

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 理化科

第三名

031619

竹炭與銀的美麗邂逅

學校名稱：臺北市立民生國民中學

作者： 國二 李杰翰 國二 許凱傑 國二 鄭凱文 國二 嚴浩璋	指導老師： 劉佳容 高韶卿
---	---------------------

關鍵詞：銀鏡反應 竹炭銀錠 電阻

# 作品名稱：竹炭與銀的美麗邂逅

## 摘 要

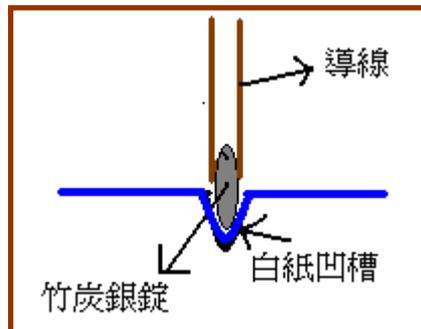
自然界中，銀為金屬導電度之冠，其電阻極低；炭，是唯一可導電的非金屬，於是就想嘗試把這兩種不同特性的元素結合。竹炭是炭的一種，可導電，又為再生性資源，也是台灣最近這幾年來積極開發的新型環保材料，更享有「黑鑽石」的美譽。本研究嘗試將銀與竹炭兩種不同材料結合，研發出金屬結合非金屬的複合導電材質。

本研究成功研發出製作竹炭銀粉末的方法並壓成錠狀：利用銀鏡反應將銀包覆在微米級竹炭粉上，並將竹炭銀粉壓成錠狀；找出竹炭銀錠最佳導電度的質量比例，竹炭與銀的比為1：9。

竹炭銀錠可導電，電阻介於純銀與炭(石墨)之間，其電阻極低，將來可應用在代替石墨作為電池的電極，對提升導電度會有幫助。



竹炭銀錠



自製測量錠電壓與電流的裝置



玻璃鍍銀



塑膠鍍銀

## 壹、研究動機

在七年級下學期的一場資優講座中，台上講師將一些透明溶液加入圓底燒瓶中，靜置一會兒，再拿出來時，竟然出現了相當亮眼的銀鏡，我們很好奇他是用什麼方法製作出來的，於是在請教老師後，才知道那就是銀鏡反應。後來發現，其實銀鏡反應也是氧化還原反應的一種，讓我們感到神奇，原來生活就是化學！

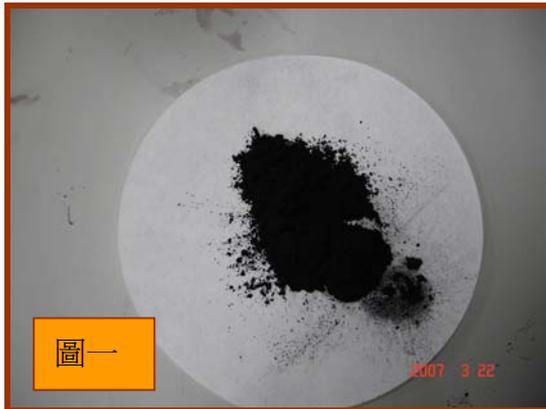
去年暑假，老師帶我們做竹筷乾餾的實驗，結果得到黑色的炭筆，我們又好奇的向老師詢問，乾餾完畢的竹炭是否可導電，老師告訴我們竹筷若在 800°C 乾餾的情況下，會產生竹炭並且可導電。我們查詢相關研究報告與網路資料中，發現竹炭除了具有除臭、防電磁波等作用外，更具有導電的功能，因而引起我們對竹炭導電的研究興趣。且在八年級上學期理化課中，透過週期表學到各種元素的的特性，發現銀是導電性最好的金屬，而炭（石墨）是唯一可導電的非金屬；靈機一動，便將近年來炙手可熱的竹炭，結合銀鏡反應，嘗試作為導電材料。

## 貳、研究目的

- 一、研究銀鏡反應鍍銀在玻璃與塑膠材質上的難易度
- 二、研究純銀、竹炭銀及石墨片的導電度
- 三、研究不同銀含量之竹炭銀錠的導電度
- 四、研究自製伏打電池的電壓

## 參、研究設備及器材

- 一、藥品：硝酸銀、氫氧化鉀、氨水、葡萄糖、丙酮、微米級竹炭粉（如圖一）。
- 二、儀器及用品：安培計、塑膠杯、電磁攪拌器、電子秤、電源供電器、電子式三用電表、濾紙、壓錠器（如圖二）、自製簡易烘箱（如圖三）。



## 肆、研究方法及過程

### 一、銀鏡反應的配方

- （一）0.5M 葡萄糖水溶液：秤取 0.90 克的葡萄糖，加入 10 毫升的水攪拌至完全溶解。
- （二）0.8M 氫氧化鉀水溶液：秤取 0.45 克的氫氧化鉀，加入 10 毫升的水攪拌至完全溶解。
- （三）0.1M 硝酸銀水溶液：秤取 0.17 克的硝酸銀，加入 10 毫升的水攪拌至完全溶解。
- （四）類多倫試液：將配置完成的硝酸銀水溶液取 20 毫升放入燒杯中，以滴管將濃氨水緩慢滴入，開始時有棕色沉澱出現，然後棕色沉澱會溶解且顏色漸淡，繼續加濃氨水，直

至沉澱恰完全溶解。將 10 毫升的氫氧化鉀水溶液加入燒杯中(硝酸銀水溶液：氫氧化鉀水溶液=2：1)，此時沉澱又再出現，再用滴管將濃氨水逐滴地加入，直至沉澱恰完全溶解為止。

(五) 銀鏡反應：將類多倫試液與葡萄糖溶液以體積 5：1 的比例混合均勻。

銀鏡反應方程式：



## 二、實驗過程

(一) 研究一、研究銀鏡反應鍍銀在玻璃與塑膠材質上的難易度

1. 實驗一：銀鏡反應鍍銀在玻璃上

- (1) 利用銀鏡反應，將銀鍍在玻璃管(如圖四，以封口膜封住兩側避免溶液流出)，及玻璃燒杯內。
- (2) 將鍍銀完畢的玻璃製品用丙酮清洗、晾乾。
- (3) 利用 LED 燈泡接電源測試玻璃管與玻璃燒杯內壁的薄銀是否能夠導電。

