

# 臺灣二〇〇八年國際科學展覽會

科 別：化學

作 品 名 稱：竹炭與銀的美麗邂逅

學 校 / 作 者：臺北市立民生國民中學

嚴浩瑋

## 摘要

本研究將竹炭與銀兩種不同材料結合，研發出金屬結合非金屬的複合導電材質；利用銀鏡反應，以竹炭當作載體，製作出竹炭-銀複合物。透過自製測量竹炭-銀錠電壓與電流的裝置，發現竹炭-銀錠最佳導電度的質量比例為竹炭比銀為 1：9。利用掃描式電子顯微鏡，分析竹炭-銀複合物，發現銀會有效分布在竹炭表面形成包覆。

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。

## Abstract

In this work, using the silver-mirror reaction, porous bamboo charcoal has been successfully adopted as novel supports for immobilization of silver nanoparticles by a chemical reduction method and the metal-nonmetallic composites with conductivity efficacy were investigated. Through the test of homemade voltage with the electric current instrument, we found out that the best ratio of conductivity in the bamboo charcoal-silver ingot is 1:9. Scanning electron microscopy (SEM) of the composites show uniform Ag particles distribution on the BC matrix. The bamboo charcoal-silver ingot has the conductivity. The resistance, between the pure silver and the coal (graphite), is extremely low. Thus, this composite will promote conductivity and apply in the battery of electrode for replacing the graphite in the near future.

### 作者簡介

膚色偏黑，身高超過 170 公分，體重達 60 公斤，雖稱不上英俊挺拔，但也是個身強體壯的男生，那就是我！我是嚴浩瑋，個性活潑、開朗，充滿自信，平日喜歡籃球運動，專長是數學、自然科學及天文，另外我也喜愛做物理和化學實驗，因為我喜歡做實驗的過程和實驗成功後的成就感，尤其是越困難的實驗，我就越喜歡去挑戰。



## 壹、前言

### 一、研究動機

在國中七年級下學期的一場理化講座中，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。

一般銀鏡反應，通常置於玻璃容器中進行，我們突發奇想，若能將銀度在塑膠材質上，塑膠可彎曲，便可當作導線來使用，但實驗後，發現銀不易鍍在塑膠上，此時我們遇到瓶頸。在查詢相關研究報告與網路資料中，發現竹炭是台灣最近這幾年來積極開發的新型環保材料，具有導電的功能，於是靈機一動，便以塑膠為反應容器，竹炭當作載體，結合銀鏡反應，製作出竹炭銀複合物，嘗試作為導電材料。

### 二、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、竹炭銀與石墨片的導電度
- (三) 研究不同銀含量之竹炭銀錠的導電度
- (四) 研究竹炭與銀的混合物與複合物之導電度與結構
- (五) 研究自製伏打電池的電壓

## 貳、研究方法

一、研究設備及器材：硝酸銀、氫氧化鉀、氨水、葡萄糖、丙酮、微米級竹炭粉（如圖一）。

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）。





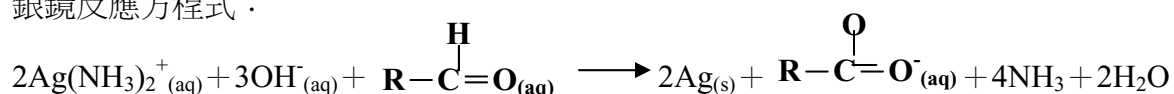
圖三

## 二、研究過程

### (一)、銀鏡反應的配方

- 1、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。
- 2、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。
- 3、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。
- 4、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。
- 5、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

