

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 物理科

080117

「芯」「心」相映—筆芯燈泡的研究

學校名稱：臺中市南屯區惠文國民小學

作者： 小六 謝秉翰 小六 郭仲翎 小六 黃昭琦 小六 涂語涵 小六 陳昱萍	指導老師： 陳俊明 郭 榮
---	---------------------

關鍵詞：筆芯、導電性、電阻

摘要

我們嘗試自製燈泡，實驗中以筆芯代替鎢絲，當加大電位差（電壓）時，觀察到筆芯開始發亮，接著漸漸變細，然後斷裂，此現象和燈泡中的鎢絲相似。從筆芯的導電性實驗中，發現筆芯的 H 愈高，黏土含量越高，導電度愈低；B 愈高，石墨量愈多，導電性愈高。筆芯的長度越短，直徑越粗，電阻越小。為了讓筆芯發光，我們增強電壓，由實驗結果顯示，通電的電壓至少要 10.5 伏特、電流 3 安培以上，才足以使筆芯發光。如果筆芯在二氧化碳的環境下，可延長發光時間，但對於照度則沒有幫助。以鋰電池串接時，0.9mm 直徑筆芯實驗效果最佳，可以發光 170 秒，照度達 1023Lux；以鉛蓄電池為電源時，在照度、發光時間都有明顯提升，0.5mm 直徑筆芯發光時間達 660 秒以上，照度為 20830Lux。

壹、研究動機

有一次，房間的小夜燈忽然不亮了，我拿起燈泡想要看個究竟，發現其中有一小段「線路」斷掉了，原來那一小段線路就是傳說中的鎢絲，記得老師曾經介紹過電池的構造，其中的碳棒就是電池導電的重要物質，從碳棒我想到鉛筆的筆芯成份是石墨，不也是碳嗎？筆芯也能導電吧！此時同學也和我分享他的新發現：聽說筆芯可以變燈泡喔！真不可思議，這一小段鎢絲真的可以用自動鉛筆筆芯來替代？我們充滿好奇的請教老師，老師鼓勵我們動手試試看，筆芯真的能做為燈心的材料嗎？哪一種筆芯最適合？試試看就知道。

貳、研究目的

- 一、 進行各式筆芯導電度測試，以比較導電性之差異。
- 二、 了解電池的串並聯對電流強度之實際影響。
- 三、 利用筆芯來進行發光實驗之研究，探究電壓和筆芯發光之關聯。
- 四、 運用已知實驗結果進行自製燈泡之研究。
- 五、 嘗試設法解決筆芯發光的時間短暫的問題。

參、研究設備與材料

一、研究器材設備

- | | | | | |
|-----------|--------|--------|-------|--------|
| 1.3 號充電電池 | 2.充電器 | 3.三用電表 | 4.照度計 | 5.C 形夾 |
| 6.醬瓜瓶 | 7.晶鑽爐 | 8.酒精燈 | 9.噴燈 | 10.鱷魚夾 |
| 11.熱熔槍 | 12.熱熔膠 | 13.毛細管 | 14.研鉢 | 15.蓄電池 |

二、研究材料

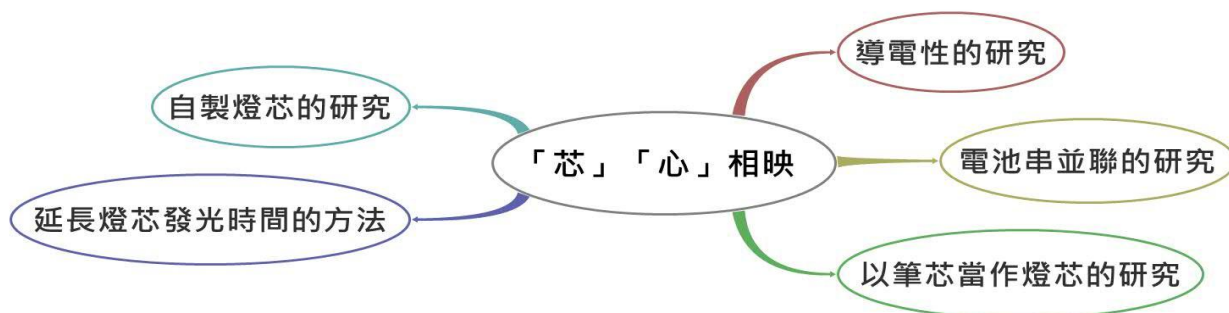
- | | | | | |
|----------|--------|-------|------|-------|
| 1.各種鉛筆筆芯 | 2.石墨 | 3.備長炭 | 4.炭筆 | 5.墨條 |
| 6.碳棒 | 7.各式樹枝 | 8.鋅片 | 9.鋁片 | 10.電線 |

		
實驗用的筆芯	備長炭、炭筆、石墨	三用電表
		
自製燈泡	測量導電性	實驗用充電電池

肆、研究方法、結果與討論

一、研究架構

圖 1 研究架構圖



二、研究內容

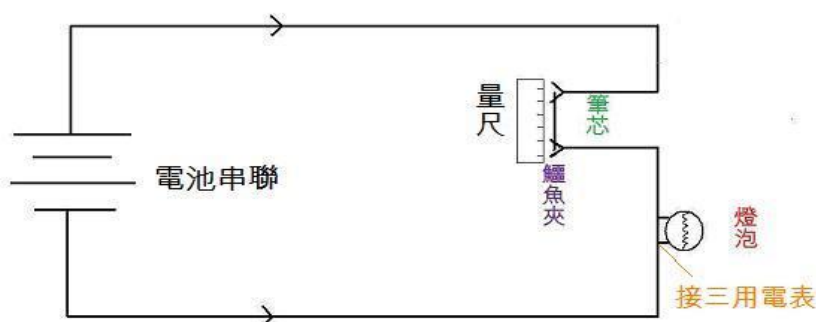
研究一 導電性的研究

如果筆芯要取代燈心，就要了解各種筆芯的導電度，因此我們著手收集市面上各式筆芯，進行導電度的測試，以作為日後研究之參考。

(一)實驗步驟

1.為了接下來進行一系列的實驗需要量測各物體的導電性，我們設計了以下裝置。

圖 2 物體導電性實驗裝置圖



2. 測量固定電壓下各種物體的導電性

大家都聽過愛迪生為了發明燈泡，實驗失敗了無數次，我們想先了解不同物體間導電性有何不同。

- (1)以 2 顆電池串聯的電池盒提供固定 3V 的電壓。
- (2)將電線、磨好的漆包線、鐵絲、鋁箔、焊錫、鋅片、電池碳棒、光纖、木頭、剪成 5cm 長。
- (3)以三用電表量測通過以上各物體的電流量。
- (4)進行 3 次重覆實驗，並記錄量測值。
- (5)算出平均電流值，以歐姆定理 $R=V \div I$ 公式計算出電阻。

3. 測量固定電壓下各種品牌、型號筆芯的電流

老師指導我們，筆芯是由石墨和黏土組成，石墨又是很特別的導體，我們又在網路上查到 H 愈高表示含黏土量愈多，筆芯的硬度愈高，B 愈高表示含石墨量愈多，筆芯的硬度愈低。我們很好奇筆芯的導電性是否因為石墨含量多而愈高。

- (1)用 2 顆電池串聯的電池盒提供固定 3V 的電壓。
- (2)以三用電表量測⓪PI 牌㊸飛龍牌各種型號筆芯的電流量。
- (3)進行 3 次重覆實驗，並記錄量測值。
- (4)算出平均電流值，以歐姆定理 $R=V/I$ 公式計算出電阻。