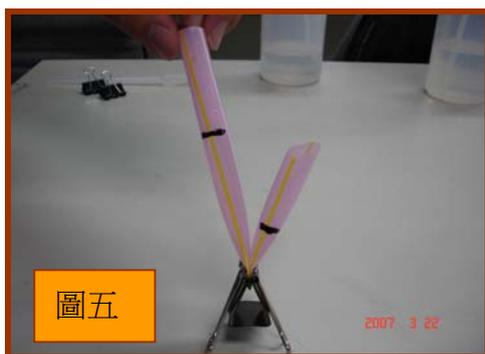


圖四

2. 實驗二：銀鏡反應鍍銀在塑膠上

- (1) 利用銀鏡反應將銀鍍在各種塑膠材質(1、2、3、4、5、6 號塑膠)內壁(如圖八)。
- (2) 將鍍銀完畢的塑膠用丙酮清洗、晾乾。
- (3) 利用 LED 燈泡接電源測試塑膠材質內壁的薄銀是否能夠導電。

註：自製 1 號塑膠吸管鍍銀方法：將吸管對折並以長尾夾夾住(如圖五)，左邊加入類多倫溶液，右邊加入葡萄糖水溶液(體積比 5：1)，兩邊塑膠吸管各以長尾夾夾住封閉(如圖六)，拿掉中間的長尾夾使溶液混合均勻(如圖七)，靜置平放。



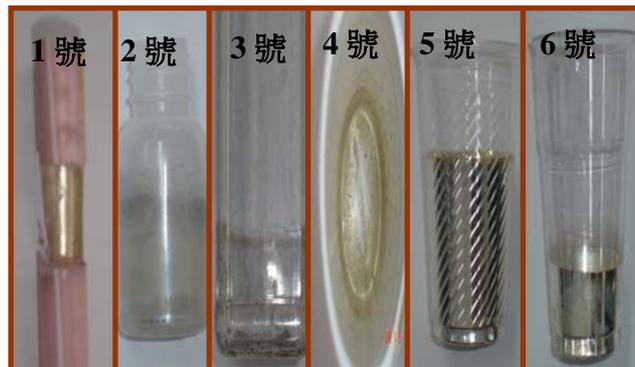
圖五



圖六



圖七

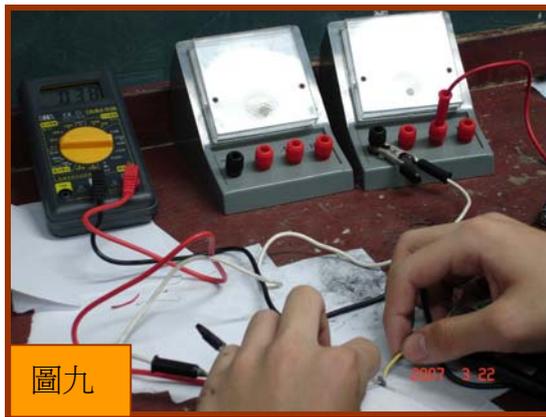


圖八

## (二) 研究二、研究純銀、竹炭銀及石墨片的導電度

### 1. 實驗一：測量 0.04 克純銀錠的電阻

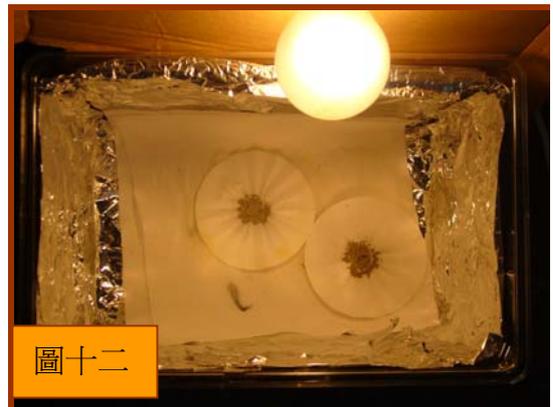
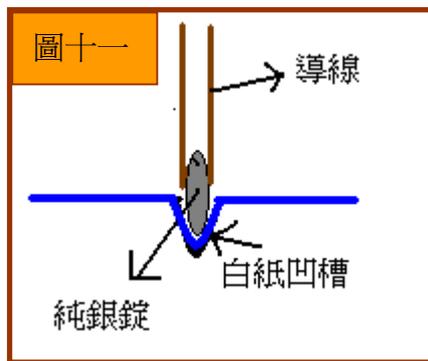
- (1) 量取 30ml 的類多倫試液，加入 2 號的塑膠滴瓶中。
- (2) 放入攪拌子，並置於電磁攪拌器上攪拌至均勻混合(如圖十三)。
- (3) 逐滴滴入葡萄糖，繼續攪拌至溶液達透明無色，反應完成。
- (4) 將反應後的溶液，以濾紙過濾，濾得純銀粉末，重覆上列步驟，直至取得足夠壓錠的量。
- (5) 將純銀粉末放入自製的簡易烘箱烘乾(如圖十二)。
- (6) 秤取 0.04 克純銀粉，以壓錠器壓成錠狀。(如圖十四)
- (7) 測量純銀錠的電壓及電流值，求其電阻。重複三次，求其電阻平均 (如圖九、十)
- (8) **自製測量錠電壓電流的裝置 (如圖九)**：利用電子式三用電表測量電壓(與電路並聯)、安培計測量電流 (與電路串聯)，以白紙摺成 V 字凹槽，將待測錠放入凹槽正立，再以導線前端平滑處接觸待測錠的兩側 (如圖十一)，讀取安培計及電表數值，紀錄待測錠的電壓及電流值，再求其電阻值。重複三次，求其電阻平均值。



圖九



圖十



圖十二



圖十三



圖十四

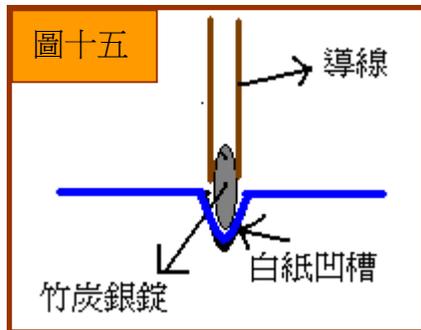
## 2.實驗二：測量 0.04 克竹炭銀錠的電阻

- (1) 先量取 30ml 的類多倫試液，加入 2 號的塑膠滴瓶中，再將加入 0.02 克的竹炭。
- (2) 放入攪拌子，並置於電磁攪拌器上攪拌至均勻混合(如圖十三)。
- (3) 逐滴滴入葡萄糖，繼續攪拌至溶液達透明無色，此時竹炭被銀包覆，反應完成。
- (4) 將反應後的溶液，以濾紙過濾，濾得竹炭銀粉末，重覆上列步驟，直至取得足夠壓錠的量。