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。

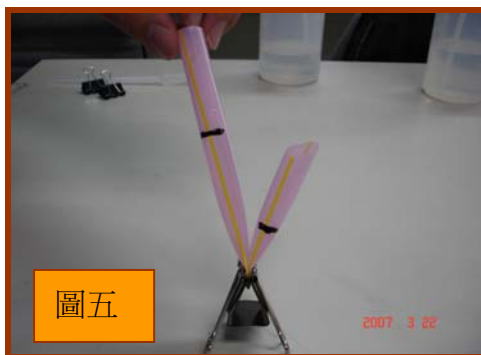


圖四

## 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。



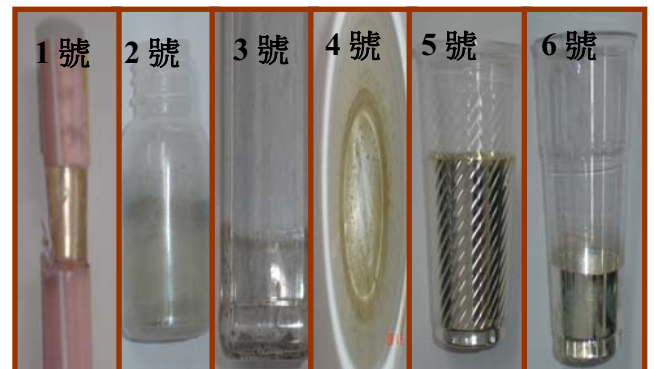
圖五



圖六



圖七



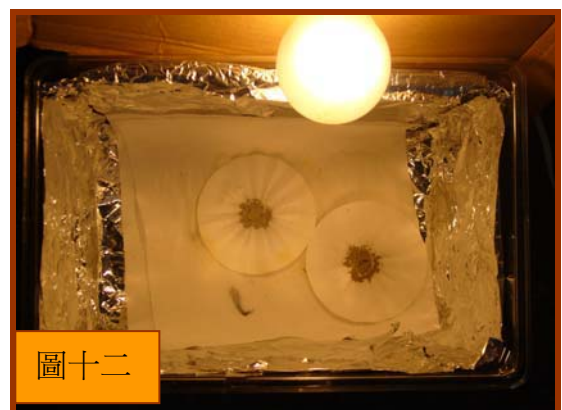
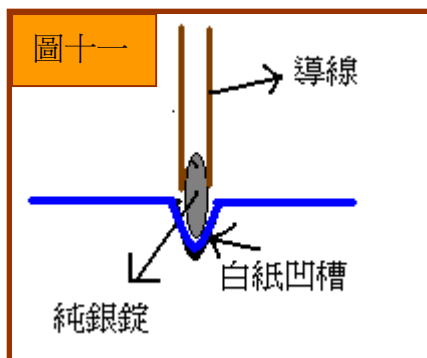
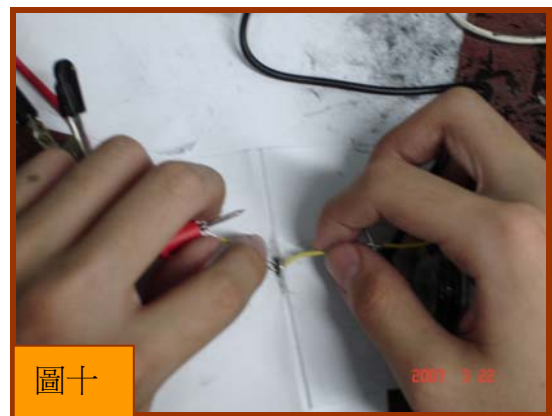
圖八



## 研究二、研究純銀、竹炭銀與石墨片的導電度

### 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。







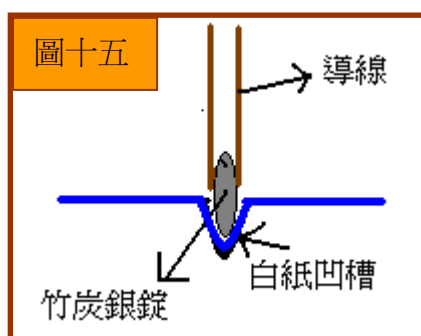
圖十三



圖十四

## 2、實驗二：測量 0.04 克竹炭銀錠的電阻

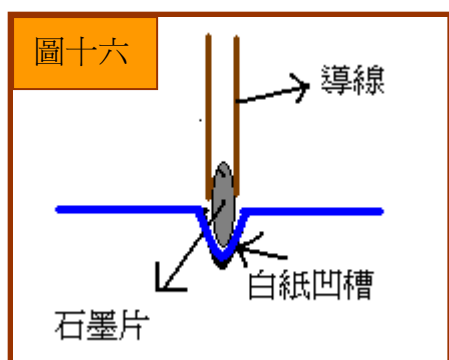
- (1) 先量取 30ml 的類多倫試液，加入 2 號的塑膠滴瓶中，再加入 0.02 克的竹炭。
- (2) 放入攪拌子，並置於電磁攪拌器上攪拌至均勻混合(如圖十三)。
- (3) 逐滴滴入葡萄糖，繼續攪拌至溶液達透明無色，此時竹炭被銀包覆，反應完成。
- (4) 將反應後的溶液以濾紙過濾，得竹炭銀粉末，重覆上步驟直至取得足夠壓錠的量。
- (5) 將竹炭銀粉末放入自製的簡易烘箱烘乾(如圖十二)。
- (6) 秤取 0.04 克竹炭銀粉末，以壓錠器壓成錠狀。(如圖十四)
- (7) 測量竹炭銀錠的電壓及電流值，求其電阻(如圖十五)。重複三次，求其電阻平均。