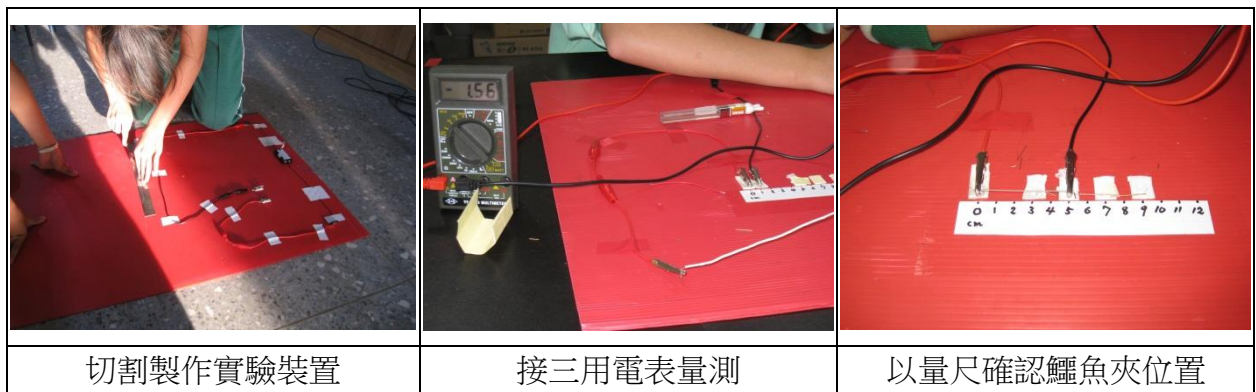
4. 測量固定電壓下不同長度、粗細筆芯的電流

開始做實驗後，我們才發現市面上有各種不同粗細和長短的筆芯，我們決定要增加操作變因，更深入的研究它們對導電性的影響。

- (1)用 2 顆電池串聯的電池盒提供固定 3V 的電壓。
- (2)以三用電表量測通過直徑 0.5mm，不同長度的筆芯的電流量。
- (3)以三用電表量測通過長度 60mm，不同粗細的筆芯的電流量。
- (4)進行 3 次重覆實驗，並記錄量測值。
- (5)算出平均電流值，以歐姆定理 $R=V/I$ 公式計算出電阻。

(二)實驗結果

1. 實際製作實驗裝置



2. 測量固定電壓下各種物體的導電性

表 1 固定電壓 3V 時，各種物體的電流及電阻

	電線	磨好的漆包線	鐵絲	鋁箔	焊錫	鋅片	電池炭棒	光纖	木頭
第一次電流	2.08	2.15	2.17	2.1	2.08	2	1.9	0	0
第二次電流	2.11	2.1	2.13	2.05	2.05	2.1	1.84	0	0
第三次電流	2.2	2.15	2.15	2.1	2.07	2.08	1.88	0	0
平均電流	2.13	2.13	2.15	2.08	2.07	2.06	1.87	0	0
計算電阻	1.41	1.41	1.40	1.44	1.45	1.46	1.60	∞	∞

3.測量固定電壓下各種品牌、型號筆芯的電流

表 2 固定電壓 3V 時，PI 牌 0.5mm 各型號筆芯的電流及電阻

	電線	H	HB	B	2B	3B	4B
第一次電流	2.08	0.44	0.48	0.48	0.52	0.52	0.52
第二次電流	2.11	0.48	0.48	0.48	0.52	0.5	0.52
第三次電流	2.2	0.48	0.5	0.5	0.5	0.5	0.52
平均電流	2.13	0.47	0.49	0.49	0.51	0.51	0.52
計算電阻	1.41	6.43	6.16	6.16	5.84	5.92	5.77

表 3 固定電壓 3V 時，飛龍牌 0.5mm 各型號筆芯的電流及電阻

	電線	2H	H	HB	B	2B	3B	4B
第一次電流	2.08	0.56	0.52	0.52	0.44	0.5	0.54	0.46
第二次電流	2.11	0.58	0.52	0.54	0.48	0.5	0.54	0.46
第三次電流	2.2	0.56	0.52	0.52	0.46	0.5	0.54	0.46
平均電流	2.13	0.57	0.52	0.53	0.46	0.50	0.54	0.46
計算電阻	1.41	5.29	5.77	5.70	6.52	6.00	5.56	6.52

4.測量固定電壓下不同長度、粗細筆芯的電流

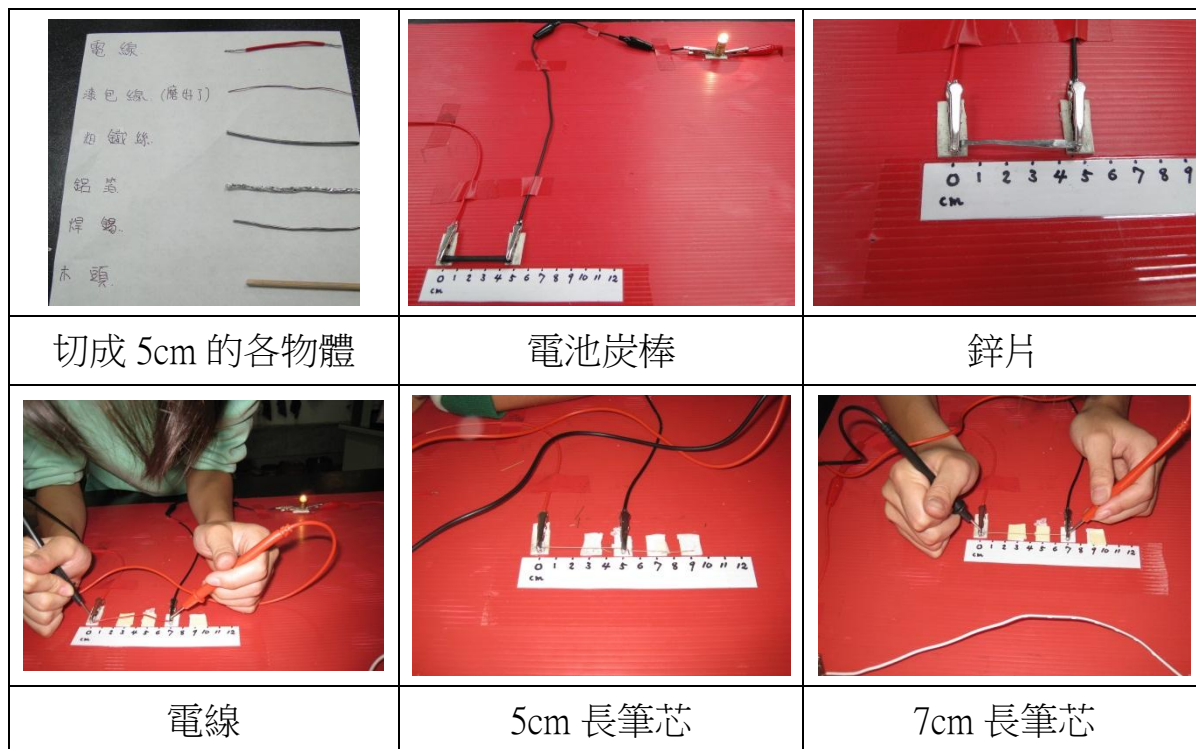
表 4 固定電壓 3V 時，各種長度米飛牌 0.5mmHB 筆芯的電流及電阻

	7cm	5cm	3cm
第一次電流	0.54	0.64	0.95
第二次電流	0.48	0.65	0.89
第三次電流	0.56	0.68	0.93
平均電流	0.53	0.66	0.92
計算電阻	5.70	4.57	3.25

表 5 固定電壓 3V 時，各種粗細 PI 牌 6cm 長 HB 筆芯的電流及電阻

	0.3mm	0.5mm	0.7mm	0.9mm
第一次電流	0.36	0.48	0.6	0.62
第二次電流	0.36	0.48	0.6	0.62
第三次電流	0.38	0.5	0.6	0.62
平均電流	0.37	0.49	0.60	0.62
計算電阻	8.18	6.16	5.00	4.84