(5) 將竹炭銀粉末放入自製的簡易烘箱烘乾(如圖十二)。

(6) 秤取 0.04 克竹炭銀粉末，以壓錠器壓成錠狀。(如圖十四)

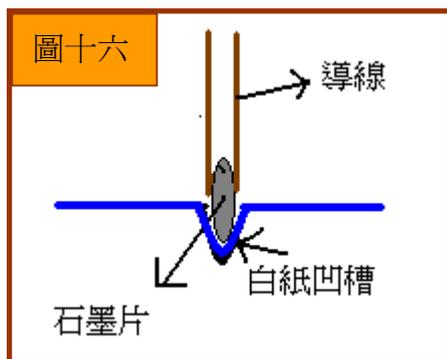
(7) 測量竹炭銀錠的電壓及電流值，求其電阻(如圖十五)。重複三次，求其電阻平均。



### 3.實驗三：測量 0.04 克石墨片的電阻

(1) 以石墨棒切取 0.04 克的石墨片。

(2) 測量石墨片的電壓及電流值求其電阻值(如圖十六)。重複三次，求其電阻平均。



### (三) 研究三：研究不同銀含量之竹炭銀錠的導電度

#### 1.實驗一：不同銀含量之 0.08 克竹炭銀錠的電阻

(1) 量取 10ml、15ml、20ml、25ml、30ml、35ml 六組不同體積的類多倫試液。

(2) 分別將類多倫溶液加入 0.02 克的竹炭放入塑膠滴瓶中。

(3) 放入攪拌子，並置於電磁攪拌器上攪拌至均勻混合(如圖十三)。

(4) 逐滴滴入葡萄糖，繼續攪拌至溶液達透明無色，此時竹炭被銀包覆，反應完成。

(5) 將反應後的溶液，以濾紙過濾，濾得竹炭銀粉末，重覆上列步驟，直至取得足夠壓錠的量。

(6) 將竹炭銀粉末放入自製的簡易烘箱烘乾(如圖十二)。

(7) 秤取六組 0.08 克竹炭銀粉末，以壓錠器壓成錠狀。(如圖十四)

(8) 測量六組 0.08 克竹炭銀錠的電壓及電流值，求其電阻值。重複三次，求其平均電阻值。

## 2.實驗二：比較不同厚度的竹炭銀錠對電阻的影響

(1) 重覆上述實驗一步驟，將各組的粉末，分別秤取 0.08 克、0.12 克。

(2) 將竹炭銀粉末以壓錠器壓錠，因壓錠器的截面積固定，故粉末越多則越厚，每組同比例共得 2 顆錠（0.08 克、0.12 克各一顆）。

(3) 測量竹炭銀錠的電壓及電流值求其電阻值。重複三次，求其平均電阻。

(4) 比較同一組竹炭銀錠 0.08 克與 0.12 克的電阻值。

## 3.實驗三：研究並測量竹炭銀錠完全反應的時間

(1) 取最佳比例(竹炭：銀=1：9)竹炭銀錠的配方，操縱反應時間分別為 100、200、300、400、500、600 秒，以 6 個不同時間結束的反應時間做比較。

(2) 固定電磁攪拌器轉速 6，均勻混合類多命溶液和竹炭銀粉末。

(3) 逐滴滴入葡萄糖水溶液，並開始計時。

(4) 在反應時間到達 100、200、300、400、500、600 秒時取出、過濾。

(5) 將過濾得到的竹炭銀粉末烘乾、壓錠並測其電阻值。

## 4.實驗四：觀察並計錄六組不同比例的竹炭銀完全反應的時間

(1) 重覆上述實驗三的步驟，取六組不同比例的竹炭銀錠，測量其完全反應的時間。

註：完全反應時間=滴入葡萄糖後，溶液變混濁，再達到透明清澈的時間。

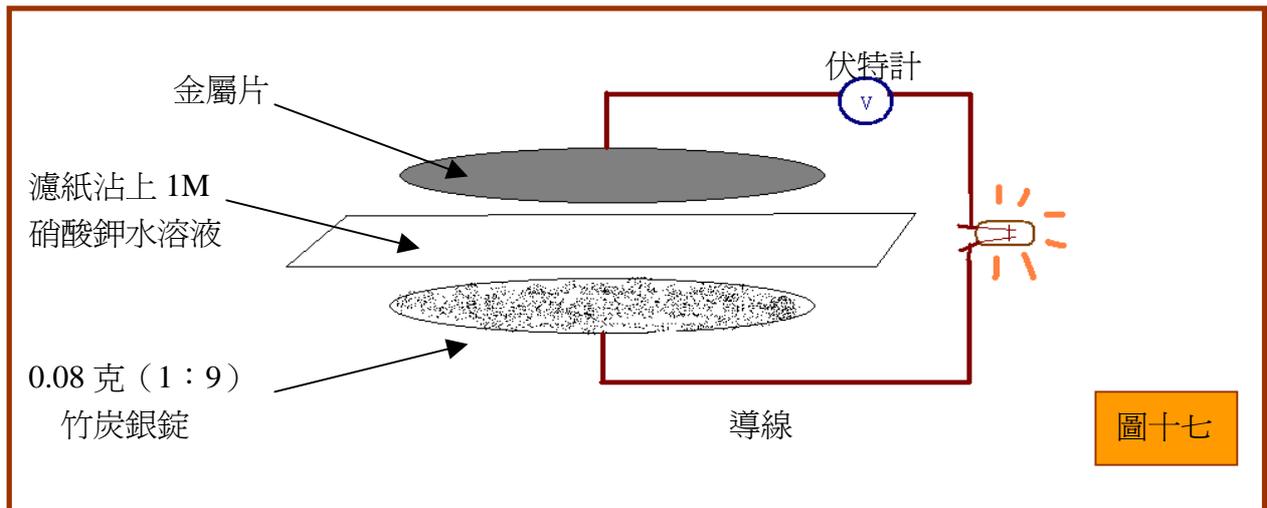
## (四) 研究四：研究自製伏打電池的電壓

### 1.實驗一：利用最佳比例竹炭銀錠(竹炭：銀=1：9)搭配不同的金屬製作伏打電池

(1) 將竹炭銀錠放底層，中間隔著一層濾紙，並在濾紙上滴入 2 滴 1M 硝酸鉀水溶液。  
(如圖十七)

