

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 物理科

佳作

最佳團隊合作獎

040115

電流熱效應與白熾現象

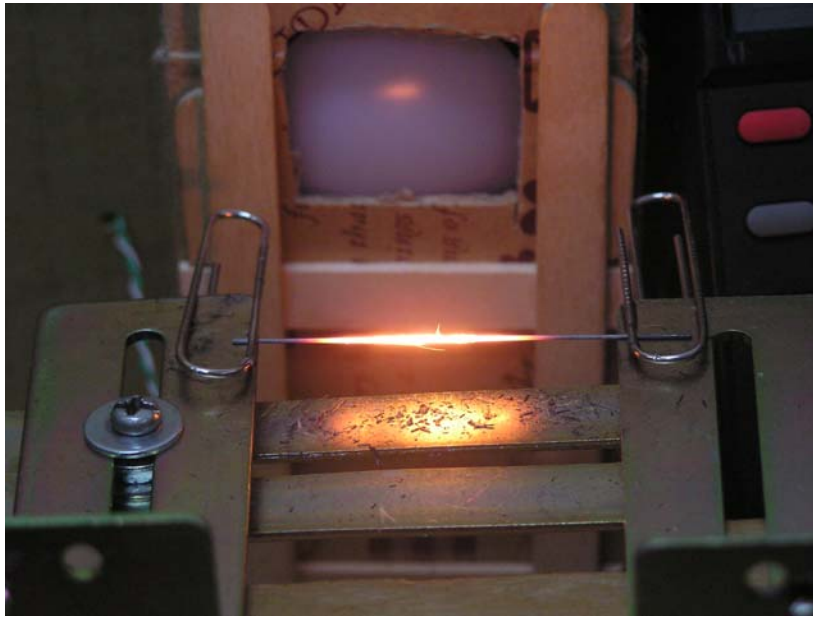
學校名稱： 國立中壢高級中學

作者： 高二 呂昆謀 高二 江衍辰 高二 吳俊鋒 高二 施凱能	指導老師： 鍾鼎國
---	--------------

關鍵詞：電流熱效應、白熾現象、黑體輻射

壹、摘要

本實驗以外加電流通過筆芯產生熱，使筆芯發光，探討所謂白熾現象。主要研究重點為找出電流、電壓、電阻、功率、壓力和溫度等之變因與白熾現象之關係，以六種不同波長之濾光片配合六個光度計，量測筆芯之發光程度，並嘗試用紅外線熱像儀定性測量筆芯於白熾狀態下之溫度分布。實驗結果發現，筆芯於白熾狀態下會變細。在同一實驗條件下〔固定電流〕，筆芯在壓力為 5cm-Hg 時比在 76cm-Hg 狀態下，發光時間至少延長一倍，由此可推之氧化反應為筆芯變細之主要原因。並以黑體輻射理論，嘗試推導出由光度計所量測之照度與溫度關係式，以解釋筆芯白熾現象。



貳、研究動機

在物理課進行「載流長直導線的磁場」實驗中，是以電源供應器做實驗，在實驗過程中，同學們發現把筆芯通以電流會冒出白煙，在感到不可思議之下，回家便拿蓄電池接上筆芯，沒想到筆芯不但冒出白煙，在數秒後竟發出強光，因此對此現象感到好奇，在請教老師之後才了解此現象為白熾現象，此現象是因為電流熱效應致使電阻漸為高溫並且發光，雖然我們在課本上學到的電流熱效應有詳盡說明解釋，但對於功率與發光之關係並沒有進一步的探討，所以在好奇心的驅使之下，展開了此次的探討、研究。

參、研究目的

探討白熾現象是屬於物理變化還是化學變化，並且找出溫度、光度、壓力的關係，並找出白熾現象的特色。

肆、研究設備及器材

自製實驗用壓克力抗壓盒大小各*1（內部包括筆芯固定器材）
自製實驗用圓形箱子*1（內部包括筆芯固定器材及六支光度計）
專業分光片：5820 埃、5350 埃、5100 埃、4750 埃、4250 埃、4050 埃（波長）
安培計*1（或三用電表）
伏特計*1（或三用電表）
光度計*6
鱷魚夾數條
迴紋針數根
電源供應器
筆芯數根（2B）
紅外線熱像儀*1
真空抽氣機*1
壓力計*1
數位相機或 DV
個人電腦