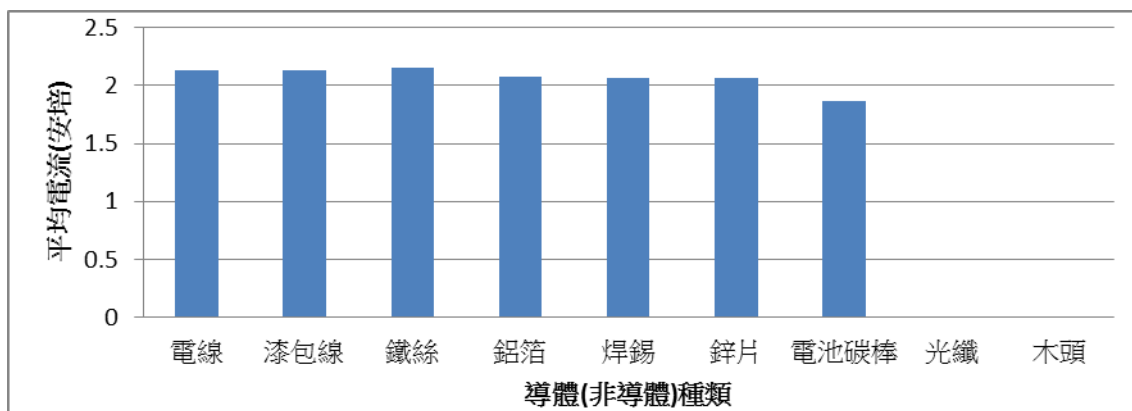
(三)實驗照片



(四)討論

- 1.根據老師提供的書籍和我們上網搜尋的結果，我們了解燈泡是靠著通電流後，鎢絲因為電阻較高會發熱並產生白熱化現象，而發出亮光。
- 2.傳統的燈泡中，燈絲會逐漸變細，最後斷掉，燈泡壽命便結束。我們用筆芯代替鎢絲，當加大電位差（電壓）時，觀察到的結果也是筆芯開始發亮，接著漸漸變細，然後斷裂。
- 3.從各種物體導電性的實驗中，我們了解了當初愛迪生的實驗為何會一再的失敗，因為大部分一般的金屬導電性都極佳，所能產生的電流、電阻都很穩定與電線不相上下，無法造成發熱發光的效果。至於非金屬則大都不導電，最近最熱門的材質光纖，也是無法導電的。

圖 3 不同物體連接電路測量平均電流



- 4.從各種材質筆芯的導電性實驗中，我們看到 PI 牌筆芯的導電度大致上符合 H 愈高，黏土含量越高，導電度愈低；B 愈高代表石墨量愈多，導電性愈好。但是觀察飛龍牌的筆芯卻是

2H 的導電性愈高。我們查了飛龍牌網站上的產品介紹，發現他們特別強調了運用了高級技術讓筆芯的石墨排列比其他廠牌更整齊，不知道是否因此也影響了導電性。另外，筆芯量測的電流是電線的四分之一，也就是說筆芯的電阻比電線大，可是仍可讓電流通過。

圖 4 PI 牌筆芯導電性

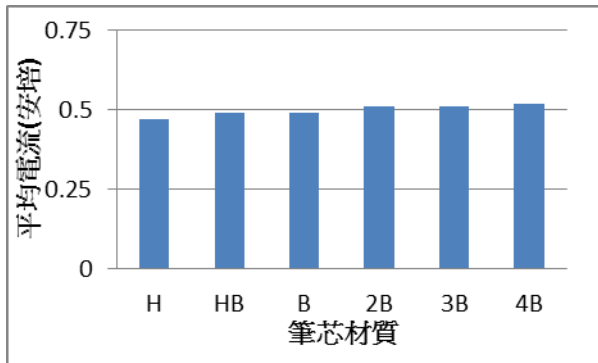
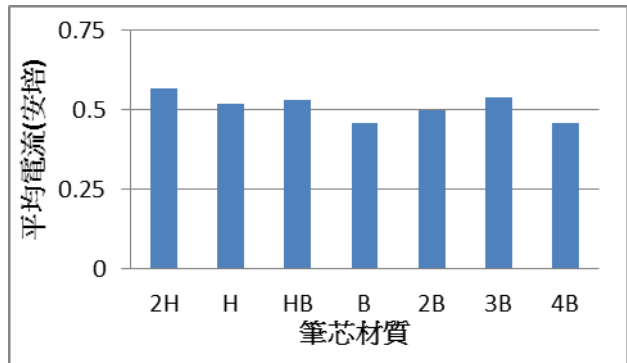


圖 5 飛龍牌筆芯導電性



5.比較不同長度筆芯的導電度，我們發現 7 公分長度的筆芯電阻最大，而 3 公分長度的筆芯電阻最小，就像越長的隧道就很容易塞車。

圖 6 不同長度(HB, 0.5 公分)筆芯導電度

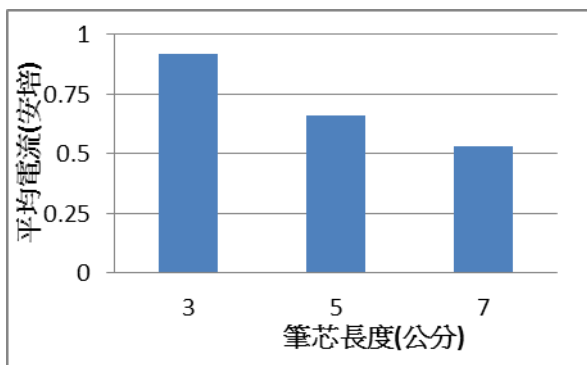
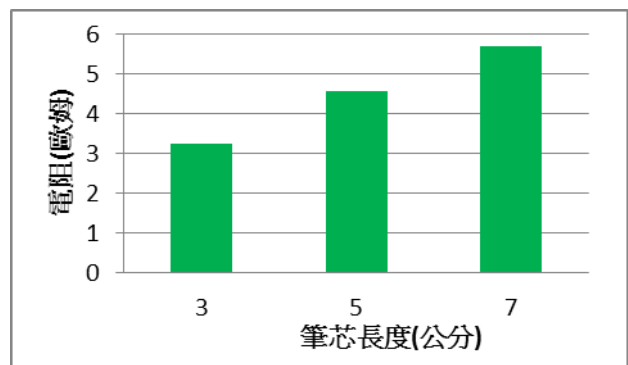


圖 7 不同長度(HB, 0.5 公分)筆芯電阻值



6.從不同粗細筆芯實驗中，我們發現筆芯越粗，電流越大，電阻越小；而較細的筆芯產生的電阻越大。這就像越窄的隧道越會塞車，越寬的隧道，就不容易塞車。

圖 8 不同粗細(HB)筆芯導電度

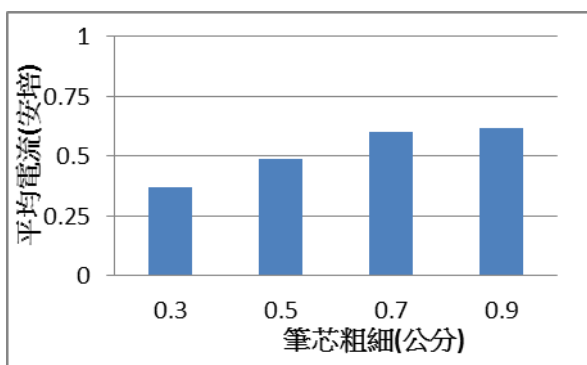
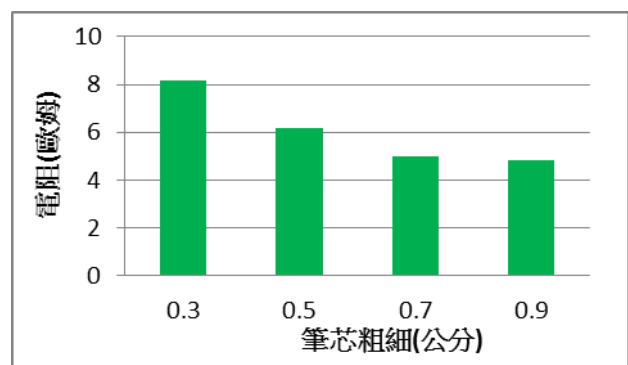


圖 9 不同粗細(HB)筆芯電阻值



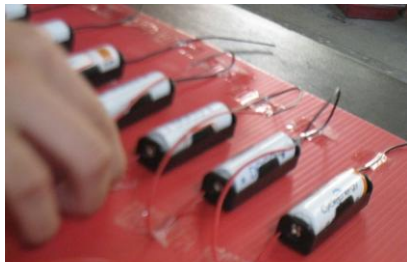
研究二 電池串並聯的研究

在四年級學到電池的串並聯時，老師曾讓我們將電池分別用串並聯方式連接，再接到燈泡，結果串聯的方式燈泡特別亮，而六年級上電磁鐵單元，串聯 2 個電池的磁性比只有一個電池的磁性大，因此我們想到用這個研究來了解串並聯時，電流的差異。

