學展覽會
作品說明書

附件：說明書封面

科 別：物理科

組 別：國小組

作品名稱：電池燈泡實驗中的秘密

關 鍵 詞：電路、串聯、並聯 (最多三個)

編 號：

摘要

自然課「燈泡亮不亮」單元中學習電池、燈泡的串、並聯會影響燈泡亮度與點亮時間，我們一知半解將課本內容記憶下來，心中有許多疑惑，透過一系列的實驗以點亮鎢絲燈泡來比較三號碳鋅和鹼性和鎳氫電池的效能，發現鎳氫電池可多次重複充電使用，金錢、環保成本低，為選擇使用的首要推薦；實驗中三種電池電壓隨時間下降，而電流僅微幅下降，是有趣的發現。以單一電池連接單一燈泡為基準，2 顆電池串聯時燈泡亮度提高，電壓、電流均為 2 倍，可點亮時間未增加；電池並聯時，亮度、電流相同，電壓稍提高，可點亮時間延長 1/3，非預期的兩倍；兩燈泡串聯時，亮度、電流微弱，無實用價值；兩燈泡並聯，亮度、電壓不變，總電流變成 2 倍，點亮時間為 1/2，新-舊電池混用會造成舊電池成為電阻影響整體電路的工作效能並降低點亮時間及電池液外漏的風險，故新-舊電池不宜混用。

壹、 研究動機

自然課在上「燈泡亮不亮」的單元時我們學到，電池的串聯和並聯會影響燈泡的亮度和點亮時間，而同樣的電池，燈泡的串聯和並聯也會影響燈泡的亮度和點亮時間，燈泡的亮度差異在上課做實驗時有用肉眼實際觀測，但課堂上並沒有真正測試燈泡點亮時間，只是把課本內容記憶下來，到底影響燈泡亮度的原因是什麼呢？而點亮時間真的會變長或縮短嗎？課堂實驗中，我們燒壞了幾顆燈泡，能讓燈泡發亮或導致損壞的原因是甚麼呢？老師說鎳氫電池可重複充電利用較省錢、環保，電視廣告上宣稱鹼性電池電力超強，使用時間超久，這是真的嗎？另外網路上曾有傳言，不同種類的電池或新-舊電池混用，有可能會造成爆炸危險和效能減低，這是真的嗎？我們做了一系列的實驗，來解決心中的疑惑。

貳、 研究目的

- 一、比較碳鋅電池、鹼性電池和鎳氫電池的效能。
- 二、了解電池串聯對燈泡亮度影響及可點亮燈泡的時間。
- 三、了解電池並聯對燈泡亮度影響及可點亮燈泡的時間。
- 四、了解燈泡串聯對亮度的影響及其可點亮的時間。
- 五、了解燈泡並聯對亮度的影響及其可點亮的時間。
- 六、了解新-舊電池(不同電壓)混用 串/並聯的情況。

參、實驗設備與材料

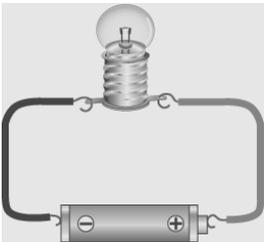
三號鎳氫電池	燈泡座	錄影器材	電線
碳鋅電池	鎢絲燈泡	腳架	電池充電器
鹼性電池	三用電表	電腦	手機
電池座	數位電壓電流表	鱷魚夾	手機行動電源

肆、研究方法與步驟

從先前實驗操作經驗中得知，電路連接優劣由優到劣分別是 焊接>鎖螺絲>鱷魚夾>擰絞>搭接，因此多方考量之下決定以鱷魚夾連接燈泡-燈泡座組，電池-電池座組，以達到電路連接穩定、便捷、可靠的實驗結果。

一、比較碳鋅電池、鹼性電池和鎳氫電池的效能(以電壓，燈泡點亮時間表示)

1. 使用全新碳鋅電池、全新鹼性電池和充飽電的鎳氫電池，連接鎢絲燈泡(圖 1)。
2. 加上三用電表測量電壓變化，計時，錄影(圖 2、3、4)，
3. 以電腦重複播放影片檔案做分析，並記錄燈泡可點亮的時間。
4. 繪圖、列表比較各種電池的效能。

	
<p>圖 1: 單一 電池連接單一燈泡 連接圖</p>	<p>圖 2: 碳鋅電池 x1 連接單一燈泡 (永備 3 號碳鋅)</p>
	
<p>圖 3: 鹼性電池 x1 連接單一燈泡 (永備 3 號鹼性)</p>	<p>圖 4: 鎳氫電池 x1 連接單一燈泡 (湯淺 3 號鎳氫+電流電壓表和電線連接座)</p>

鎳氫電池可重複使用充放電，除了比一次性電池環保、省錢外，還可多次重複操作，符合可重複驗證的科學性，故之後的實驗都以鎳氫電池操作。

二、電池串聯對燈泡亮度影響及可點亮燈泡的時間

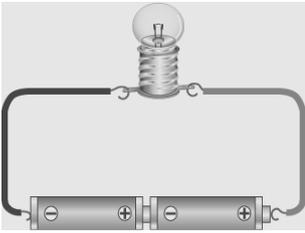
(一)多顆電池串聯實驗

1. 電路分別連接單一電池或串聯 2、3、4、5 顆鎳氫電池和鎢絲燈泡。
2. 觀測燈泡的亮度(或燒壞)，記錄。
3. 連接三用電表，測量、記錄電壓、電流變化。
4. 錄影以電腦螢幕重複播放影片做分析，記錄燈泡可點亮的時間。

燈泡亮度會有明暗差異變化，不易量化；藉由電路改進裝上(串接)連接數字電流表，可觀測出燈泡亮度和通過電流有顯著的正相關，並且可記錄電路電流值與變化。

(二)兩顆電池串聯實驗

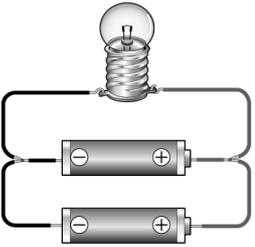
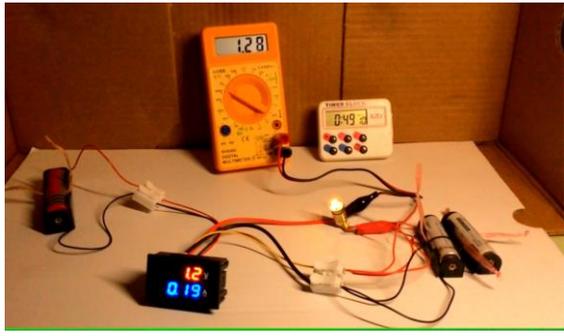
1. 電路分別連接串聯兩顆鎳氫電池和鎢絲燈泡(圖 5)。
2. 觀測燈泡的亮度，記錄。
3. 連接數位電壓電流表(圖 6)，測量、計時，錄影記錄電壓、電流變化。
4. 錄影以電腦螢幕重複播放影片做分析，記錄燈泡可點亮的時間。