(2) 最上層分別放上鎂、鋁、鋅、鉛等活性較大的金屬。

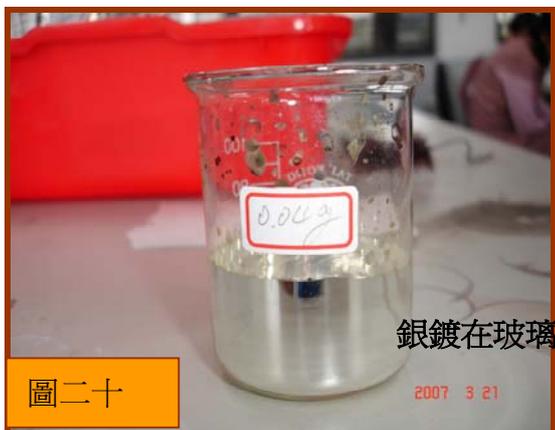
(3) 觀察是否能使 LED 燈發亮，並測量其電壓值。



## 伍、研究結果

### 一、研究一結果

#### (一) 實驗一：銀鏡反應鍍銀在玻璃上

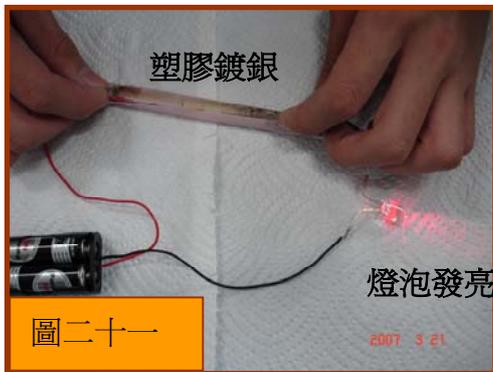


說明：1.銀可鍍在玻璃材質上(如圖十八、二十)。

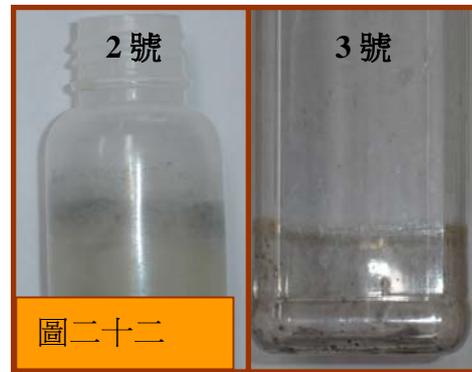
2.銀附著在玻璃時不易脫落。

3.薄銀可導電(如圖十九)。

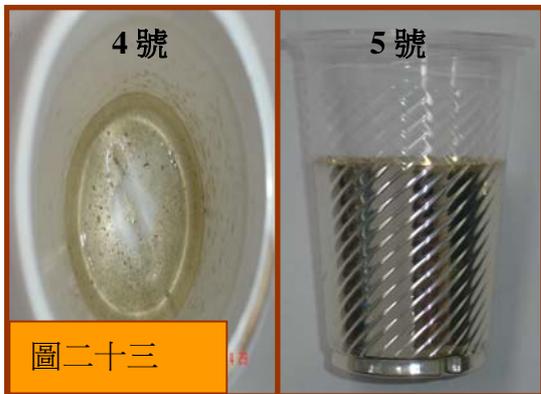
## (二) 實驗二：銀鏡反應鍍銀在塑膠上



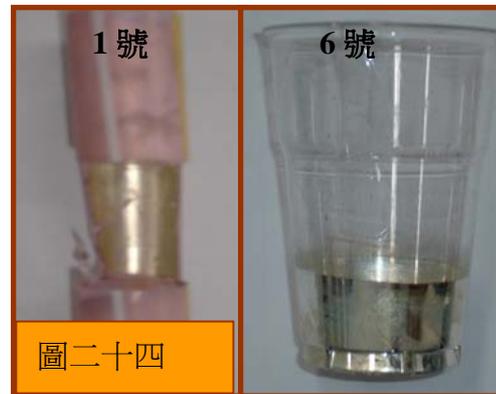
圖二十一



圖二十二



圖二十三



圖二十四

說明：1.塑膠有分許多種，有 1~6 號等，不同的塑膠對銀的附著力也有所不同。

2.銀會附著於 1、4、5、6 號塑膠(如圖二十三、二十四)，但均易脫落；唯有 2 號和 3 號塑膠最不易鍍上銀(如圖二十二)。

3.鍍在塑膠上的薄銀能導電(如圖二十一)

## 二、研究二結果

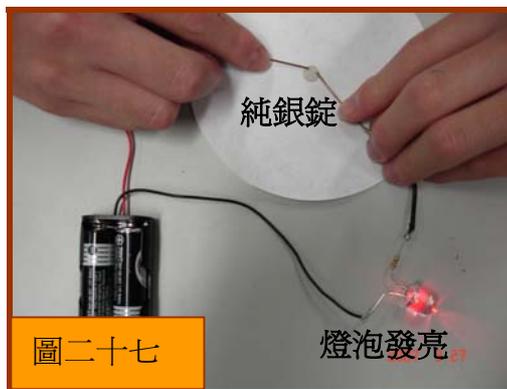
### (一) 實驗一：測量 0.04 克純銀錠的電阻



圖二十五



圖二十六



圖二十七

電壓(V)	0.001
電流(A)	1.35
電阻( $\Omega$ )	0.00074

表一：0.04 克純銀錠的電阻

說明：1.製得的純銀呈土黃色粉末(如圖二十五)

2.純銀易壓成錠狀(如圖二十六)

3.銀可導電，且電阻極低( $0.00074\ \Omega$ ) (如圖二十七、表一)