伍、研究過程或方法

我們必須找出光度、電流、電壓、電阻、溫度、壓力等關係。

- 1、必須探討發光過程中，各項數值之關係。
 - (1) 通過筆芯電阻的電流大小 (A)
 - (2) 筆芯兩端的電壓 (V)
 - (3) 筆芯發光時電阻的變化 (Ω)
 - (4) 光度變化 (Lux)
- 2、因為上述 1 必須同時進行，所以要把筆芯接好並且同時接上安培計、伏特計、電源供應器，以便同時進行測量。



3、關於光度的測量，我們準備了六種專業分光片，然後設計圓形箱子把六架光度計以六種濾光片包覆加以固定於圓行箱子內壁，待測之筆芯垂直於圓形盒子的圓心，以確定筆芯到六個光度計等距，如此可得到精確度較的數據。



4、實驗步驟

(1) 線路

必須先架設線路，架設電源供應器，以雙色電線區分正負極，再把電線夾至鐵片（與迴紋針夾住筆芯相通連），接著再把安培計（正極接正極、負極接負極，須與線路串聯）及伏特計（用法同安培計，唯須與線路並聯）接上，如此線路部份即完成。

(2) 實驗用箱子

需把光度計之線牽到外部以便觀察光度變化（專業分光片須在光度感應器前方）而筆芯位置也必須在專業分光片正前方，接著就把迴紋針稍稍扳開，以夾住筆芯（夾筆芯時必須注意兩短受壓是否平均，如果不平均的話有一端筆芯會翹起，並且會在

實驗過程進行到一半的時候，筆芯則會因為受力不均而產生彎曲，這樣實驗之數據就會有所偏差)。在實驗過後筆芯碎屑會掉入箱子底部，由於內部器具都已固定，只要把箱子稍作傾斜即可把內部碎屑清除。



5、實驗過程

1.時間光度之實驗

- (1) 必須把安培計、伏特計、光度計並排，以數位相機拍攝。
- (2) 將電源供應器調至所需安培數。
- (3) 用迴紋針將筆芯固定。
- (4) 並把箱子蓋子蓋上，通以固定電流。
- (5) 電源啓動後，即以相機錄影直到光度計停止變化。
- (6) 重複以上之步驟以取得其它不同安培數之數據。



2. 壓力時間之實驗

- (1) ~ (3) 同實驗 2-1 步驟。
- (4) 用螺絲將壓克力盒鎖上。
- (5) 開啓真空幫浦，使盒內壓力下降至測量所需壓力。
- (6) 通以電流並開始計時。
- (7) 重複以上步驟以取得各壓力數據。