圖十五

## 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。



圖十六

### 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，以濾紙過濾得竹炭銀粉末，重覆上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，重複三次，求其平均電阻值。

#### 2、實驗二：比較不同質量(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，均勻混合類多倫溶液和竹炭銀粉末。
- (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。

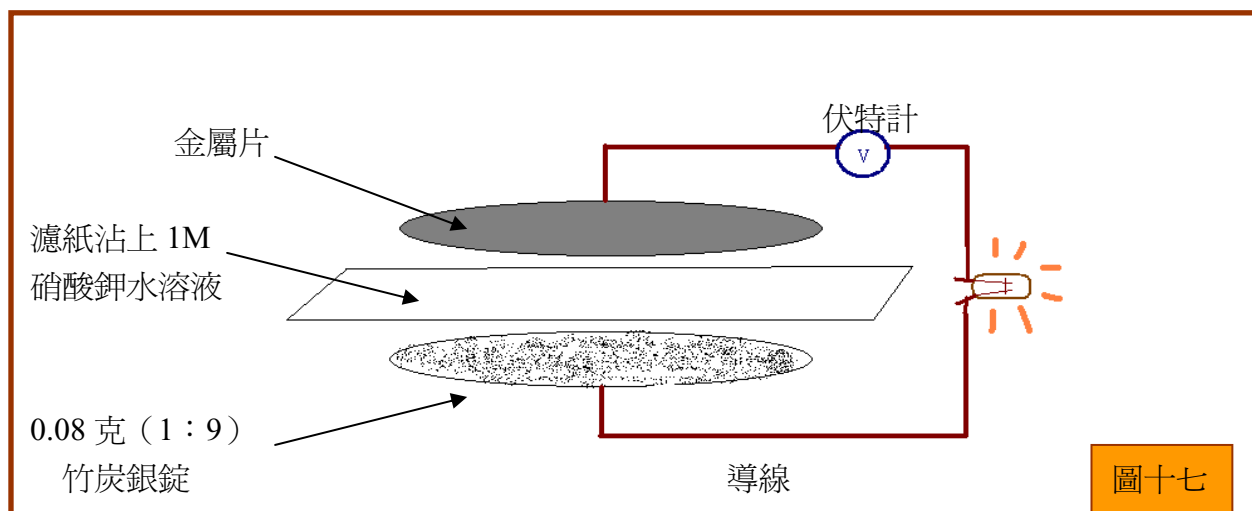
註：定義完全反應時間=滴入葡萄糖後，溶液變混濁，再達到透明清澈的時間。

#### 研究四：研究竹炭與銀的混合物與複合物之導電度與結構

- 1、實驗一：測量並比較第四組 0.08g 竹炭銀混合物與竹炭銀複合物的電阻
  - (1) 將銀粉和竹炭依第四組（竹炭比銀為 1：9）比例直接混合，壓成 0.08 克混合錠測其電阻值。
  - (2) 比較竹炭與銀的混合物與竹炭-銀複合物之電阻差異。
- 2、實驗二：由掃描式電子顯微鏡（SEM）下觀察竹炭與竹炭-銀複合物
  - (1) 利用掃描式電子顯微鏡觀察竹炭與竹炭銀複合物的表面。
  - (2) 比較竹炭與竹炭銀複合物結構的差異。