(二) 實驗二：測量 0.04 克竹炭銀錠的電阻



圖二十八



圖二十九

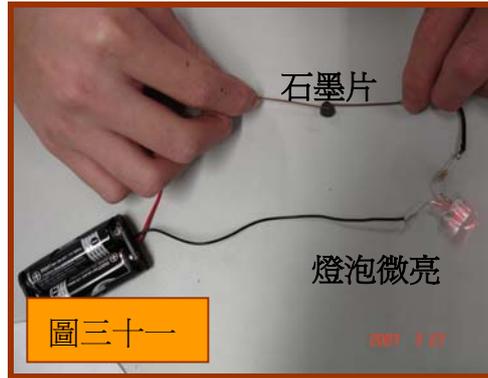
電壓(V)	0.030
電流(A)	2
電阻( $\Omega$ )	0.015

表二：0.04 克竹炭銀錠的電阻

說明：1.銀可包覆竹炭，且可以壓成錠狀。(如圖二十八)

2.竹炭銀可導電，且電阻很小( $0.015\ \Omega$ ) (如圖二十九、表二)

(三) 實驗三：測量 0.04 克石墨片的電阻



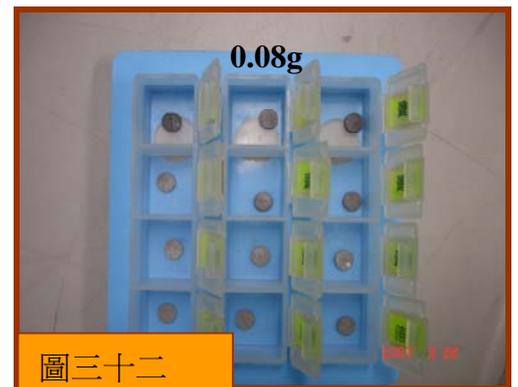
電壓(V)	1.055
電流(A)	1
電阻( $\Omega$ )	1.055

表三：測量 0.04 克石墨片的電阻

- 說明：1. 石墨切片可導電(如圖三十、三十一)  
2. 石墨片的電阻很大(1.055  $\Omega$ )(如表三)

三、研究三結果

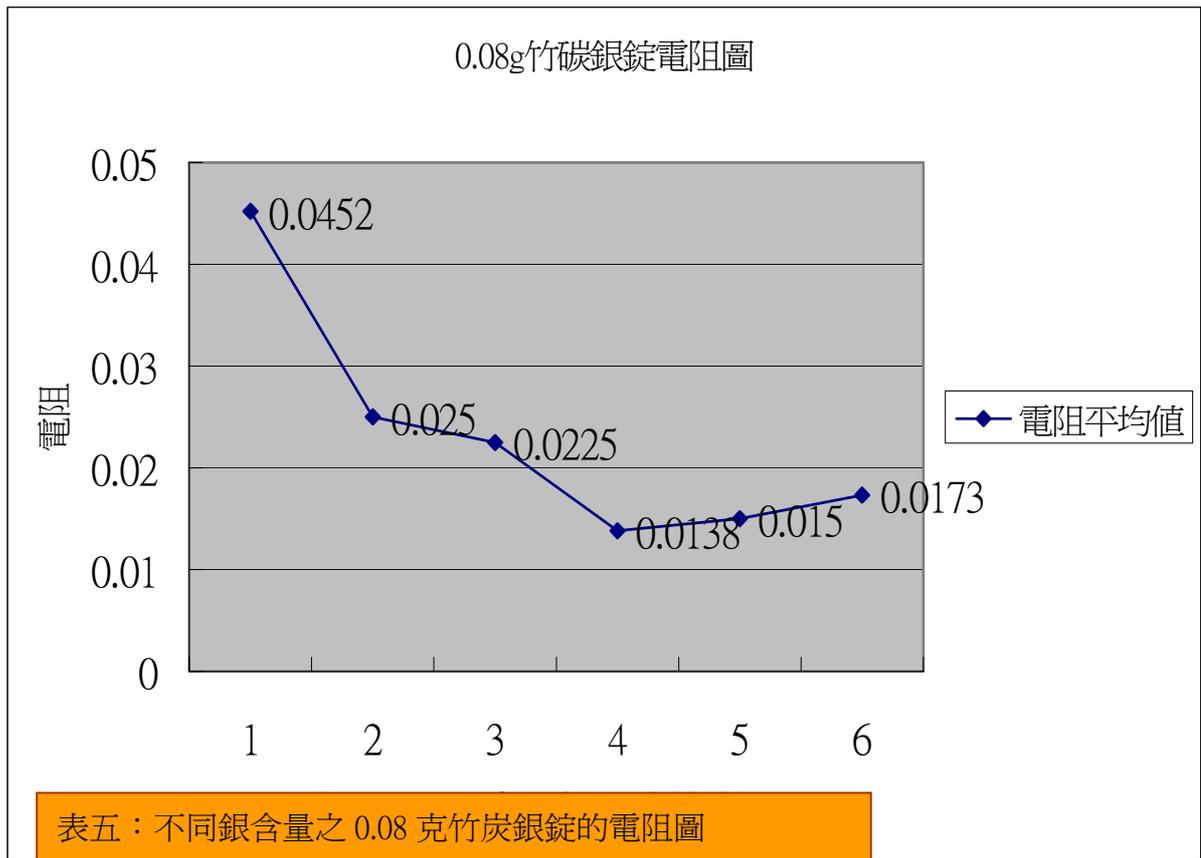
(一) 實驗一：不同銀含量之 0.08 克竹炭銀錠的電阻



組別	1	2	3	4	5	6
*類多侖溶液(ml)	10	15	20	25	30	35
硝酸銀溶液(ml)	6.67	10	13.33	16.67	20	23.33
KOH 水溶液(ml)	3.33	5	6.67	8.33	10	11.67
葡萄糖水溶液(ml)	2	3	4	5	6	7
銀質量(克)	0.072	0.108	0.144	0.180	0.216	0.252
竹炭質量(克)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
竹炭：銀(克)	1 : 3.6	1 : 5.4	1 : 7.2	1 : 9	1 : 10.8	1 : 12.6
電壓(V)	0.095	0.050	0.045	0.025	0.030	0.038
電流(A)	2.1	2	2	1.8	2	2.2
電阻平均值( $\Omega$ )	0.0452	0.025	0.0225	0.0138	0.015	0.0173