(一) 研究方法

1. 電池盒串聯實驗

1. 以電池盒串聯 1~8 顆電池。



2. 測量所產生的電流。



2. 電池盒並聯實驗

1. 以電池盒並聯 1~8 顆電池。



2. 測量所產生的電流。



3 電池直接串聯相接

1. 以電池直接串聯。



2. 測量所產生的電流。



(二) 實驗結果

1. 電池盒串聯

電壓(V)	3	4.5	6	7.5	9	10.5	12
電流(A)	2.26	3.43	4.34	4.82	5.46	5.98	6.09
電阻(Ω)	1.33	1.31	1.38	1.56	1.65	1.76	1.97

2 以電池盒並聯

電壓(V)	3	4.5	6	7.5	9	10.5	12
電流(A)	1.73	1.78	1.87	1.57	1.32	1.65	1.77
電阻(Ω)	0.87	0.84	0.80	0.96	1.14	0.91	0.85

3 以電池直接串聯

電壓(V)	3	4.5	6	7.5	9	10.5	12
電流(A)	3.75	5.11	6.75	8.33	9.21	10.87	11.83
電阻(Ω)	0.80	0.88	0.89	0.90	0.98	0.97	1.01

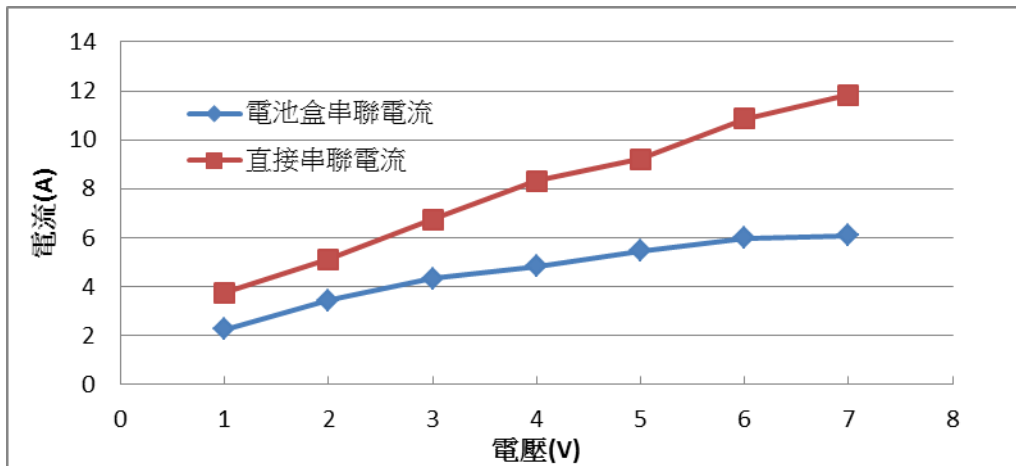
(三) 實驗照片



(四) 討論

1. 在電池盒串聯實驗中，當串聯電池越多，則電壓越高，電流也會越來越大，不過由於電池間加了電線，以致電流較低，電阻也較大。
2. 電池盒並聯連接時，量測的電流變化不大，顯示以並聯方式連接電池無法增大電流。
3. 如果將電池直接以正負極方式串接，電流和電壓也是有正比的關係，產生的電阻也較小。
4. 以電池盒和直接以電池串聯來比較：在下圖中，在相同電壓時，直接串接方式的電流較高，且當電壓越高，兩者的電流差距也越大。

圖 10 兩種不同方式串聯電池電壓與電流圖



5.綜合以上的數據顯示：串聯電池數越多，電流也越強，而電池並聯時無法增強電量。如果需要較大電流量，可直接將電池串接，也可有比較好的效果。

研究三 以筆芯當作燈心的研究

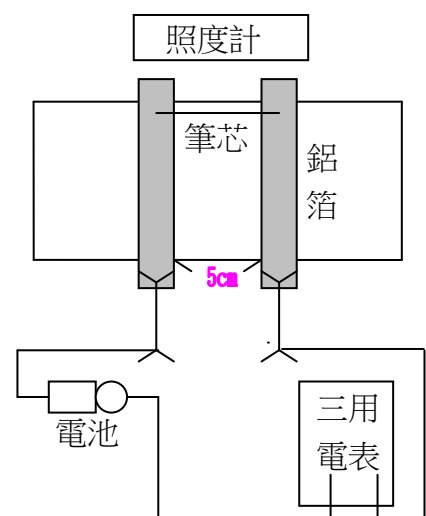
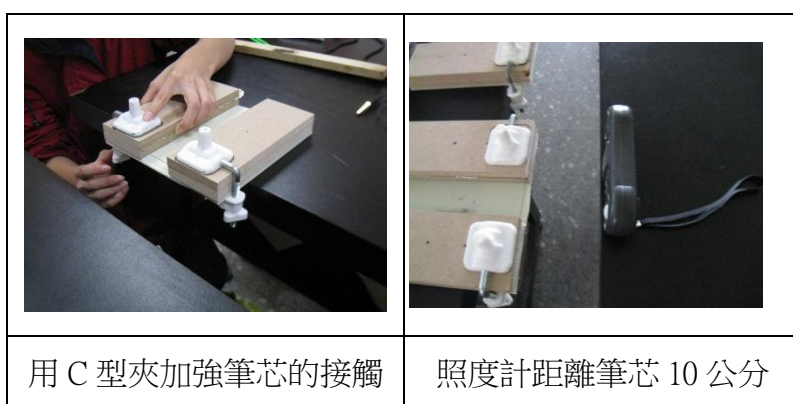
在研究一的實驗中我們發現金屬類的導體能通過的電流大，而像木頭這類非導體則無法讓電流通過。此外我們也發現以石墨和黏土混合製成的筆芯，其導電性介於導體和非導體之間，因此，我們想試試當加大電壓後筆芯是否可以像燈芯一樣可以發光。