#### 研究五：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。



### 參、研究結果與討論

#### 一、研究一結果

##### (一) 實驗一：銀鏡反應鍍銀在玻璃上



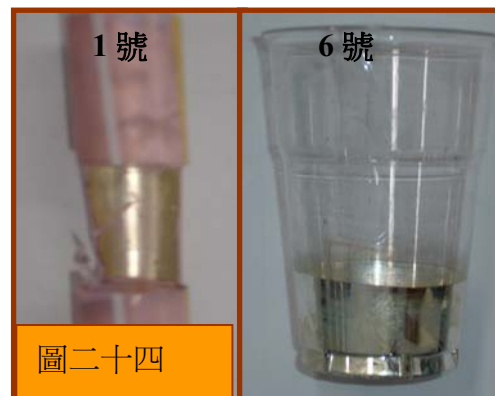
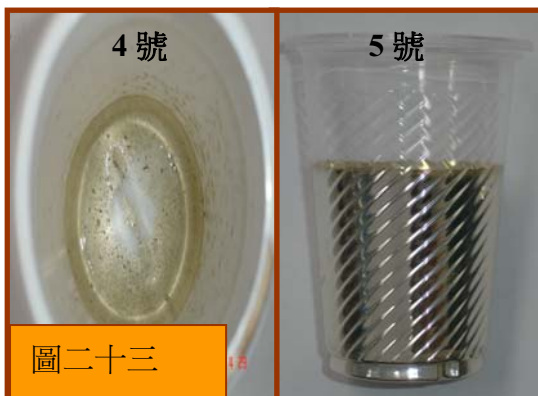
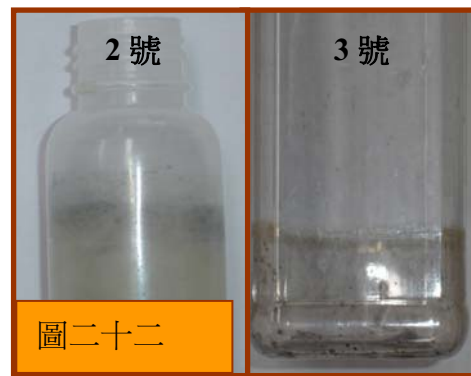
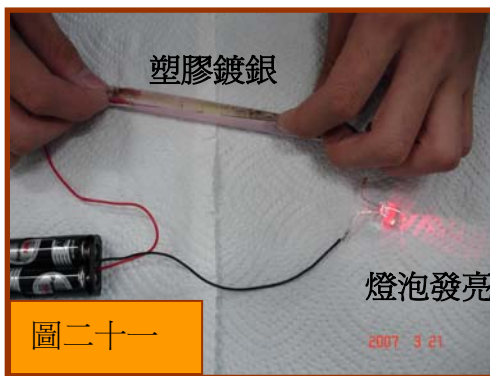


說明：1.銀可鍍在玻璃材質上(如圖十八、二十)。

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



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



項目	0.04 克純銀錠
電壓(V)	0.001
電流(A)	1.35
電阻( $\Omega$ )	0.00074

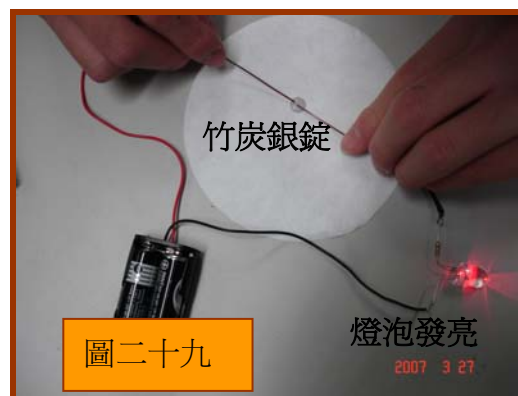
表一：0.04 克純銀錠的電阻

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





項目	0.04 克竹炭銀錠
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

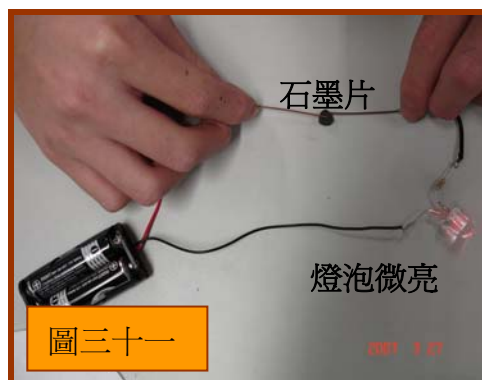
說明：1.銀可包覆竹炭，且可以壓成錠狀。(如圖二十八)