表四：不同銀含量之 0.08 克竹炭銀錠的電阻

\*類多侖溶液 = 硝酸銀溶液 + KOH 水溶液 + 數滴濃氨水  
(體積不列入計算)



說明：1.銀含量愈多時，竹炭銀錠顏色愈接近銀白色（如圖三十二）。

2. 0.08 克竹炭銀錠電阻均很小（如表四）。

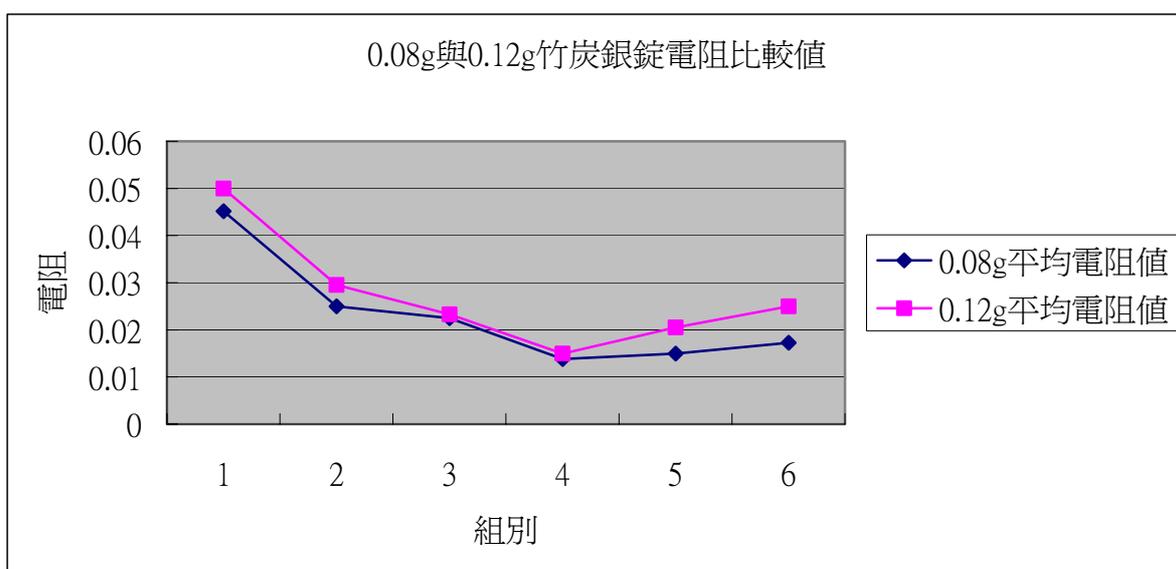
3.當銀含量比例愈高時，竹炭銀錠電阻會先下降，之後會上升，有一組電阻最低值(第四組，竹炭比銀=1：9)（如表五）。

（二）實驗二：比較 0.08 克與 0.12 克（如圖三十三）的竹炭銀錠的電阻值



組別	類多倫溶液 (ml)	0.08g 竹炭銀錠			0.12g 竹炭銀錠		
		電壓 (V)	電流 (A)	電阻 ( $\Omega$ )	電壓 (V)	電流 (A)	電阻 ( $\Omega$ )
1	10	0.095	2.1	0.0452	0.080	1.6	0.0500
2	15	0.050	2.0	0.0250	0.062	2.1	0.0295
3	20	0.045	2.0	0.0225	0.049	2.1	0.0233
4	25	0.025	1.8	0.0138	0.033	2.2	0.0150
5	30	0.030	2.0	0.0150	0.045	2.2	0.0205
6	35	0.038	2.2	0.0173	0.055	2.2	0.0250

表六：0.08 克與 0.12 克竹炭銀錠電阻比較圖



表七：0.08 克與 0.12 克的竹炭銀錠的電阻圖

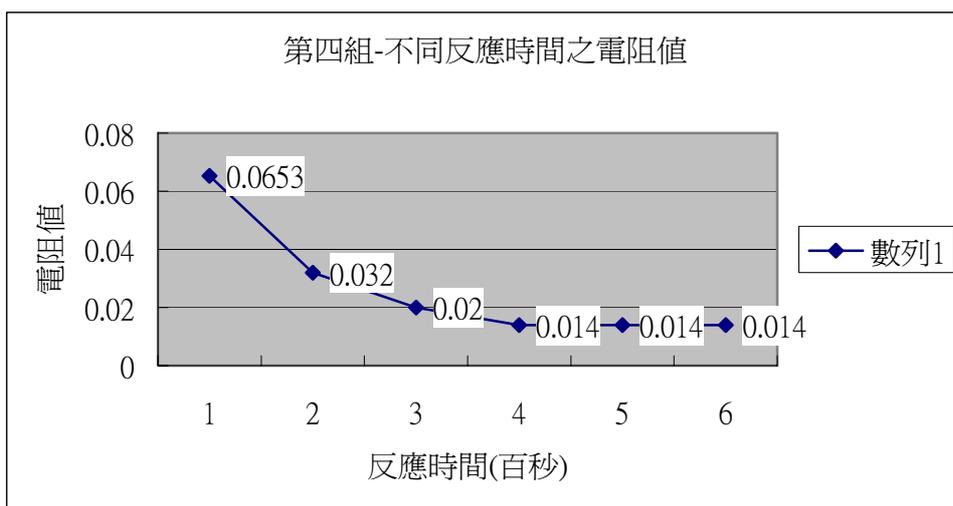
說明：1.竹炭與銀比例相同的 0.12 克（如圖三十四）竹炭銀錠之電阻比 0.08 克（如圖三十五）竹炭銀錠高(如表六)。

2. 0.08 克及 0.12 克竹炭銀錠的電阻均會先下降（如表七），之後再上升，均有一組電阻最低值(第四組，竹炭比銀=1：9)。

### （三）實驗三：研究並測量竹炭銀錠完全反應的時間

反應結束時間	100 秒	200 秒	300 秒	400 秒	500 秒	600 秒
電壓 (V)	0.17	0.08	0.05	0.035	0.035	0.035
電流 (A)	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
電阻 ( $\Omega$ )	0.0653	0.032	0.02	0.014	0.014	0.014