	
圖 5: 電池 x2 串聯連接單一燈泡 電路圖	圖 6: 鎳氫電池 x2 串聯連接單一燈泡 (湯淺 3 號鎳氫 x2+電流電壓表和電線連接座)

三、電池並聯對燈泡亮度影響及可點亮燈泡的時間

電池並聯實驗

1. 電路並聯兩顆鎳氫電池，連接鎢絲燈泡(圖 7)
2. 觀測燈泡的亮度，記錄。
3. 連接數位電壓電流表(圖 8)，測量、記錄電壓、電流變化。
4. 錄影以電腦螢幕重複播放影片做分析，記錄燈泡可點亮的時間。

	
<p>圖 7: 電池 x2 並聯連接單一燈泡 電路圖</p>	<p>圖 8: 鎳氫電池 x2 並聯連接單一燈泡 (湯淺 3 號鎳氫 x2+ 電壓電流表和電線連接座)</p>

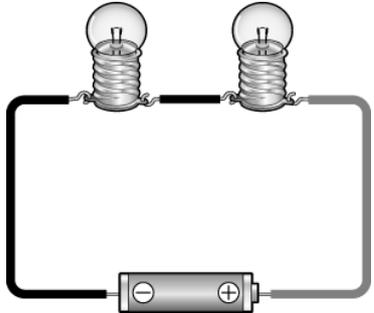
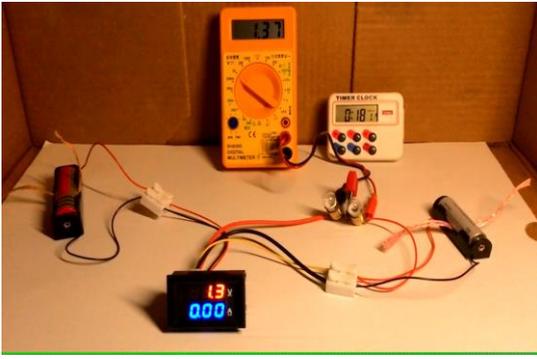
四、燈泡串聯對亮度的影響及其可點亮的時間

(一) 多顆燈泡串聯實驗

1. 以一個鎳氫電池做為電源，電路上分別連接 1 個、串聯 2 個及 3 個鎢絲燈泡(圖 9)。
2. 觀測燈泡的亮度，測量一接通的初始通路電壓、電流。

(二) 兩顆燈泡串聯實驗

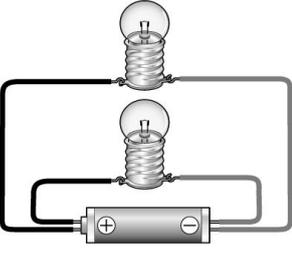
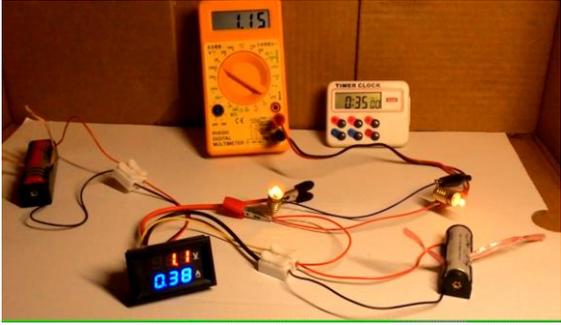
1. 連接數位電壓電流表(圖 10)，測量、記錄電壓變化。
2. 以錄影機錄製燈泡可點亮的時間，在電腦上分析並記錄時間。

	
<p>圖 9: 燈泡 x2 串聯連接單一電池 電路圖</p>	<p>圖 10: 燈泡 x2 串聯連接單一電池 (湯淺 3 號鎳氫+ 電壓電流表和電線連接座)</p>

五、燈泡並聯對亮度的影響及其可點亮的時間

燈泡並聯實驗

1. 以一個鎳氫電池做為電源，電路上分別連接 1 個，或 2 個燈泡並聯(圖 11)
2. 觀測燈泡的亮度。
3. 連接數位電壓電流表(圖 12)，測量、記錄電壓及電流變化。
4. 以錄影機錄製燈泡可點亮的時間，在電腦上分析並記錄時間。

	
<p>圖 11:燈泡 x2 並聯連接單一電池 電路圖</p>	<p>圖 12:燈泡 x2 並聯連接單一電池 (湯淺 3 號鎳氫+電壓電流表和電線連接座)</p>

六、了解新-舊電池(不同電壓)混用的情況

以鎳氫電池調控電池的電壓，模擬新或舊電池(電壓差異)

(一)新-舊電池混用 串聯實驗

1. 以充飽電的鎳氫電池(1.37V)和舊鎳氫電池(1.15 V)，分別當作新電池及舊電池，兩電池串聯，連接鎢絲燈泡。
2. 觀測燈泡亮度。
3. 連接數位電壓電流表，測量、記錄電壓及電流變化。
4. 以錄影機錄製燈泡可點亮的時間，在電腦上分析並記錄時間。

(二)新-舊電池混用並聯實驗

1. 以充飽電的鎳氫電池(1.37V)和舊鎳氫電池(1.15 V)，分別當作新電池及舊電池，將兩者並聯，連接鎢絲燈泡。
2. 觀測燈泡亮度，測量、記錄電流及電壓變化。
3. 連接數位電壓電流表，測量、記錄電壓及電流變化。
4. 以錄影機錄製燈泡可點亮的時間，在電腦上分析並記錄時間。