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



圖三十



圖三十一

項目	0.04 克石墨片
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



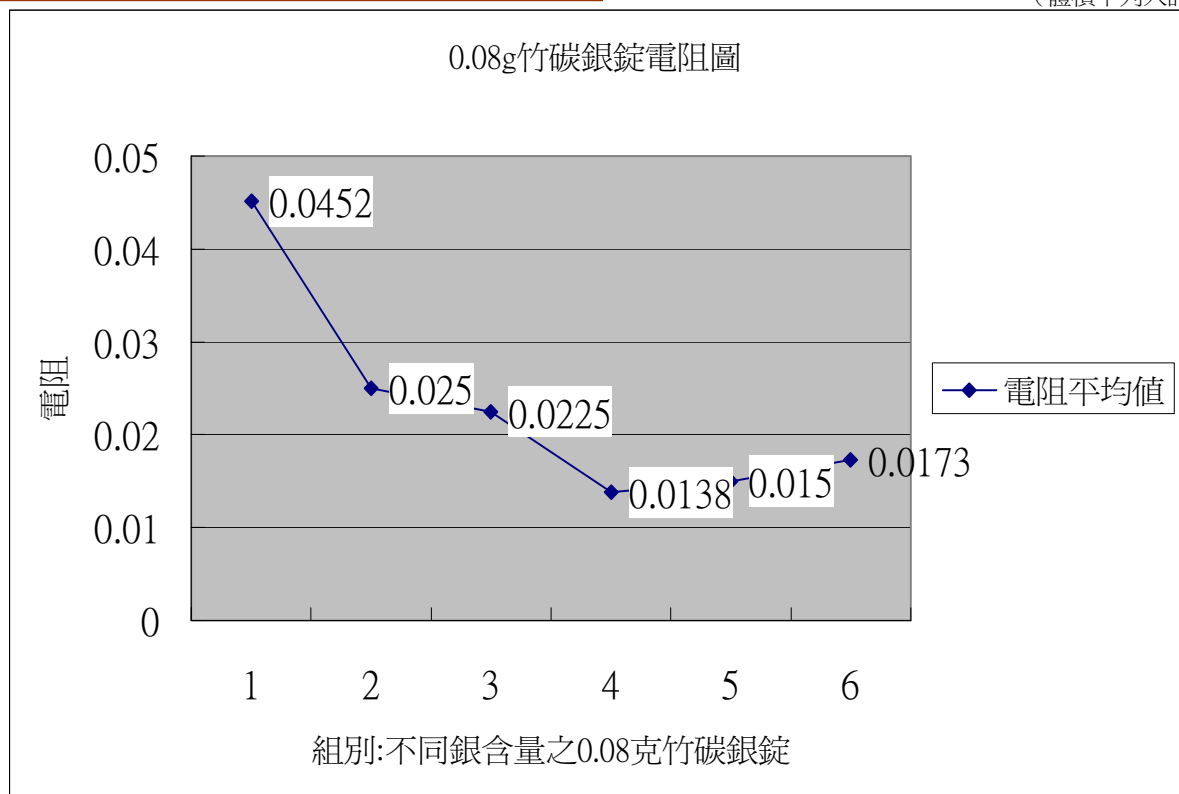
圖三十二

組別	一	二	三	四	五	六
*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)