(一)實驗方法

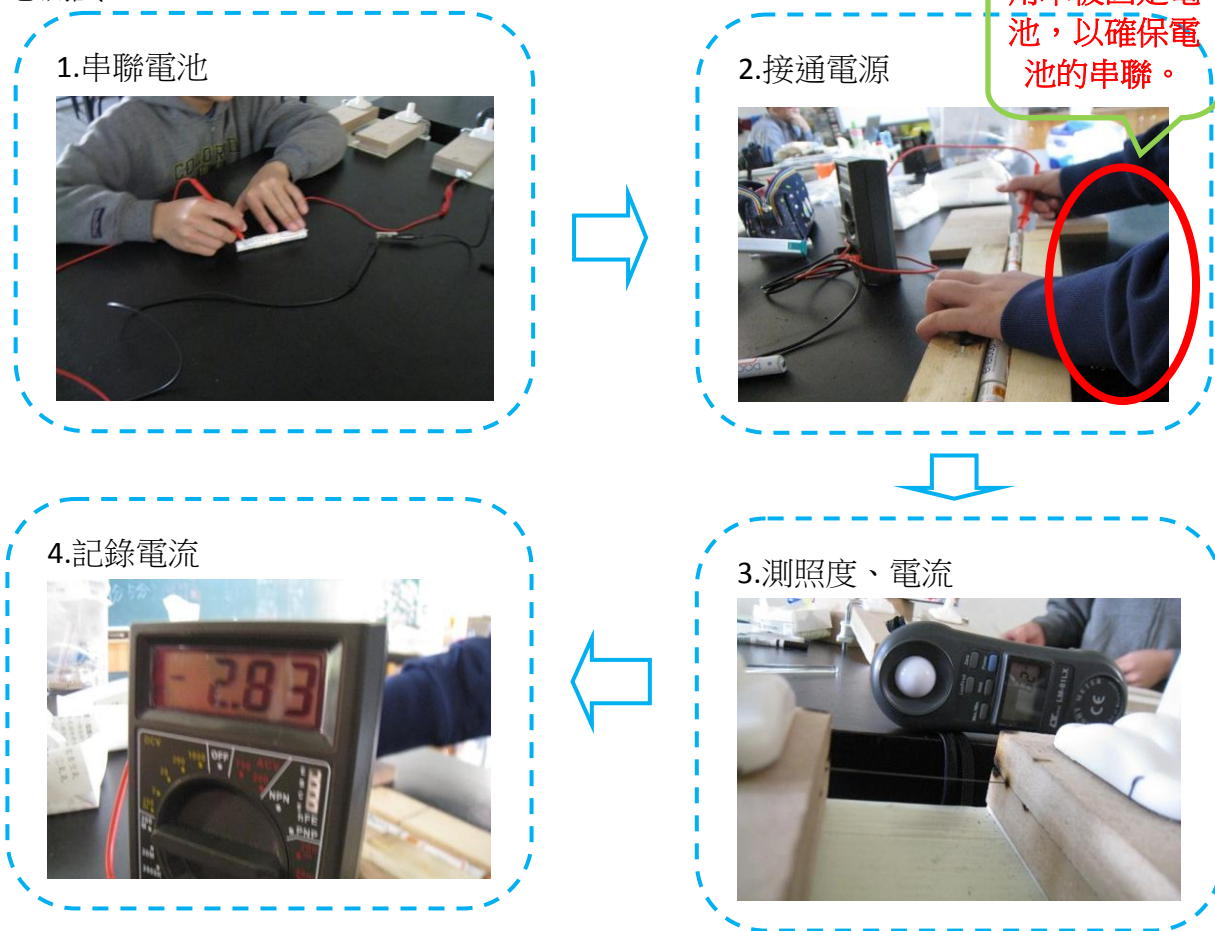
1.實驗裝置

由於之前使用鱷魚夾時筆芯易斷裂，且接觸不良，致使其電流極不穩定。所以我們將筆芯放置於兩塊木板中，接著再用 C 型夾將兩塊木板夾緊，使其筆芯能固定不移動。

裝置圖



2. 筆芯測試



3. 實驗操作變因及量測項目

操作變因	測量項目	發光時測量項目
含碳量	電流	發光時間 最高淨照度
長度		
粗細		
顏色		

(二) 實驗結果(節錄部分數據)

1. 筆芯材質

	H(PI)		HB(PI)		B(PI)	
電壓(V)	12	13.5	12	13.5	12	13.5
電流(A)	3.04	2.67	2.64	3.58	2.83	3.35
電阻(Ω)	3.95	5.06	4.55	3.77	4.24	4.03

發光時間(秒)	50	100	170	40	70	140
淨照度(Lux)	0	0	0	139	0	110

	2B(PI)		3B(PI)		4B(PI)	
電壓(V)	10.5	12	10.5	12	12	13.5
電流(A)	3.34	3.42	3.28	3.52	3.77	4.01
電阻(Ω)	3.14	3.51	3.20	3.41	3.18	3.37
發光時間(秒)	110	30	50	40	40	40
淨照度(Lux)	861	165	50	150	139	268
	2H(飛龍)	H(飛龍)	HB(飛龍)		B(飛龍)	
電壓(V)	12	12	12	13.5	12	13.5
電流(A)	3.71	4.35	4.14	4.69	4.2	4.53
電阻(Ω)	3.23	2.76	2.90	2.88	2.86	2.98
發光時間(秒)	100	10	60	50	40	30
淨照度(Lux)	0	0	6	323	8	171
	2B(飛龍)		3B(飛龍)		4B(飛龍)	
電壓(V)	10.5	12	12	13.5	12	13.5
電流(A)	3.62	3.93	3.84	4.46	2.53	2.62
電阻(Ω)	2.90	3.05	3.13	3.03	4.74	5.15
發光時間(秒)	70	50	80	150	70	60
淨照度(Lux)	168	136	210	1074	0	0

2.筆芯長度

	3cm(CoCo)			5cm(CoCo)		
電壓(V)	7.5	9	10.5	7.5	9	10.5
電流(A)	3	3.75	4.46	2.24	2.49	3.23
電阻(Ω)	2.5	2.4	2.4	3.3	3.6	3.3
發光時間(秒)	0	0	70	0	0	40
淨照度(Lux)	0	0	17	0	0	95
	7cm(CoCo)			9cm(CoCo)		
電壓(V)	7.5	9	10.5	7.5	9	10.5
電流(A)	1.94	2.49	2.7	1.08	1.53	2.29
電阻(Ω)	3.9	3.6	3.9	6.9	5.9	4.6
發光時間(秒)	0	0	0	0	0	0

淨照度(Lux)	0	0	0	0	0	0
----------	---	---	---	---	---	---

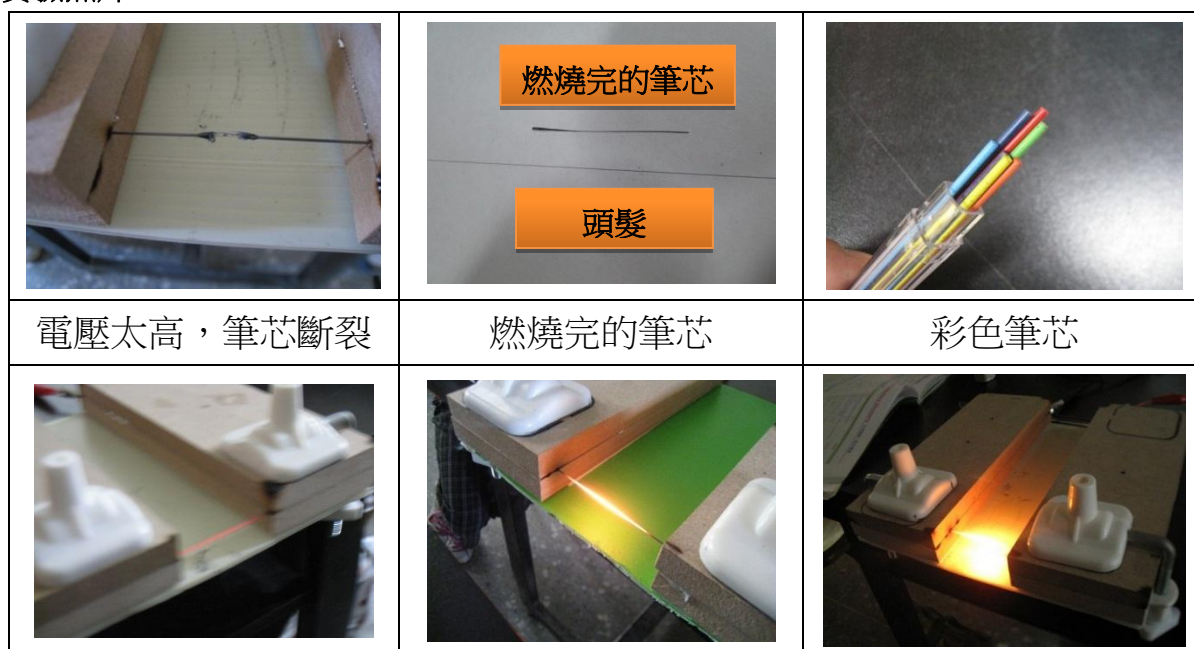
3.筆芯粗細

	0.3mm HB(PI)		0.5mm HB(PI)		0.7mm HB(PI)	
電壓(V)	12	13.5	12	13.5	12	13.5
電流(A)	2.99	3.38	2.64	3.58	5.14	4.8
電阻(Ω)	4.01	3.99	4.55	3.77	2.33	2.81
發光時間(秒)	210	80	170	40	120	60
淨照度(Lux)	10	1678	0	139	30	493
	0.9mm HB(PI)		2.0mm HB(JOY)			
電壓(V)	12	13.5	12	13.5		
電流(A)	5.19	5.6	6.34	6.7		
電阻(Ω)	2.31	2.41	1.89	2.01		
發光時間(秒)	230	170	0	0		
淨照度(Lux)	61	1023	0	0		