伍、研究結果與討論

一、比較碳鋅、鹼性及鎳氫電池的效能

1. 三種電池電壓隨時間變化如圖 13、14、15，整理其效能比較如表 1。

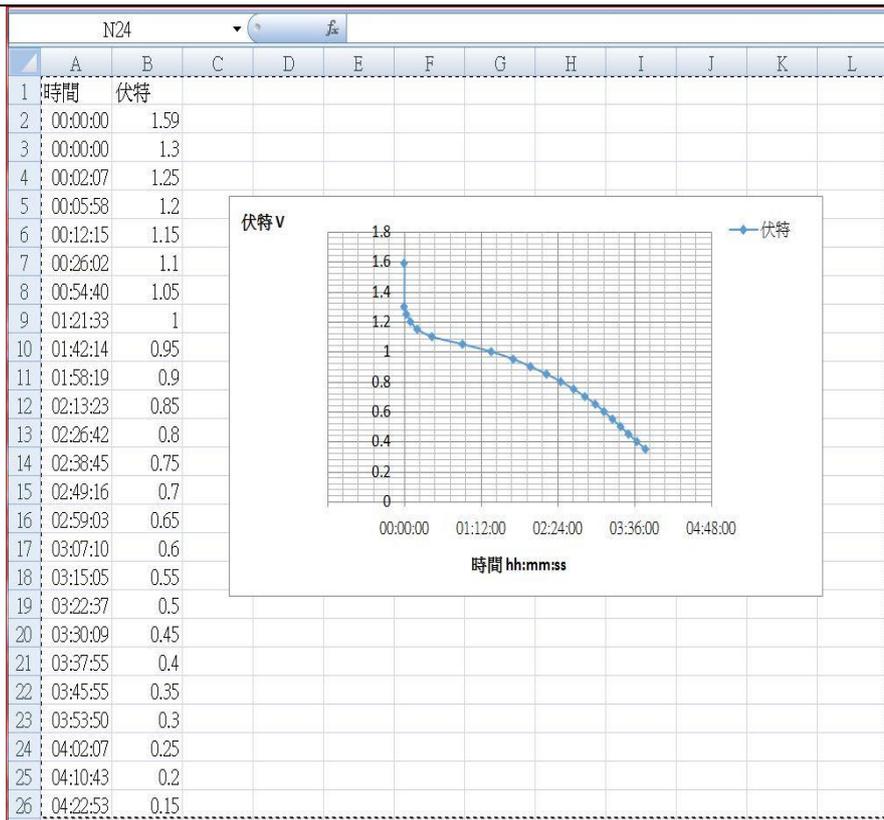


圖 13: 碳鋅電池 x1 連接單一燈泡：電壓/點亮時間 折線圖

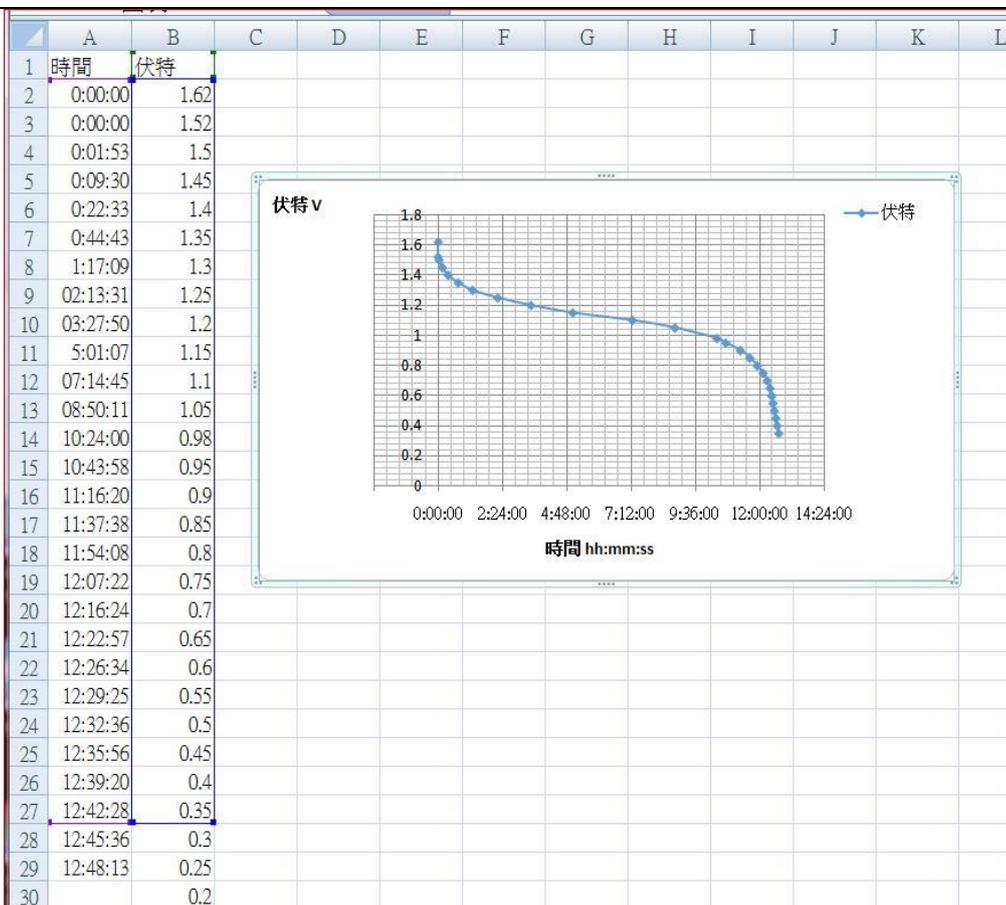


圖 14: 鹼性電池 x1 連接單一燈泡： 電壓/點亮時間 折線圖

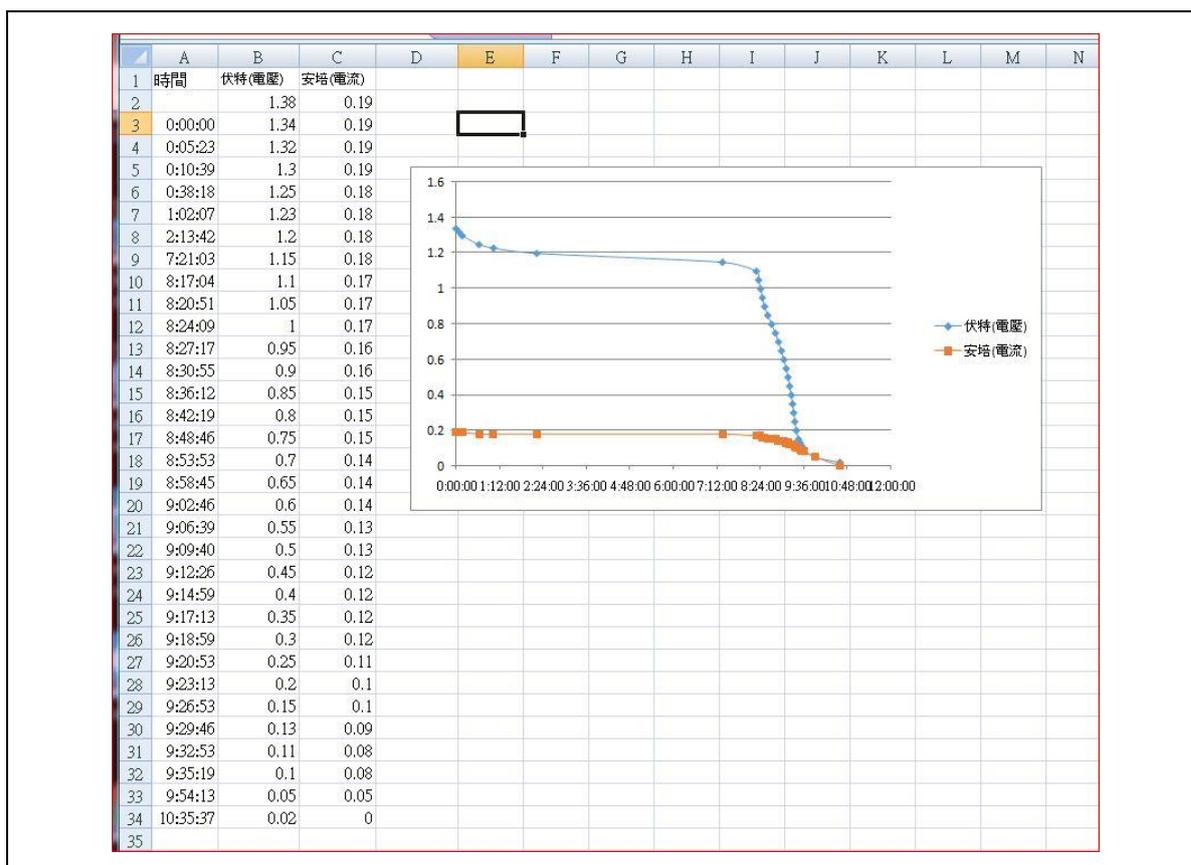


圖 15: 鎳氫電池 x1 連接單一燈泡： 電壓, 電流 / 點亮時間 折線圖

表 1: 三種電池效能比較表

電池種類	碳鋅	鹼性(強力)	鎳氫
電池端電壓(伏特)	1.59	1.62	1.37
初始通路電壓(伏特)	1.30	1.52	1.34
點亮燈泡時間	3 小時 22 分	12 小時 29 分	9 小時 9 分
平均售價	約 7 元/顆	約 13 元/顆	可充電 1500-2000 次

- 由表 1 可知，3 號碳鋅、鹼性、鎳氫電池的端電壓分別是 1.59、1.62 和 1.37V，一開始的通路電壓 1.30V，1.52V，1.34V。
- 由圖 13 及表 1 可以發現碳鋅電池雖然端電壓高達 1.59 V，但一接通即降至 1.30V，電池效能較差。
- 實驗中觀察到無論使用哪一種電池，當電路中通路電壓小於 0.5V 時，燈泡亮度變得很微弱，因此我們以 0.5V 以上的電壓做為可點亮時間。
- 三種電池可點亮燈泡時間比較：強力鹼性電池(12.5 小時)長於鎳氫電池(9 小時)，而一般人最常使用的碳鋅電池僅約 3.5 小時，時間最短。
- 我們購買的鹼性電池包裝上印著[電力達 8 倍，效能更持久]，一旁小字寫著 [與一般碳鋅電池用於閃光燈測試時相比]，但實驗時可點亮時間僅約碳鋅電池的 4 倍，應該是與出廠測試方式不同所致。