表五：不同銀含量之 0.08 克竹炭銀錠的電阻圖

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）。

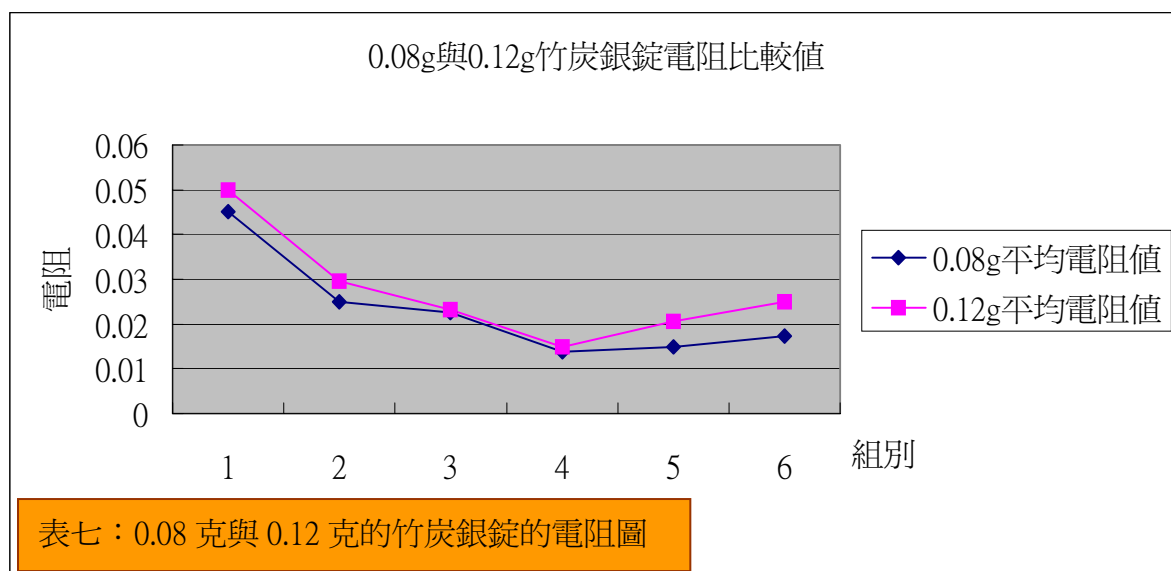


(二) 實驗二：比較 0.08 克與 0.12 克（如圖三十三）的竹炭銀錠的電阻值



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 ( $\Omega$ )
一	10	0.095	2.1	0.0452	0.080	1.6	0.0500
二	15	0.050	2.0	0.0250	0.062	2.1	0.0295
三	20	0.045	2.0	0.0225	0.049	2.1	0.0233
四	25	0.025	1.8	0.0138	0.033	2.2	0.0150
五	30	0.030	2.0	0.0150	0.045	2.2	0.0205
六	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)。

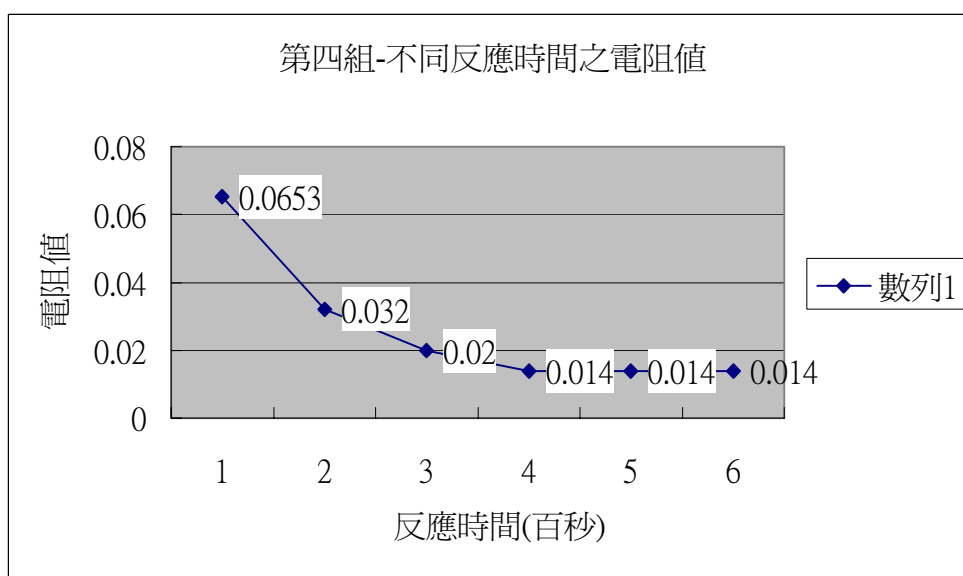
2. 0.08 克及 0.12 克竹炭銀錠的電阻均會先下降（如表七）後再上升，均有一組電

阻最低值(第四組，竹炭比銀=1：9)。

(三) 實驗三：研究並測量第四組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 (Ω)	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