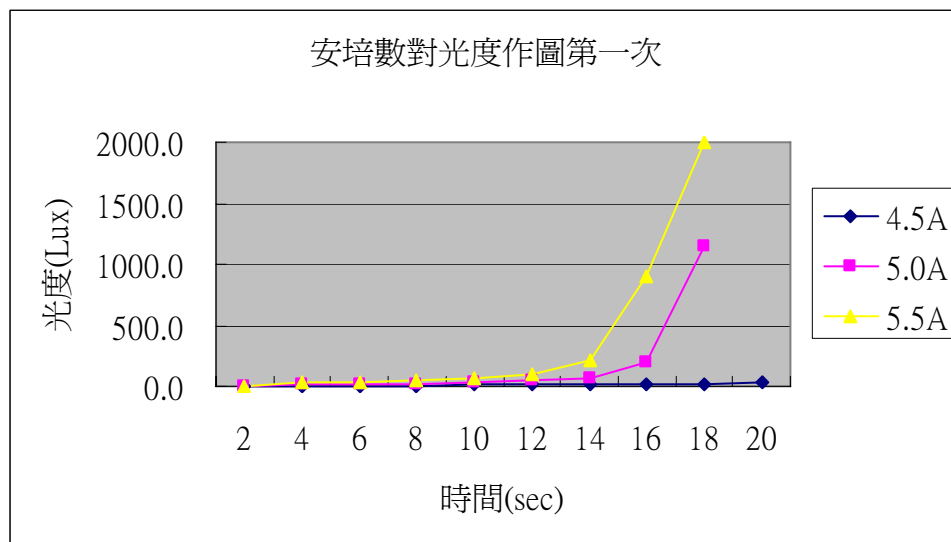
3. 溫度光度之實驗

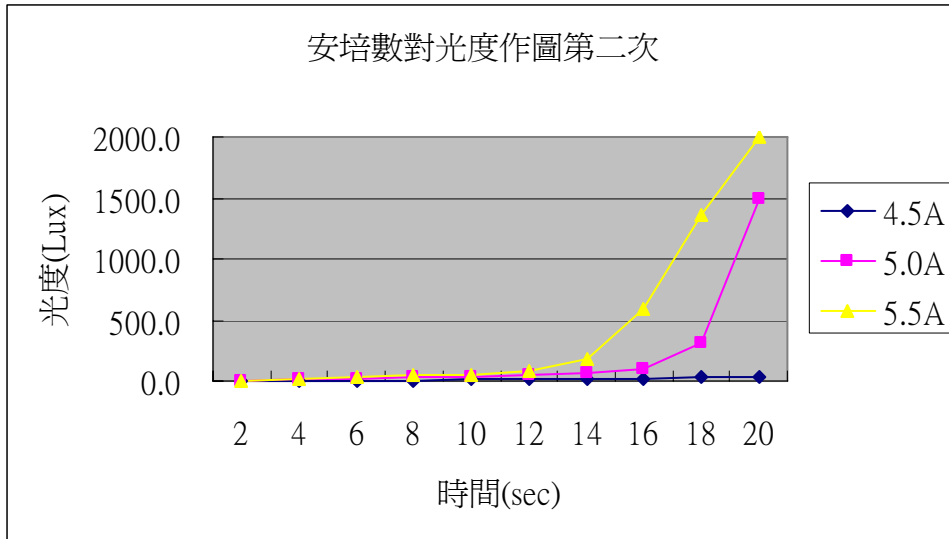
- (1) 將筆芯放置於小型壓克力盒內，置於熱像儀鏡頭前，並架上光度計。
- (2) 通以微小電流，調整熱像儀之焦距。
- (3) 將電流升高，並從熱像儀顯示器中確認所達溫度，同步紀錄光度。
- (4) 重複上述步驟並調整熱像儀所測溫度範圍以取得所需數據。

- ps：1、實驗進行過程中，筆芯會發出強光，請勿持續注視強光，因為強光會傷害眼睛。
- 2、因為每台電源供應器調整方式不盡相同，使用時請參照說明書或請老師協助，以策安全。