表八：第四組-不同反應時間的電阻



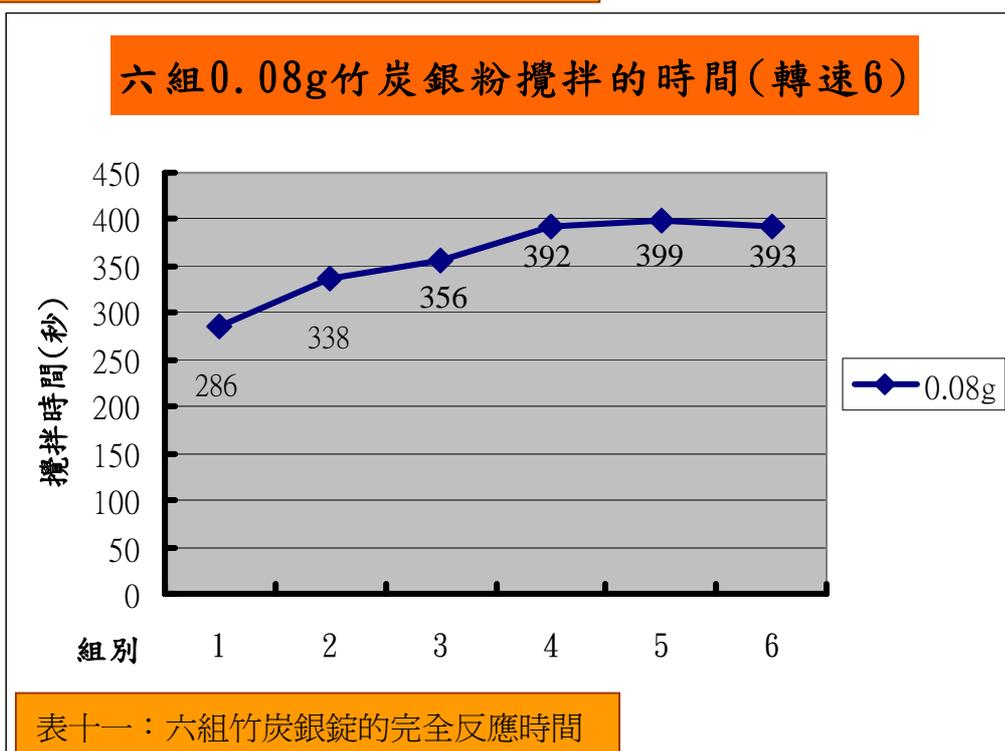
表九：第四組-不同反應時間的電阻

- 說明：1.反應時間越長，製作的竹炭銀粉末壓錠後測得的電阻越低(如表八)。
- 2.一開始電阻會持續下降，直到約 400 秒時，下降程度趨緩(如表九)。
- 3.由上述結果得知，竹炭：銀=1：9 這組的完全反應的時間約為 400 秒。

(四) 實驗四： 觀察並計錄六組不同比例的竹炭銀完全反應的時間

組別	1	2	3	4	5	6
竹炭：銀(克)	1：3.6	1：5.4	1：7.2	1：9	1：10.8	1：12.6
反應時間(秒)	286	338	356	392	399	393

表十：不同比例竹炭銀的完全反應時間



表十一：六組竹炭銀錠的完全反應時間

說明：1.當類多倫溶液較少時(即析出的銀較少)，完全反應時間較短(如表十)。

2.類多倫溶液增加時，完全反應的時間也會隨之增加，到了第四組時，增加程度趨緩(如表十一)。

#### 四、研究四結果

(一) 實驗一：利用電阻最低的竹炭銀錠(竹炭：銀=1：9)，製作不同金屬與竹炭銀伏打電池。



圖三十六

電極 (0.04g)	電極 (0.08g)	電壓 (V)
Mg	竹炭銀錠	1.653
Al	竹炭銀錠	0.563
Zn	竹炭銀錠	0.865
Pb	竹炭銀錠	0.736
Mg	Ag 錠	1.665

表十二：自製伏打電池-不同金屬與竹炭銀錠的電壓

說明：1.自製的伏打電池電壓足以使紅色 LED 燈發亮(如圖三十六)

2.實驗結果以竹炭銀與鎂的電池電壓最高(如表十二)

3.若將竹炭銀錠改為純銀錠搭配鎂片製出的伏打電池，電壓與竹炭銀與鎂製出的電池相差不多(相差 0.012V) (如表十二)

## 陸、討論

### 一、研究一

#### (一) 實驗一：

- 1.最先以大家經常使用的多倫試劑鍍在玻璃試管上，由於反應條件需要以 50°C 熱水浸泡，無法長時間維持恆溫，故鍍銀效果不佳，所以改以類多倫試劑鍍銀。
- 2.因為玻璃表面不乾淨，鍍上的銀有雜質且容易剝落，所以在鍍銀前，先以洗碗精洗滌玻璃管，以較高濃度的氫氧化鈉鹼液浸泡 5 分鐘後，再以蒸餾水沖洗；清洗過後的玻璃鍍銀的效果大增。

#### (二) 實驗二：

- 1.鍍銀在 1 號塑膠吸管時，原本取細塑膠吸管當作鍍銀材質，因為管口太細，溶液無法順利進入管內，所以換成粗塑膠吸管鍍銀。
- 2.塑膠材質有分許多種，如 1~6 號等，我們發現唯有 2、3 號塑膠較不易鍍上銀。
- 3.銀鏡反應容易將銀鍍在玻璃材質上，可能是因為銀是無機物，玻璃也是無機物，兩者容易結合；而塑膠材質屬於有機物，所以銀不易附著在塑膠上，即使附著後亦容易脫落。

### 二、研究二

- 1.銀的導電度在自然界中為金屬之冠，我們測得純銀的電阻為 0.00074Ω，電阻極小。
- 2.竹炭粉若壓成錠狀，容易碎裂，無法測量竹炭的電阻。所以我們改用炭（石墨棒）切成 0.04 克小片狀，測得石墨的電阻為 1.055Ω，作為電阻比較參考。
- 3.本研究成功研發出製備竹炭銀錠的方法：利用銀鏡反應析出的銀包覆竹炭，並壓製成錠狀，且竹炭銀錠的電阻很小，可導電；探討可能的原因是竹炭與銀本身均可導電，所以竹炭銀錠的電阻介於銀與竹炭之間，具一部分銀的特性也兼具一部分竹炭的特性。
- 4.竹炭粉壓錠後易碎裂，若經銀包覆後會有類似金屬的延展性，較不易碎裂，且可導電。
- 5.測量竹炭銀錠的電壓及電流時，起初以變壓器供應電源，因電壓不穩改用電源供應器提供電源。