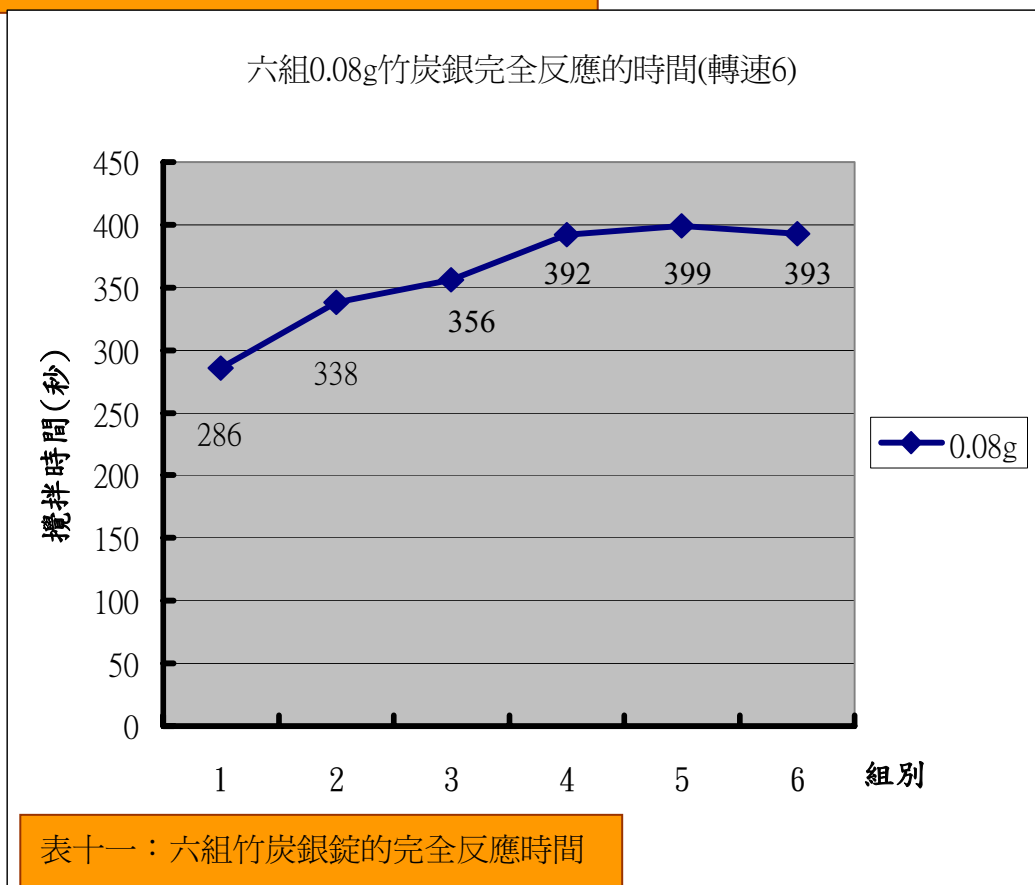
表九：第四組-不同反應時間的電阻

- 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	一	二	三	四	五	六
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



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

2.類多侖溶液增加時，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

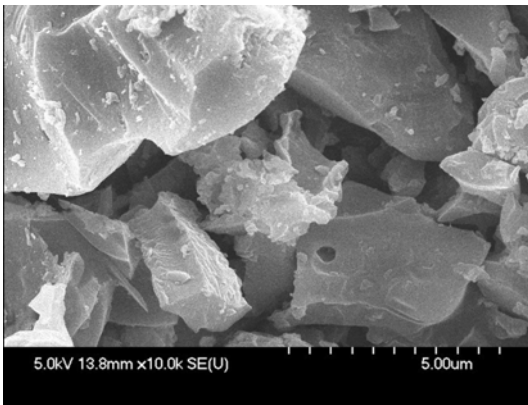
(一) 實驗一：測量並比較第四組 0.08g 竹炭銀混合物與竹炭銀複合物的電阻

第四組(竹炭比銀為 1:9)	0.08g 竹炭銀混合物	0.08g 竹炭銀複合物
電壓 (V)	0.304	0.025
電流 (A)	2.6	1.8
電阻 ( $\Omega$ )	0.116	0.014

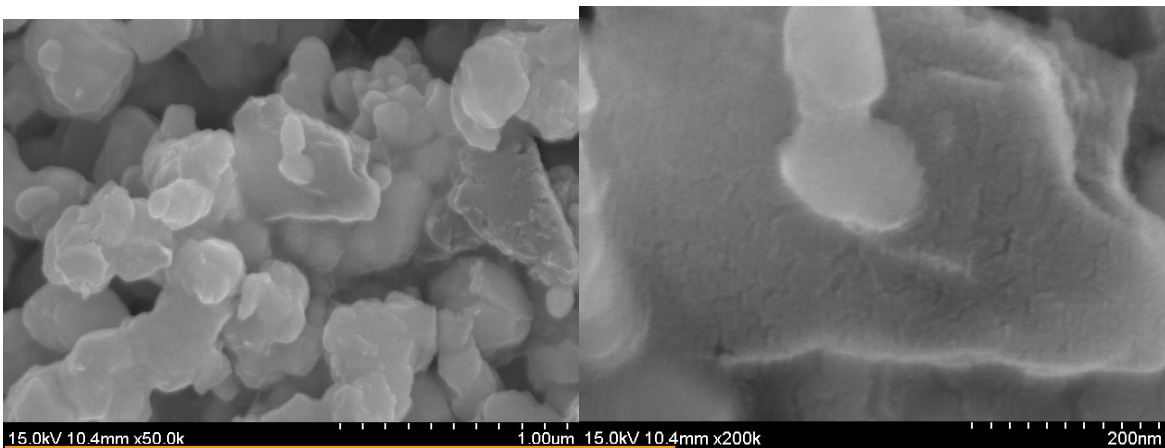
表十二：比較第四組 0.08g 竹炭銀混合物與竹炭銀複合物的電阻

說明：1. 混合物電阻值較高，複合物電阻值較低(如表十二)。

(二) 實驗二：由掃描式電子顯微鏡 (SEM) 下觀察竹炭與竹炭銀複合物



圖三十六竹炭在 SEM 下的表面結構



圖三十七竹炭銀複合物在 SEM 下的表面結構

說明：1.銀會包覆在竹炭表面上（圖三十七），與單獨是竹炭的表面不同（圖三十六），可知銀會有效分布在竹炭表面形成包覆。

2.根據 SEM 圖（圖三十七）可證明，利用銀鏡反應製成的竹炭銀為複合物。

五、研究五結果

(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。



圖三十八

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

表十三：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(如圖三十八)