陸、研究結果

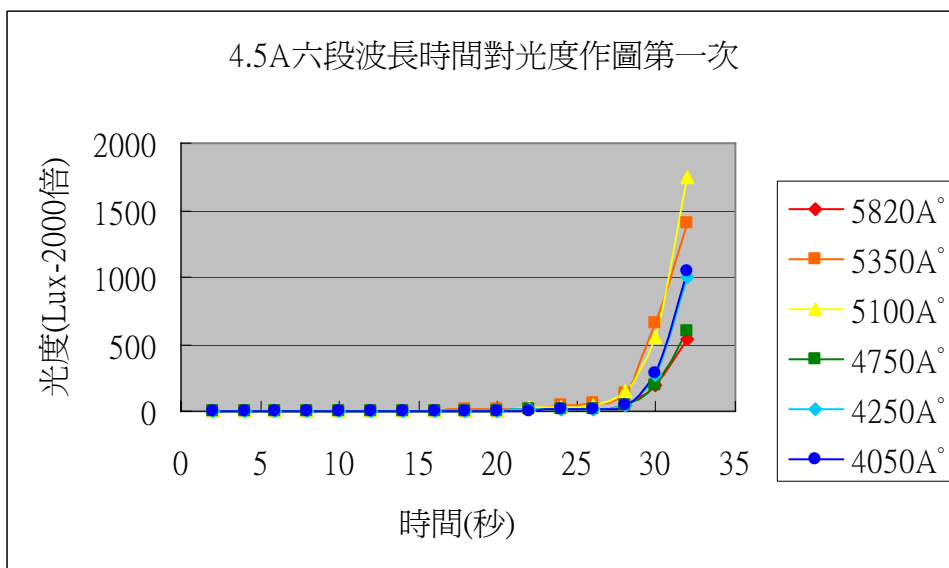
以下是研究過程中之紀錄資料，加以整理以圖形呈現

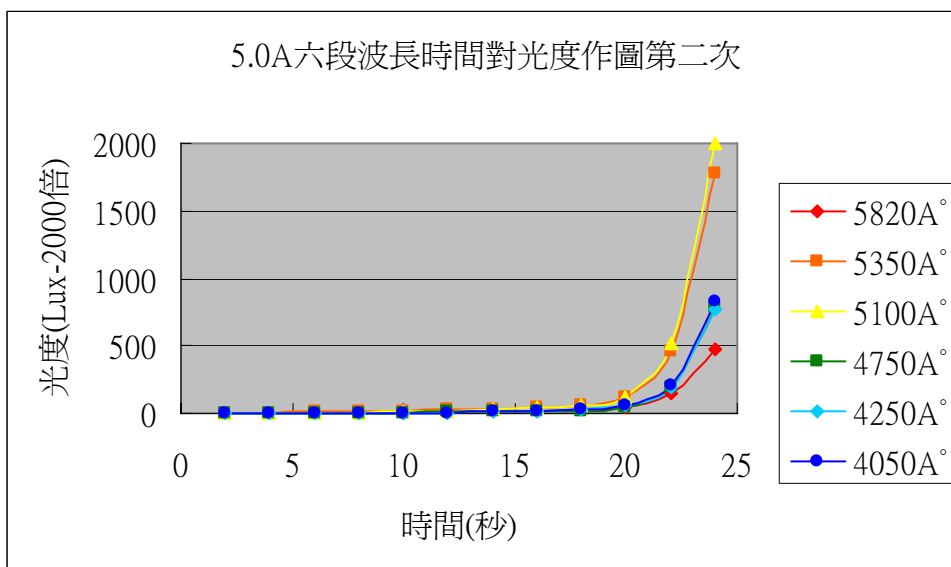
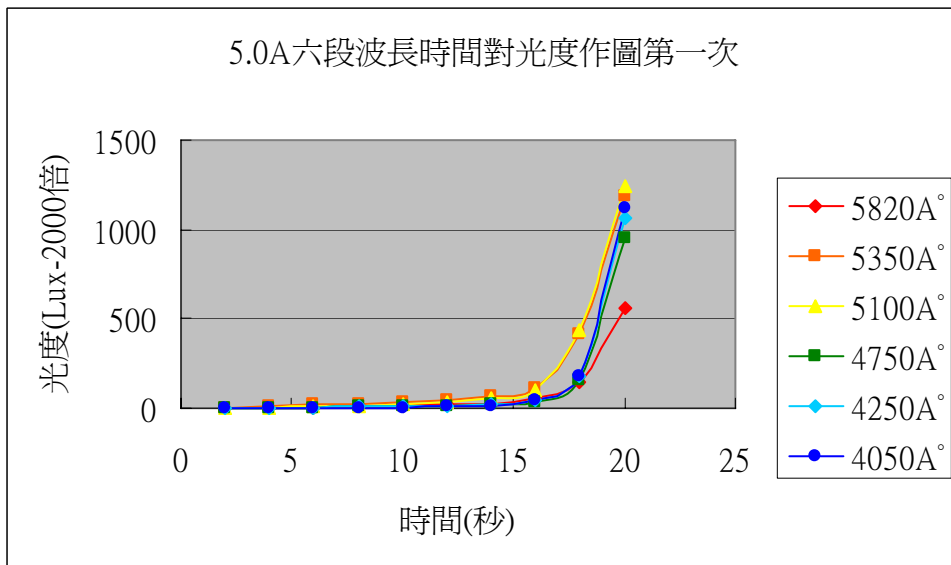
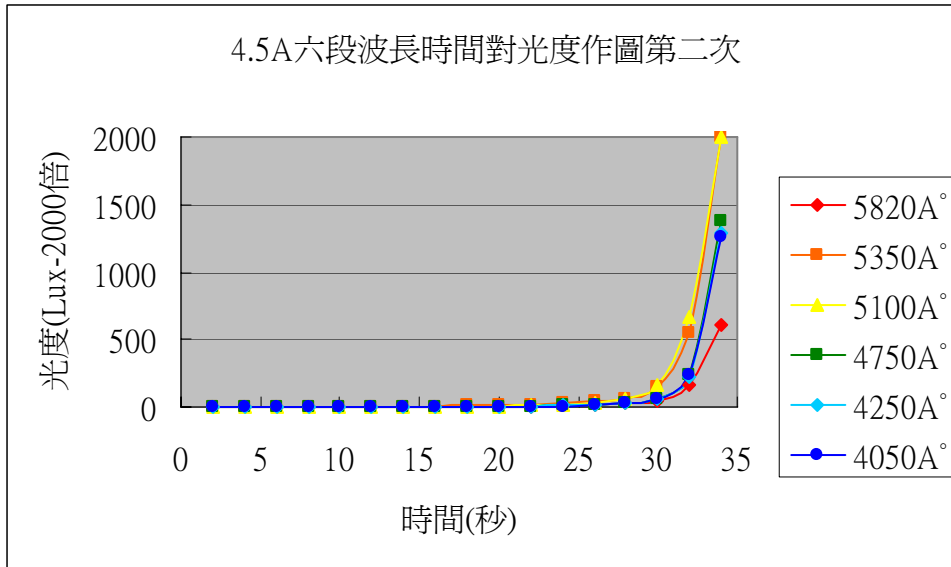