4.筆芯顏色

	2.00mm (彩虹)			2.00mm (PI)		
電壓(V)	7.5	9	10.5	7.5	9	10.5
電流(A)	0	0	0	0	0	0
電阻(Ω)	0	0	0	0	0	0
發光時間(秒)	0	0	0	0	0	0
淨照度(Lux)	0	0	0	0	0	0

(三)實驗照片

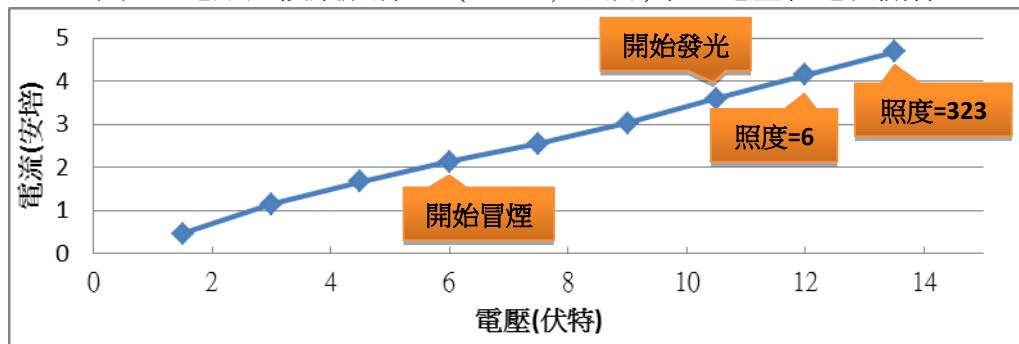


發光的筆芯	發光的筆芯	發光的筆芯
-------	-------	-------

(四)、討論

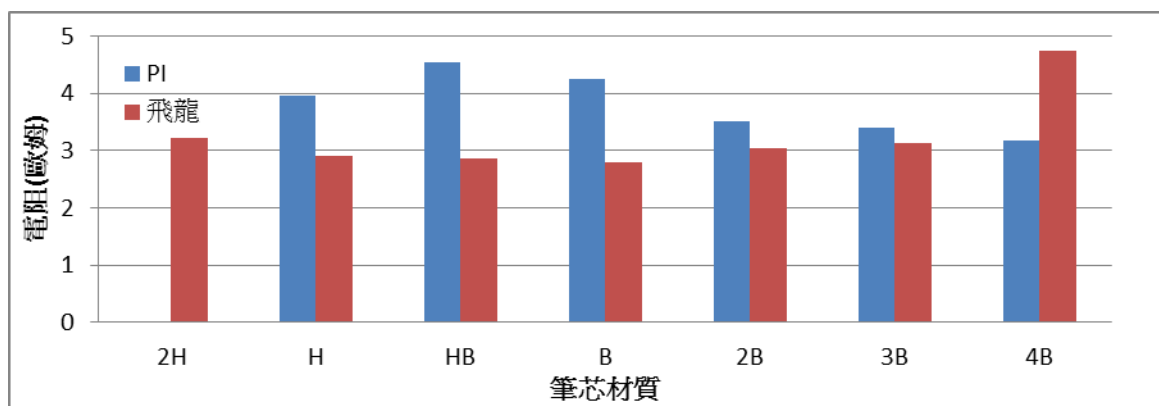
1.由實驗結果顯示，使用越多電池，電路的電壓越大，電流也越大，要使筆芯達到燃燒發亮的情形，**電壓至少要 10.5 伏特，電流也都要 3 安培**。電壓或電流越大，筆芯越容易燃燒，可是燃燒時間並不會增加，可能是因為電阻太大，燃燒太激烈，使得筆芯太快被燒完。

圖 11 電路連接飛龍牌 HB(0.5mm,5 公分)筆芯電壓和電流關係



- 2.由實驗觀察，當電路連接電源後，可以測得最大電流，隨著時間增加，電流會逐漸降低，這應該是高溫使筆芯變細，電阻也隨之增加，最後筆芯斷裂，實驗結束。
3. 在研究一的實驗，以 3V 電壓接上筆芯後，大致上 H 系列筆芯的電阻比 B 系列來的高，可是本研究中，當連接較高電壓時，PI 牌筆芯 H 系列筆芯的電阻仍比 B 系列筆芯高，而飛龍牌則是 B 系列的電阻比 H 系列高，是否因為高電壓使得筆芯材質發生變化，則需要進一步的研究。

圖 12 不同筆芯材質連接電路的電阻變化



- 4.因筆芯燃燒所產生的照度，在我們的實驗中並沒有增加很多，雖然在實驗現場可以觀察到筆芯發出很亮的光芒，可能是因為周圍環境較開闊，導致測得的照度數據變化較小。
- 5.在筆芯長度的測試時，我們使用 HB 材質的筆芯來做實驗，當筆芯越長，電阻越大，可是我們的實驗中只有 3 公分和 5 公分的筆芯可以發光，以 5 公分的筆芯照度增加了 95LUX 最多。
- 6.筆芯粗細實驗中，從 0.3 至 0.9mm 直徑的筆芯在 13.5V 的電壓下，都可以成功發光，且都有不錯的淨照度。筆芯越粗，電流越大，其中 0.9mm 的筆芯可產生 1023Lux 的照度，發光時間 170 秒鐘，效果最佳。
- 7.彩色筆芯無法導電，代表彩色筆芯應該不是用石墨製成的。

8.綜合上述實驗，要使筆芯發光則需用到 10.5V 以上。若想使筆芯發光的亮度越亮，則電阻就須越大。所以筆芯長及筆芯細，電阻高；筆芯短及筆芯粗，電阻就大。

研究四 自製燈芯的研究

在我們搜尋資料時，發現常見的含碳材質除了筆芯外、還有電池的炭棒、畫畫用的炭筆和備長炭跟石墨，所以我們針對這些含碳物質進行導電性測試，也嘗試以「乾餾法」燒製鳳凰木、艷紫荊、相思木、竹棒、牙籤，再磨製成粉狀看看會不會改變它的導電能力。

(一) 實驗方法：

1.其它含碳材質通電測試

- (1) 取石墨、炭棒和備長炭，將其各取一小段。
- (2) 連接電源，依研究三的方式，觀察其是否可以導電及發光
- (3) 逐漸增大電壓，記錄電流、照度及發光的時間。

2.以乾餾法自製碳棒

(1) 搜集木材(鳳凰木、艷紫荊、相思木、竹棒、牙籤)



(2) 包覆鋁箔紙裡一邊密封。



(4) 測量電流



(3) 高溫燒製三分鐘



3.以粉末方式測量導電度

(1) 燒好木材磨粉



(2) 裝入毛細管內



(3) 測量電流



	石墨	備長炭	炭筆
電壓	12	12	12
電流	3.57	9.58	0
電阻	3.36	1.25	∞

(二) 實驗結果：

1. 石墨、備長炭通電測試

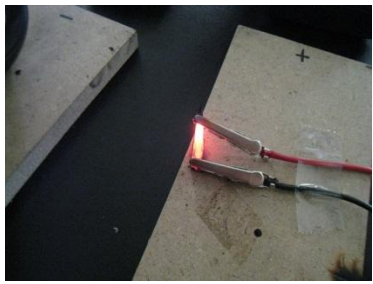





2. 乾餾法自製碳棒實驗

	牙籤	竹棒	相思木	豔紫荊	鳳凰木
電壓	12	12	12	12	12
電流	0	0	0	0	0
電阻	∞	∞	∞	∞	∞

3. 以磨粉方式測量導電度

	豔紫荊	相思木	鳳凰木	備長炭	炭筆	竹棒	碳棒	石墨
電壓	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
電流	0	0	0	0	0	0	0.01	0.99
電阻	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0.99	10.61