7. 實驗過程中雖然電池電壓一直下降，以鎳氫電池為例(通路電壓從 1.34V 降至 0.5V)，但電流一直維持在 0.19A 到 0.13A 間，電流下降程度較不明顯。
8. 充飽電的鎳氫電池雖然端電壓較小(1.37V)，初始通路電壓(1.34V)與其較接近，使用時間長又可重複充電(產品說明可重複充電 1500-2000 次)，單次成本低(單次充放電電約 3W×10 小時--換算台電電費每度電約 2.7 元台幣，僅花費 0.081 元，加上充電時相關耗損及分攤設備，是值得推薦使用的選擇。
9. 鎳氫充電電池可重複使用充放電，除了比一次性電池較省錢外，還可多次重複操作，符合可重複驗證的科學性。

二、電池串聯對燈泡亮度影響及可點亮燈泡的時間

(一)多顆電池串聯實驗

1. 實驗結果如表 2，串聯 3、4、5 顆電池分別在 13 分，1 分 41 秒，2 秒鐘燒壞燈泡，顯示 3 顆以上鎳氫電池串聯對鎢絲燈泡而言電壓過高，因此之後的實驗都以兩顆電池做串、並聯。

表 2: 多顆電池串聯比較表

多顆電池串聯狀況	1 顆電池/1 顆燈泡	2 電池串聯	3 顆電池串聯	4 顆電池串聯	5 顆電池串聯
電池端電壓(伏特)	1.38	2.75	3.94	5.26	6.57
初始通路電壓(伏特)	1.34	2.73	3.75	4.97	6.57
初始電流(安培)	0.19	0.38	X	X	X
燈泡亮度	亮	非常亮	非常亮	非常亮	非常亮
備註	點亮 9 小時 09 分	點亮 8 小時 51 分	13 分 09 秒 燒壞	1 分 41 秒燒壞	約 2 秒燒壞 無法量測

(二)兩顆電池串聯實驗

1. 兩顆電池串聯時，電壓、電流變化如圖 16。
2. 兩顆電池串聯，點亮燈泡亮度非常亮，電池的端電壓(2.75V)和初始通路電壓(2.73V)約為連接單一電池的 2 倍，初始電流 0.38A 亦為兩倍。
3. 兩顆電池串聯，可點亮燈泡的時間為 8 小時 51 分，與單顆電池連接燈泡(9 小時 9 分)相近。