2.實驗結果以竹炭銀與鎂的電池電壓最高(如表十三)

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) (如表十三)

## 六、討論

### (一) 研究一

#### 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。

#### 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、銀的導電度為自然界中金屬之冠，本研究測得純銀的電阻為 0.00074 Ω，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  $1.055 \Omega$ ，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，但利用銀鏡反應，以竹炭當作載體，製作出的竹炭銀複合物，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 號塑膠瓶容易取得，故以 2 號塑膠瓶作為反應的容器，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。
- 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（100、200 秒）時，銀析出較少，銀未完全包覆竹炭表面，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，可能的原因是 400 秒時銀達到包覆的極限，故 400 秒以後的反應測得電阻相同。
- 8、第一(竹炭：銀=1：3.6)、二(竹炭：銀=1：5.4)、三(竹炭：銀=1：7.2)組析出的銀是少量的，一析出的銀就包覆在竹炭顆粒上，故完全反應時間較短。第四組的銀量較多，包覆在竹炭表面的反應時間較長；此時銀達包覆的極限，竹炭表面已完全被銀覆蓋住。(第五組（竹炭：銀=1：10.8）和第六組（竹炭：銀=1：12.6）的竹炭銀電阻值會比第四組高的原因解釋在研究四)

#### (四) 研究四

- 1、混合物電阻值較高，複合物電阻值較低。可能的原因是銀沒有包覆在竹炭表面上，混合物中間有空氣，導致電阻較高。
- 2、根據 SEM 圖可知銀會包覆在竹炭表面上，與單獨是竹炭的表面不同，可知銀會有效分布在竹炭表面形成包覆。
- 3、根據 SEM 圖可證明，利用銀鏡反應製成的竹炭銀為複合物。
- 4、由研究四的結果可以解釋為何在研究三的實驗一中，第五組（竹炭：銀=1：10.8）和第六組（竹炭：銀=1：12.6）（銀含量較第四組多）的竹炭銀電阻值會比第四組高，其原因是因為五、六組的銀過量，一開始銀會先跟銀本身結合（銀本身的鍵結力大於銀和竹炭的複合力），所以最後包覆在竹炭表面的銀會比第四組（竹炭：銀=1：9）較少一些，且多餘的銀和竹炭銀形成類似混合物的情形，所以五、六組的



電阻值稍高於第四組。

#### (五) 研究五

- 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。

## 肆、結論與應用

### 一、研究一

- (一) 利用銀鏡反應，銀較易鍍在玻璃上，且能夠導電。
- (二) 利用銀鏡反應，銀可以鍍在 1、4、5、6 塑膠上，且能夠導電，但均易脫落。**銀最不易鍍在 2、3 號塑膠上。**

### 二、研究二

- (一) 利用銀鏡反應，以竹炭當作載體，銀能夠包覆在竹炭表面；製作出的竹炭銀複合物，會有類似金屬的延展性，較不易碎裂且可導電。
- (二) 竹炭銀錠的電阻小 ( $0.015\Omega$ )，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

- (一) 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。
- (二) 相同竹炭與銀比例，質量越大的竹炭銀錠，電阻越大，導電度越差。

### 四、研究四

- (一) 混合物電阻值較高，複合物電阻值較低導電度較好。
- (二) 銀會有效分布在竹炭表面，形成的竹炭銀複合物。

### 五、研究五

- (一) 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)。

## 伍、參考文獻

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/ftproot/science/chem/2005/3C6.pps>

六、妙用竹炭總論。民國 96 年 3 月 27 日取自

[http://www.pk77.com/new\\_page\\_22.htm](http://www.pk77.com/new_page_22.htm)

## 評語

碳和銀的組合，試驗的結果，只有物理組合的加成效果，其間化學（複合體），沒有任何明顯的證據。中規中矩的實驗，以國三生來說，確是難能可貴。