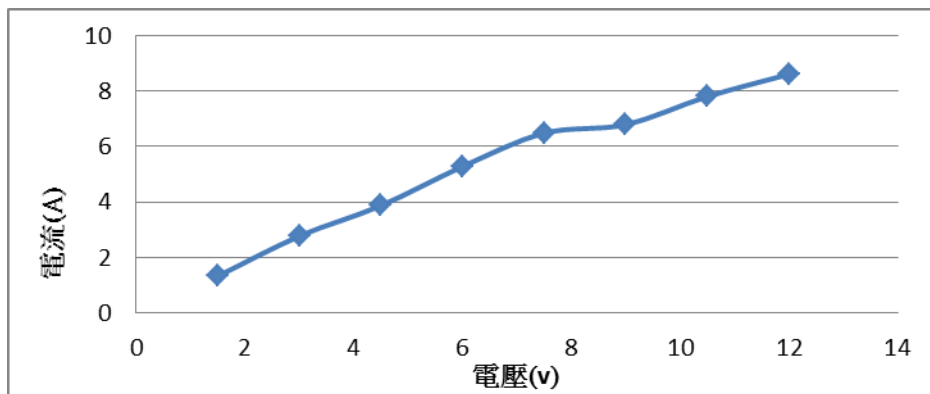
(三) 實驗照片

		
備長碳通電發光	以晶鑽爐乾餾木材	以酒精燈乾餾木材
		
用噴燈乾餾木材	填充碳粉於毛細管	自行研磨的碳粉

(四) 討論

- 1.從下表的導電性實驗中驗證了石墨是可以導電的，而筆芯是由石墨所製成的，因此筆芯會導電是由於石墨會導電的緣故。

圖 13 石墨在不同電壓下的電流量



- 2.在我們的數據顯示：筆芯的導電性高於石墨許多，在製作過程中，為了要和黏土混合在一起，而有燒製的程序，經過高溫的作用，使得筆芯的導電性和石墨不同。
- 3.我們發現以乾餾法燒製成的木炭效果並沒有我們預期的好，我們本來先試用酒精燈燒製木炭，但測了電流後發現是零。所以我們決定改用在文獻資料中描述溫度較高的瓦斯噴槍，來當做火源，可惜溫度還是無法到達高溫 1000°C 以上的要求。
- 4.我們的實驗結果顯示，磨粉後導電性以石墨效果最好，炭棒測量的電流較低，有可能是接觸不良，其它測試物質的電流是零，可能是因為乾餾法溫度不夠高、或者是在將碳粉裝入毛細管內時，我們很努力地盡量讓它密實，但還是可能不夠。
- 5.在這個實驗中，我們原以乾餾法自製出有別於筆芯的燈芯，可是由於溫度不足，而無法成功，但也說明使用筆芯當作燈心，還是比較容易的選擇。

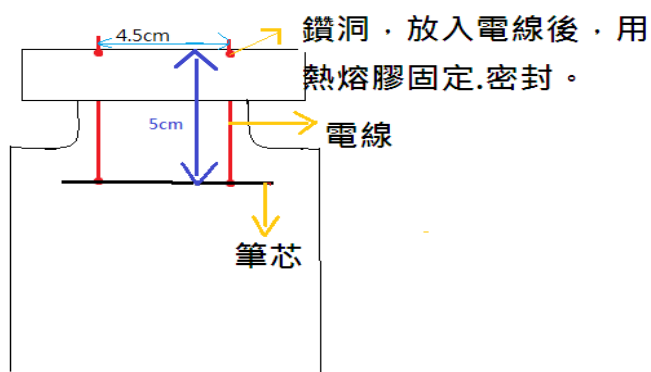
研究五 延長燈芯發光時間的方法

為了重現愛迪生發明燈泡的過程，我們利用生活周遭的用具，自行設計燈泡，並且參考前四個對於筆芯、串並聯的研究，選出導電性較佳的筆芯放入我們設計的燈泡中，測試看看是否能夠自製燈泡。同時我們在燈泡內裝入二氧化碳，看看是否可以曾長發光時間及照度。另外我們也嘗試使用汽車用蓄電池(12V)做為電源，比較筆芯發亮時的照度、時間。

(一)實驗步驟

1. 設計燈泡

(1) 我們選用有蓋的玻璃罐，裝置如圖

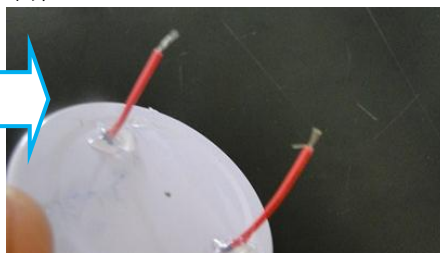


(2) 裝置步驟如下：

1. 在蓋子上鑽 2 個洞。



2. 把 2 條同長的電線放入蓋子的洞裡。



4. 製作好燈泡即可開始進行實驗。



3. 在電線上放置筆芯，蓋上蓋子，完成燈泡。

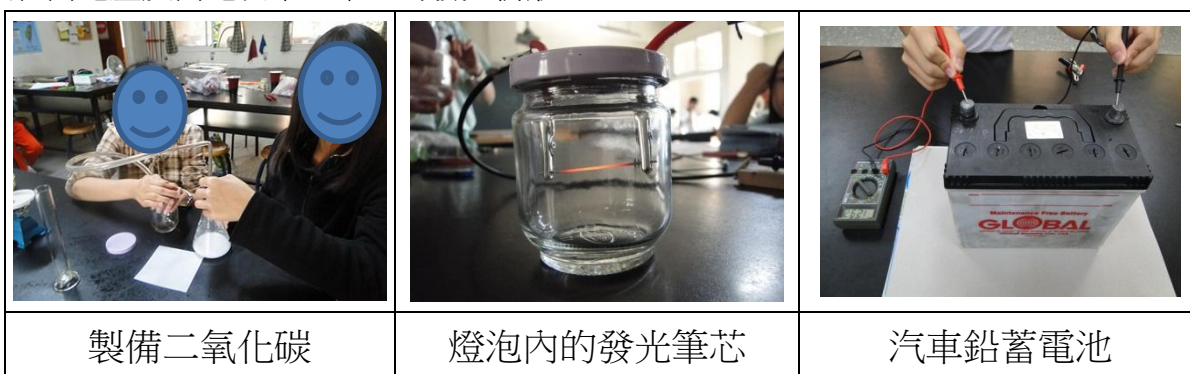


2.燈泡內填充不同氣體對燈芯燃燒時間的影響

為探究不同氣體的存在，是否可以延長燈芯的燃燒時間?我們在自製燈泡內加入以下的氣體。

- (1)空氣(直接取環境中的空氣)
- (2)二氧化碳(以醋加小蘇打粉製得)

3.以汽車鉛蓄電池取代先前使用的3號鋰充電電池為電源，並進行電路實驗與燈泡實驗，以比較在高電壓及高電流下，筆芯的發光情形。



(二)實驗結果

1.自製燈泡充填空氣

(1)一根0.5mm筆芯

HB筆芯			2B筆芯		
電壓數	發亮時間	淨照度	電壓數	發亮時間	淨照度
7.5	14 秒	0	7.5	43 秒	0
10.5	2 秒	0	10.5	7 秒	0
13.5	48 秒	440	13.5	8 秒	47
16.5	9 秒	372	16.5	8 秒	108
19.5	10 秒	522	19.5	16 秒	577

(2) 一根0.9mm筆芯

HB筆芯			2B筆芯		
電壓數	發亮時間	淨照度	電壓數	發亮時間	淨照度
7.5	0 秒	0	/	/	/
10.5	0 秒	0	/	/	/
13.5	>600 秒	29	/	/	/
16.5	45 秒	0	/	/	/
19.5	2 秒	0	/	/	/

(3) 一根2.0mm筆芯

HB筆芯			2B筆芯		
電壓數	發亮時間	淨照度	電壓數	發亮時間	淨照度
7.5	0秒	0	7.5	0秒	0
10.5	0秒	0	10.5	0秒	0
13.5	0秒	0	13.5	0秒	0
16.5	0秒	0	16.5	0秒	0
19.5	3分鐘以上	88	19.5	0秒	0