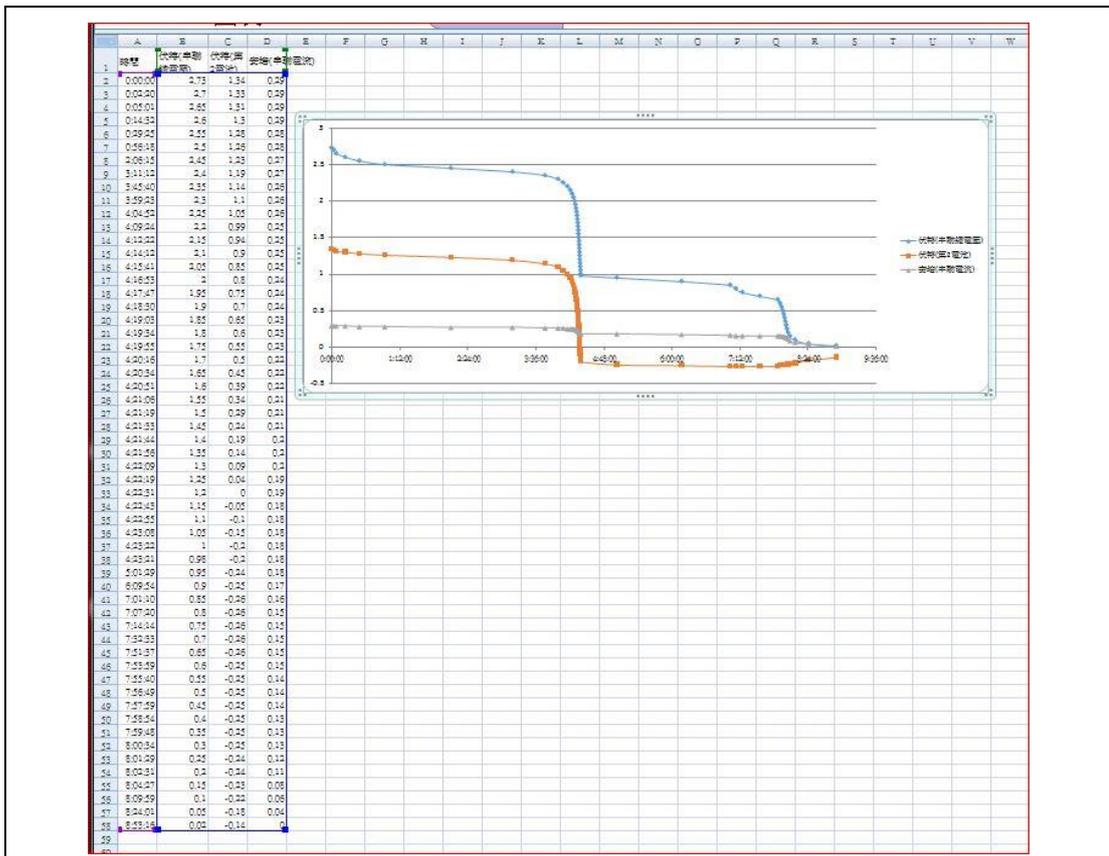


圖 16: 鎳氫電池 x2 串聯連接單一燈泡: 電壓、電流/點亮時間 折線圖

三、電池並聯對燈泡亮度影響及可點亮燈泡的時間

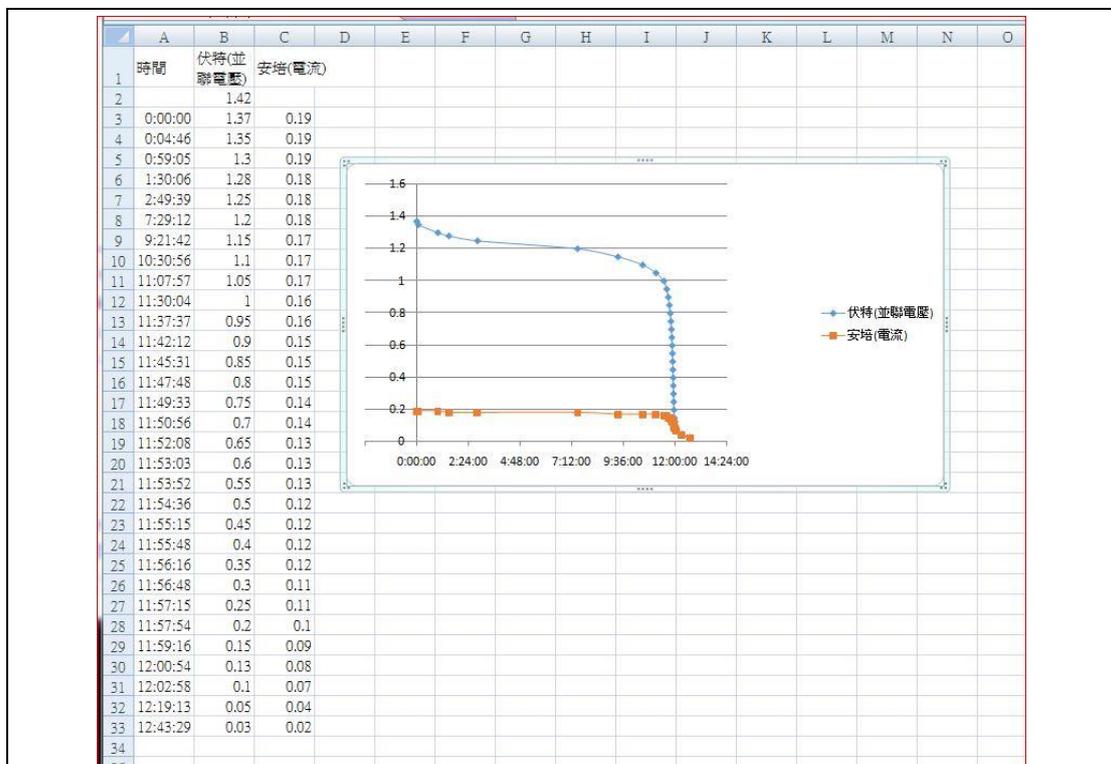


圖 17: 鎳氫電池 x2 並聯接單一燈泡 電壓、電流/點亮時間 折線圖

1. 兩電池並聯時，電壓、電流變化結果如圖 17，點亮的燈泡亮度與單顆電池相當。
2. 初始通路電壓(1.37V)比單一電池連接單一燈泡(1.25V)稍微高一些，兩者電流相同(0.19A)。
3. 兩電池並聯時，點亮燈泡的時間(11 小時 54 分)比單一電池(9 小時 9 分)多出約 1/3，不是預期的 2 倍時間(表 3)。

表 3:兩顆電池串、並聯比較表

電池、燈泡串/並聯狀況	1 顆電池連接 1 顆燈泡	2 電池串聯/1 顆燈泡	2 電池並聯/1 顆燈泡
電池端電壓(伏特)	1.37	2.75	1.42
初始通路電壓(伏特)	1.25	2.28	1.37
初始電流(安培)	0.19	0.38	0.19
燈泡亮度	亮	非常亮	亮
點亮時間	9 小時 09 分	8 小時 51 分	11 小時 54 分