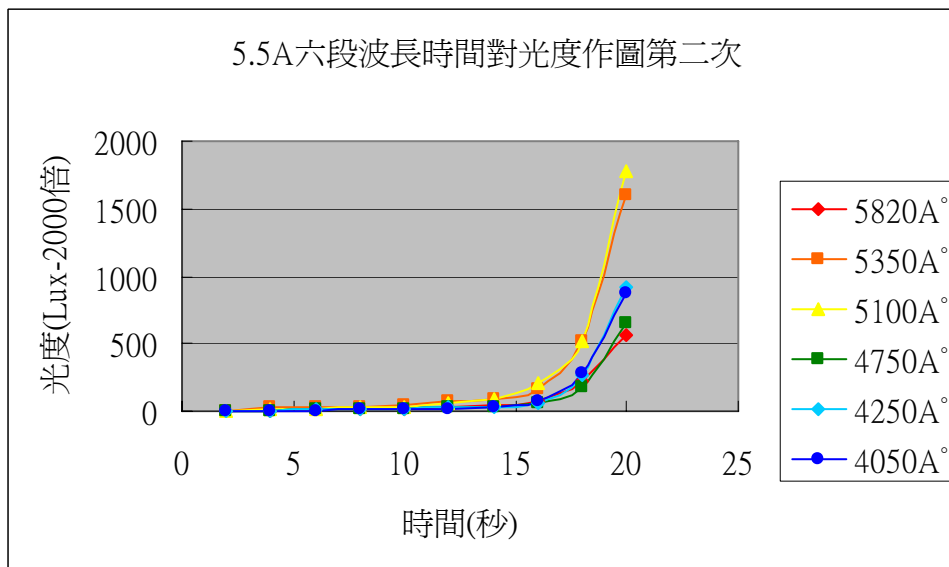
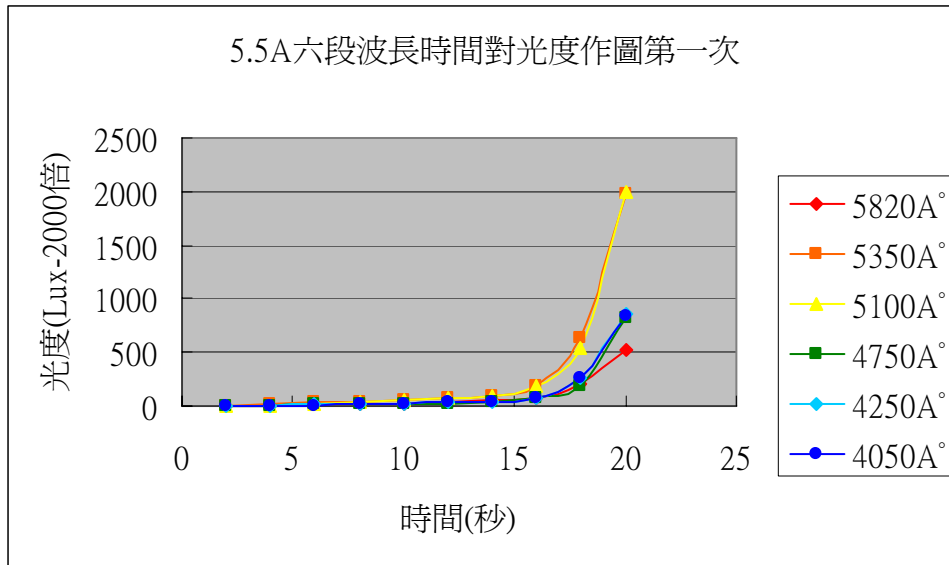