2.自製燈泡充填二氧化碳

0.5mm HB筆芯			0.9mm HB筆芯		
電壓數	發亮時間	淨照度	電壓數	發亮時間	淨照度
7.5	0秒	0	7.5	0秒	0
10.5	0秒	0	10.5	0秒	0
13.5	8秒	0	13.5	2秒	0
16.5	大於3分鐘	275	16.5	5秒	224
19.5	4秒	87	19.5	9秒	49

3.以鉛蓄電池進行實驗

(1)筆芯實驗

	0.5mm	0.9mm	2.0mm
最大照度(Lux)	20830	7520	169
發光時間(秒)	>660	55	480



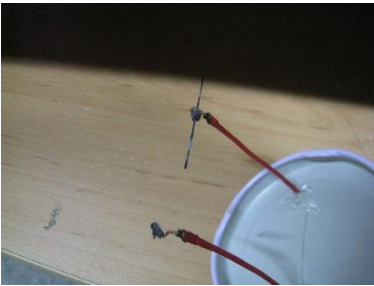

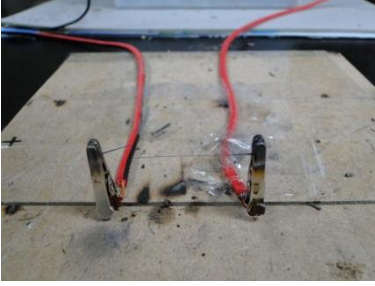


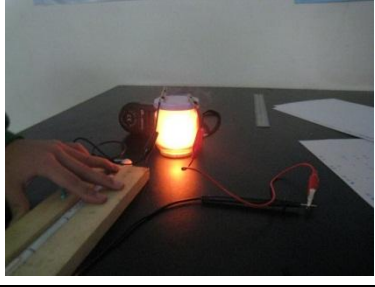

(2)蓄電池為電源，進行燈泡實驗

	0.5mm	0.9mm	2.0mm
最大照度(Lux)	0(筆芯爆裂)	902	1938
發光時間(秒)	0	300	54

(3)蓄電池為電源，填充二氧化碳，進行燈泡實驗

	0.5mm	0.9mm	2.0mm
最大照度(Lux)	0(筆芯爆裂)	10756	585
發光時間(秒)	0	480	600

(三)實驗照片

		
自製燈泡接上電源	因強電流裂開的筆芯	燒斷的筆芯
		
連接蓄電池燈心發光	燃燒完，變細的筆芯	燃燒完的 2.0mm 筆芯
		
發光的自製燈泡	發光的自製燈泡	發光的自製燈泡(接蓄電池)

(四)討論

- 筆芯會因粗細而有不同的電阻，越細的筆芯因電流和筆芯的摩擦次數就會越多，電阻會越大，也就越容易使筆芯發光，但太細的筆芯容易燒完，燃燒時間較短。
- 在實驗過程中發現：通電的電壓小，則筆芯只會冒煙而不會發光；增加電壓後，一通電，筆芯來不及發光，馬上斷裂；我們嘗試繼續增高電壓，筆芯就可以順利發光，可見，**電壓的強弱會決定筆芯是否發光及發光的亮度**。
- 比較研究三和研究五的實驗結果可以發現：放於密閉空間的筆芯確實可以增加發光時間，如果先填充二氧化碳則發光時間可以更久，但沒有氧氣的存在，對增加筆芯的照度沒有幫助；用鉛蓄電池當作電源時，可以使筆芯照度增加很多，燃燒時間也會增加。

表 6 延長筆芯發光時間及照度實驗數據整理

		以鋰電池為電源			以鉛電池為電源		
		開放	燈泡	二氧化碳	開放	燈泡	二氧化碳
0.5mm	燃燒時間(秒)	40	440	>180	>660	—(爆裂)	—(爆裂)

	照度(Lux)	139	48	275	20830	—	—
0.9mm	燃燒時間(秒)	170	>60	5	55	300	480
	照度(Lux)	1023	29	224	7520	902	10756
2.0mm	燃燒時間(秒)	—	—	—	480	50	600
	照度(Lux)	—	—	—	169	1938	485

伍、研究結論

- 1.從各種材質筆芯的導電性實驗中，筆芯的導電度大致上符合 H 愈高，表示黏土含量越高，導電度愈低；B 愈高代表石墨量愈多，導電性愈高，但筆芯含碳量的多寡對其發光的程度影響較小。
- 2.從不同粗細筆芯實驗中，我們發現筆芯越粗，電流越大，電阻越小；而較細的筆芯產生的電阻越大。這就像越窄的隧道越會塞車，越寬的隧道，就不容易塞車。
- 3.串聯電池數越多，電流也越強，而電池並聯時無法增強電量。如果需要較大電流量，可直接將電池串接，會比利用電池盒連接方式得到更高的電流。
- 4.在空氣充足的情形下，電壓至少要 10.5 伏特，電流也都要 3 安培，才足以使筆芯達到燃燒發亮的情形，而且，電壓或電流越大，筆芯越容易燃燒，可是燃燒時間並不會增加，可能是因為電阻太大，燃燒太激烈，使得筆芯太快被燒完。
- 5.彩色筆芯無法導電，代表彩色筆芯應該不是用石磨製成的；只要是金屬材質，所產生的電阻極小，致使其無法發亮；備長炭是在 1000°C 的溫度下所製成的，有很好的導電度，也適合用來當作燈芯使用。
- 6.以乾餾法自製出有別於筆芯的燈芯，可是由於乾餾溫度無法到達 1000°C，無法成功製出可導電的材質，但這也說明使用筆芯當作燈芯，還是比較容易的選擇。
- 7.由我們的實驗顯示：當燈泡內填充二氧化碳時，筆芯的發光時間可以延長，但對筆芯照度的增加沒有幫助。
- 8.在實驗過程中發現：通電的電壓小，則筆芯只會冒煙而不會發光；增加電壓後，一通電，筆芯來不及發光，馬上斷裂；我們嘗試繼續增高電壓，筆芯就可以順利發光，可見，電壓的強弱會決定筆芯是否發光，及發光的亮度，筆芯的材質。
- 9.實驗結果顯示：以電池串接提供 16.5V 的電源下，有氧氣時，以 0.9mm 筆芯可以發光 170 秒，照度達 1023Lux；在二氧化碳環境下，以 0.5mm 筆芯發光 180 秒以上，照度為 275Lux 最佳。

- 10.以鉛蓄電池為電源時，在照度發光時間都有明顯提升，有氧氣時，0.5mm 筆芯發光時間達 660 秒以上，照度為 20830Lux；在二氧化碳環境下，以 0.9mm 筆芯發光 480 秒以上，照度可達 10756Lux。
- 11.由實驗結果，只要用電線連接筆芯和鉛蓄電池就可以提供足夠亮度和一定時間的光源，在緊急危難時，不失為一種自救或警示的方法。
- 12.如果要進行導電實驗，還是建議要用電源供應器，這樣才能獲得更穩定的電流和電壓，對於實驗的準確性有所提升。

陸、參考資料

- 1.第四十六屆科展高中組最佳鄉土教材獎：神奇的碳素送話機
- 2.世茂出版社：世界第一簡單電學原理
- 3.電燈泡的物理：取自
<http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/html.php?html=everydayPhysics/lamp/bolt>
- 4.電阻的原理：取自 <http://sun.cis.scu.edu.tw/~lab/knowledge/r.htm>
- 5.維基百科：乾餾：取自 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%B9%B2%E9%A6%8>
- 6.世茂出版社：愛上物理實驗課：自製燈芯：用竹子和烏龍麵作燈絲
- 7.我會像愛迪生做燈泡：取自
http://www.yfes.tn.edu.tw/創造力教學/11_愛迪生/燈泡.htm
- 8.三民書局：電燈的發明－愛迪生的故事
- 9.pental 自動鉛筆芯介紹
<http://www.facebook.com/pages/Taiwan-Pentel/124359200923599#!/photo.php?fbid=184340911592094&set=a.124411010918418.20183.124359200923599&theater>
- 10.照明小百科-光源與發光原理 <http://maleon.pixnet.net/blog/post/23733726>

【評語】 080117

1. 實驗變因的掌控合宜。
2. 研究過程用心，科學精神佳。
3. 若能再增加作品的創意巧思部分，會更佳。