四、燈泡串聯對亮度的影響及其可點亮的時間

(一)多顆燈泡串聯

- 1.不同數量燈泡串聯比較如表 4。
- 2.兩顆燈泡串聯點亮時，兩燈泡亮度均微弱，但仍有明暗之分，顯示同一批出廠的鎢絲燈泡，彼此間仍存在差異。
- 3.兩顆燈泡串聯時，總電壓與單一燈泡相同(1.37V)，分別測量兩顆燈泡端電壓為 0.69V 和 0.53V，有高低之分，初始電流較連接單一燈泡(0.19A)小，僅 0.14A。
- 4.三顆燈泡串聯時，一顆僅微亮，另外兩顆以肉眼看不到燈泡亮度，分別測量三顆燈泡端電壓為 0.45V 和 0.43V 和 0.31V，而電流僅 0.12A，無實用價值。

表 4: 二、三顆燈泡串聯比較表

電池、燈泡串/並聯狀況	1 顆電池連接 1 顆燈泡	1 電池/2 顆燈泡串聯		1 電池/3 顆燈泡串聯		
電池端電壓(伏特)	1.37	1.37		1.37		
單一燈泡初始通路電壓(伏特)	1.25	0.69	0.53	0.45	0.43	0.31
初始電流(安培)	0.19	0.14		0.12		
燈泡亮度	亮	兩顆都僅微亮		1 顆微亮，另外兩顆肉眼看不到亮度		

(二)兩顆燈泡串聯

- 1.兩燈泡串聯之電壓變化結果如圖 18，兩燈泡亮度均很微弱。
- 2.兩燈泡串聯時，亮度極微弱，初始電流 0.14A，無實用價值。

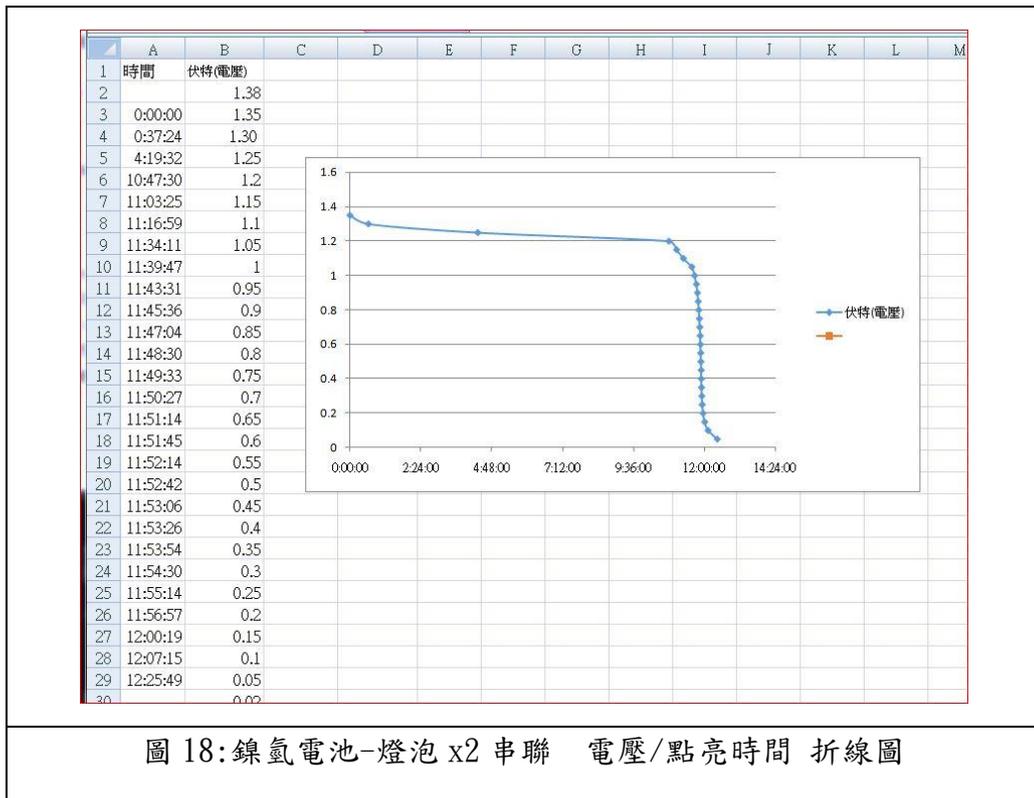


圖 18: 鎳氫電池-燈泡 x2 串聯 電壓/點亮時間 折線圖

五、燈泡並聯對亮度的影響及其可點亮的時間

1. 兩燈泡並聯試驗點亮時，兩燈泡亮度與連接單一燈泡相當，其電壓變化如圖 19。
2. 兩燈泡並聯時電壓與單一電池連接單一燈泡相同，因兩燈泡分別同時點亮，故初始通路總電流為連接單一燈泡的 2 倍。
3. 兩燈泡並聯時因兩燈泡同時點亮消耗，點亮的時間(4 小時 8 分)僅約單一電池燈泡連接的一半(表 5)。