- 6.原本測量竹炭銀錠圓直徑的兩端，但因為電壓值不穩定，改測錠的兩側(如圖十五)。
- 7.用 2 號塑膠滴瓶當容器作單純的銀鏡反應，不加入竹炭，此法製得的純銀壓錠後，測量其電壓與電流值，求其 0.08g 純銀錠電阻值為  $0.00074\Omega$ ，電阻極低，可見銀的導電度非常好；取實驗室常用的石墨棒，切取 0.08g，測量其電壓與電流值，求其 0.08g 石墨片電阻值為  $1.055\Omega$ 。
- 8.我們製備的竹炭銀，電阻雖然比純銀高，但卻小於石墨，其電阻介於純銀與石墨之間；若將來可代替石墨作為電池的電極，導電效果會更好。

### 三、研究三

- 1.根據研究一結果，銀比較容易鍍在玻璃上，且不易脫落，若是以玻璃容器製備竹炭銀，銀會大量附著在玻璃上而減少附在竹炭的機會，實驗誤差會很大，故玻璃容器不適合用來製備竹炭銀。銀最不容易鍍在 2、3 號塑膠瓶上，因 2 號塑膠滴瓶容易取得，故以 2 號塑膠滴瓶作為反應的容器，銀會大多包覆竹炭，大大減少反應的誤差。
- 2.在滴入葡萄糖水溶液時，必須不斷地以攪拌子攪拌，否則銀會浮於液面，無法包覆竹炭銀。在反應時，攪拌子能夠均勻混合溶液，銀就能夠完整的包覆竹炭。
- 3.竹炭銀錠中，銀所佔的比例愈高，粉末及錠的顏色越接近銀白色，也愈容易壓成錠，金屬的性質會越明顯。
4. 測量結果發現，當銀的比例越高時，竹炭銀錠的平均電阻值會先下降之後再緩慢上升，平均電阻有一個最小值，竹炭與銀最佳導電度的質量比例為 1:9 的竹炭銀錠，電阻最小；且當竹炭銀錠質量變大，電阻值會變大，導電度變小。
- 5.同一組別質量越大的竹炭銀錠，電阻越大，可能的原因是 0.12 克的竹炭銀錠較厚，所以電阻較大，值得我們進一步再做研究。
6. 在第四組(竹炭：銀=1：9)的粉末中，我們發現反應時間較短暫時，銀尚未完全的包覆竹炭顆粒，故電阻較高。
7. 第四組反應時間在第 500 及 600 秒的電阻值與 400 秒的電阻值相同，推測 400 秒時竹炭與銀已經完全反應，雖然 500 及 600 秒反應時間更久，但已無法再包覆更多的銀在竹炭顆粒上，推測原因是 400 秒時銀達到包附的極限，故 400 秒以後的反應測得電阻相同。
- 8.第一、二、三組析出的銀是少量的，在很短的時間內，析出的銀就全包覆在竹炭顆粒上，

故完全反應時間較短。第四組需完整的包覆竹炭，所以反應時間較長，此時銀達包覆的極限，竹炭表面已完全被銀覆蓋住。

#### 四、研究四

1. 鎂的活性較大，容易丟電子，所以製成的伏打電池電壓值也較高。
2. 以純銀錠與鎂片製成的伏打電池電壓(1.665V)和竹炭銀錠與鎂片製成的伏打電池電壓(1.653V)相差不多，但以竹炭銀錠製作的電池，成本較低。

## 柒、結論

#### 一、研究一

1. 利用銀鏡反應，薄銀較易鍍在玻璃上，且能夠導電。
2. 銀易鍍在 1、4、5、6 塑膠上，能夠導電，但均易脫落。
3. 銀最不易鍍在 2、3 號塑膠上。

#### 二、研究二

1. 銀能夠利用銀鏡反應包覆竹炭，且竹炭銀錠可導電。
2. 竹炭銀錠的電阻很小( $0.015\ \Omega$ )，導電度很好，其電阻介於純銀( $0.00074\ \Omega$ )與石墨( $1.055\ \Omega$ )之間；將來可應用在代替石墨作為電池的電極，對提升導電度會有幫助。

#### 三、研究三

1. 不同銀含量之竹炭銀錠，當銀的比例越高時，其平均電阻值會先下降之後再緩慢上升，平均電阻有一個最小值，此為最佳導電度的質量比例，竹炭與銀的比為 1：9。
2. 相同竹炭與銀比例，但質量越大的竹炭銀錠，電阻越大，導電度越差。
3. 竹炭：銀=1：9 的反應時間測定實驗中，反應時間必須到達約 400 秒反應才算完成。
4. 六組粉末，類多倫溶液越多(銀含量越多)，所需完全反應時間越長。

#### 四、研究四

1. 自製竹炭銀伏打電池中，以竹炭銀錠與鎂片製出的伏打電池電壓最高(1.653V)。

## 捌、參考資料

- 一、何鎮揚 陳雅玲 廖家榮 合著 (民 93)。奈米科技交響曲—化學篇。台北市：臺大出版中心。
- 二、生活化學網。中山大學化學系製作。民國 96 年 3 月 27 日取自  
<http://www2.nsysu.edu.tw/sysuchem/expt/life/>
- 三、科普知識。行政院國家科學委員會。民國 96 年 3 月 27 日取自  
[http://www.nsc.gov.tw/\\_NewFiles/popular\\_science\\_top.asp](http://www.nsc.gov.tw/_NewFiles/popular_science_top.asp)
- 四、銀鏡反應影片。民國 96 年 3 月 27 日取自  
<http://140.120.9.250/infochem/10.html>
- 五、高中物質科學化學篇(下冊)。民國 96 年 3 月 27 日取自  
<http://210.71.56.6/ftpoot/science/chem/2005/3C6.pps>
- 六、環境荷爾蒙。我的 E 政府。民國 96 年 3 月 27 日取自  
<http://blog.www.gov.tw/article.do?userId=joe2229&aId=257&page=1>

**【評語】** 031619 竹炭與銀的美麗邂逅

將銀與竹炭二種材料相結合並壓成錠狀，開發成新型環保材料，是創新不錯的想法。若能對竹炭與銀比例的實驗條件做更完整的探討，將更完美。