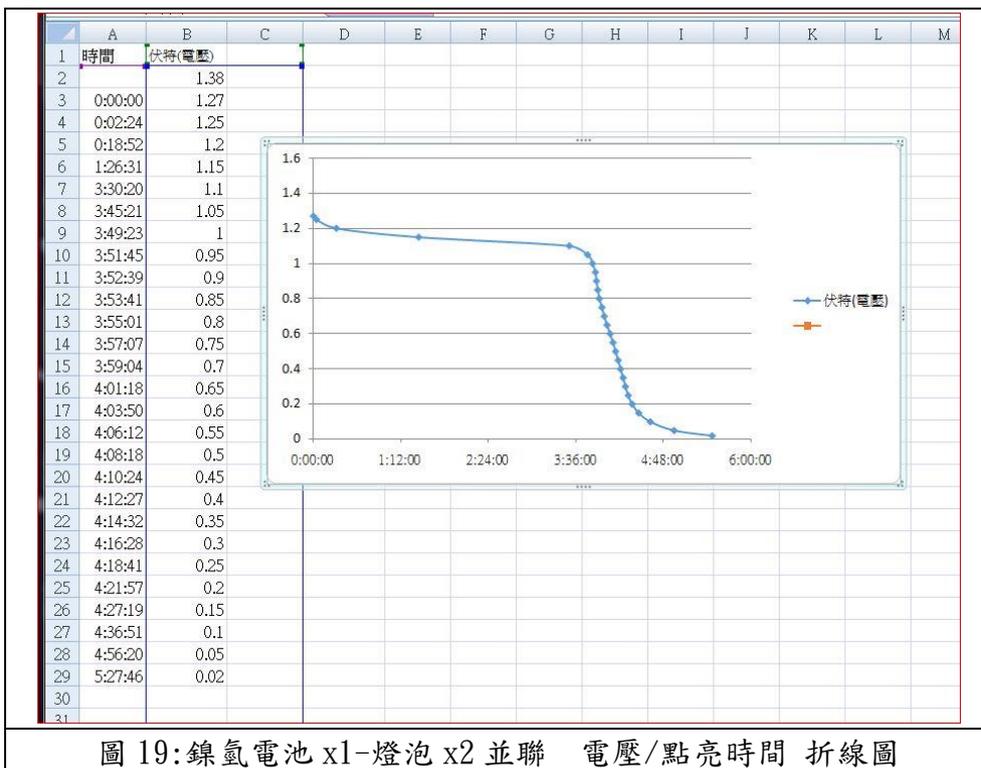


圖 19: 鎳氫電池 x1-燈泡 x2 並聯 電壓/點亮時間 折線圖

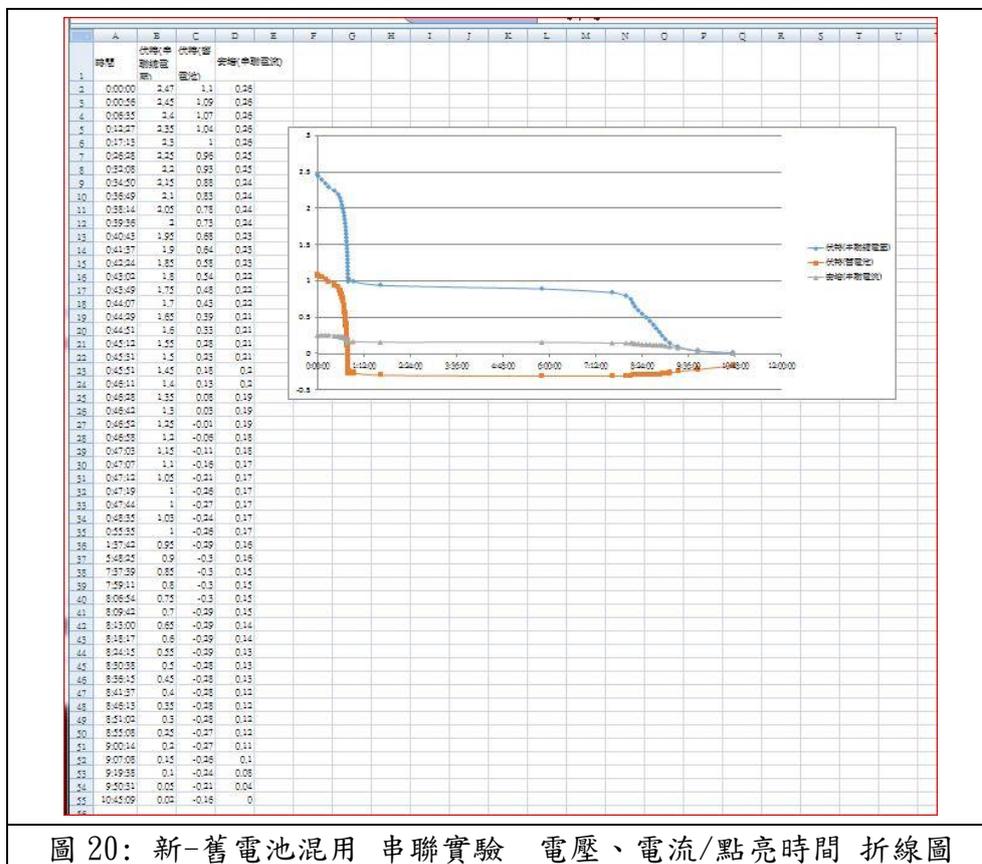
表 5: 電池、燈泡串/並聯比較表

電池、燈泡串/並聯狀況	1 顆電池連接 1 顆燈泡	2 電池串聯 /1 顆燈泡	2 電池並聯 /1 顆燈泡	1 電池/2 燈泡串聯	1 電池/2 燈泡並聯
電池端電壓(伏特)	1.37	2.75	1.38	1.37	1.37
初始通路電壓(伏特)	1.25	2.28	1.37	1.28	1.27
初始電流(安培)	0.19	0.38	0.19	0.14	0.38
燈泡亮度	亮	非常亮	亮	兩顆均不太亮	亮
點亮時間	9 小時 09 分	8 小時 51 分	11 小時 54 分	亮度小 無實用價值	4 小時 8 分

六、新-舊電池(不同電壓)混用 串/並聯的情況

(一)新-舊電池混用 串聯實驗

1. 新-舊電池混用 串聯實驗，電壓變化/點亮時間結果 如圖 20。



- 2.新-舊電池混用 串聯，45 分鐘時，新-舊混用的電池總電壓從 2.47 V 快速降至 1.55V，兩新電池串聯時，則到 3 小時 10 分至 4 小時(2.4V 降至 1.0 V)，電壓才顯著下降，可見新-舊電池混用 串聯電路會使電池使用效能減低。
3. 由新-舊電池混用串聯電路實驗過程(圖 20)在燈泡點亮約 45 分鐘後，總電壓從 2.47 V 快速降至 1.55 V，乃舊電池的電壓下降(1.15V 降至 0.28V)所導致。
- 4.新-舊電池混用串聯，會造成舊電池輸出電壓在 48 分鐘下降至負值-0.24V(三用電表量測出反向電壓值)，造成串聯總電壓下降至 1.03V，電路電流也僅 0.17A，比一個正常電池連接燈泡點亮電流(0.18 A)還小。
- 5.在新-舊電池混用 串聯實驗可發現，電路燈泡點亮約 48 分鐘後，猶如舊電池變成串接一個電阻，降低串聯電路總電壓，減少工作電流輸出

(二)新-舊電池混用 並聯實驗

1. 新-舊電池混用 並聯，電壓、電流/變化點亮時間 結果如圖 21。

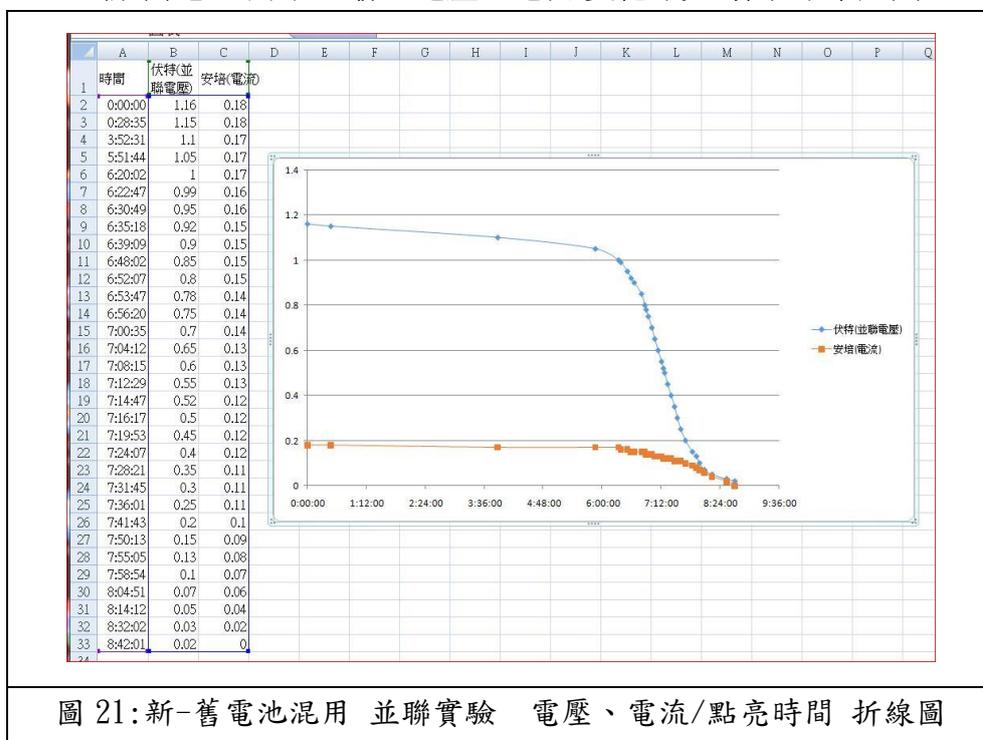


圖 21:新-舊電池混用 並聯實驗 電壓、電流/點亮時間 折線圖

2. 新-舊電池混用 並聯時，燈泡亮度與兩顆新電池並聯相當。
3. 新-舊電池混用 並聯時，初始通路電壓(1.15V)比兩個新電池並聯時(1.37V)小很多(表 6)。
4. 新-舊電池混用 並聯時，可點亮燈泡的時間(7 小時 15 分)比兩個新電池並聯(11 小時 54 分)短許多，可見新-舊電池混用 並聯電路會使電池使用效能減低。

表 6: 新-新電池，新-舊電池混用 串、並聯實驗比較表

電池新舊 串/ 並聯狀況	1 顆電池連接 1 顆燈泡	2 顆新電池 串聯	新-舊電池 混用 串聯	2 顆新電池 並聯	新-舊電池 混用 並聯
電池端電壓 (伏特)	1.37	2.75	2.47	1.42	1.16
初始通路電 壓(伏特)	1.25	2.28	2.45	1.37	1.15
初始電流(安 培)	0.19	0.38	0.26	0.19	0.18
燈泡亮度	亮	非常亮	非常亮	亮	亮
點亮時間	9 小時 09 分	8 小時 51 分	8 小時 30 分	11 小時 54 分	7 小時 15 分

陸、結論:

- 一、3 號鎳氫電池用在鎢絲燈泡點亮時間約為碳鋅電池的 3 倍，僅略低於強力鹼性電池，且可多次(1500-2000 次)充電使用；考量電池效能及金錢、環保的成本，我們推薦鎳氫電池為選用電池。
- 二、不同電器有不同的工作電壓，3 顆電池串聯的電壓對鎢絲燈泡已過高，因此燈泡都在短時間內燒壞。
- 三、兩顆電池串聯，燈泡亮度非常亮，電流、電壓為單一電池 2 倍，點亮的時間與單顆電池連接燈泡相近。
- 四、兩電池並聯與單一電池比較，電壓幾乎不變，電流相同，燈泡亮度相當，點亮燈泡的時間比單一電池多出約 1/3，不如預期的 2 倍時間。
- 五、兩燈泡串聯點亮時，總電壓與單一燈泡相當，而兩燈泡亮度有差異，但都很微弱，無實用價值，個別燈泡兩端電壓很小，電流相對較小(0.14A)。
- 六、兩燈泡並聯點亮時，燈泡亮度與連接 1 顆燈泡相當；電壓與連接單一燈泡相同，因兩燈泡分別同時點亮，因此總電流為 2 倍(0.38A)，而兩燈泡同時點亮消耗，點亮的時間僅約單一電池燈泡連接的 1/2。
- 七、新-舊電池混用 串聯，當中的舊電池會形成電阻消耗，降低輸出電壓，使串聯電路電池使用效能減低；新-舊電池混用 並聯，初始通路電壓小，且點亮時間減少許多，故新-舊電池不宜混用。
- 八、舊電池尚需考量電池液外漏腐蝕汙染問題，故新-舊電池不宜混用。

柒、後記

透過這個實驗，我們對電池、電壓、電流有多一點的認識，熟悉電路的連接，也學會三用電表、數位電壓電流表的使用，發現原來連桌子一點點的小晃動都會影響實驗的數值的精確；長時間的錄影，再透過影片分析電路中的電壓、電流十分辛苦，卻也學習到手機長時間的錄影時，手機本身需有充足的電源供應及足夠的記憶卡容量，及判讀搜尋電壓電流對應時間的技巧，從剛開始笨手笨腳，在一次次的挫折中我們檢討改進，在老師的指導下與同學團隊合作才做出結果，能解答心中的疑惑，很開心。

捌、參考資料

1. 翰林四上自然與生活科技課本-燈泡亮了 單元國小_自然_電池、燈泡和電線【翰林出版_四上_第四單元 燈泡亮了】
2. 乾電池的正確使用觀念-----台灣電子檢驗中心 <https://www.etc.org.tw/default.aspx>
3. 新舊電池可以混用嗎?
<https://www.facebook.com/TaiwanPowerCompany/posts/1015905403679506>
4. 兩種不同電池串並聯會怎樣
---<https://tw.answers.yahoo.com/question/index?qid=20060506000012KK04680>