1、以上為三種安培無濾光片光度對時間作圖

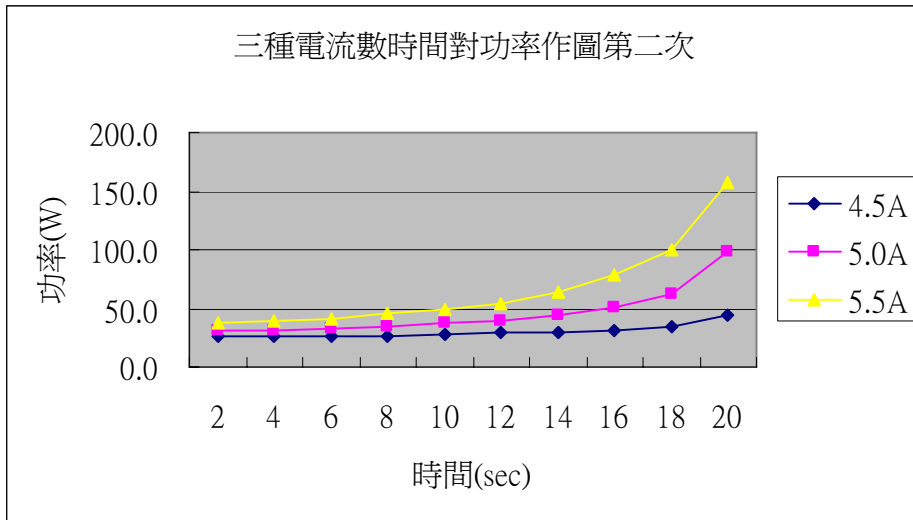
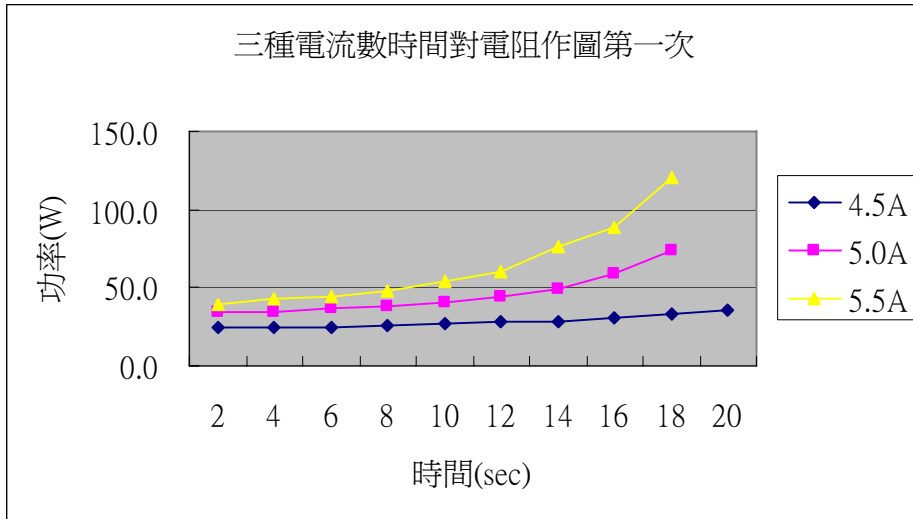
由上圖可知，電流可影響發光的速度，且有明顯的差別，事實上三種安培數均可達到相同的光度，只是時間有所不同，電流較大功率較大所以比較快。





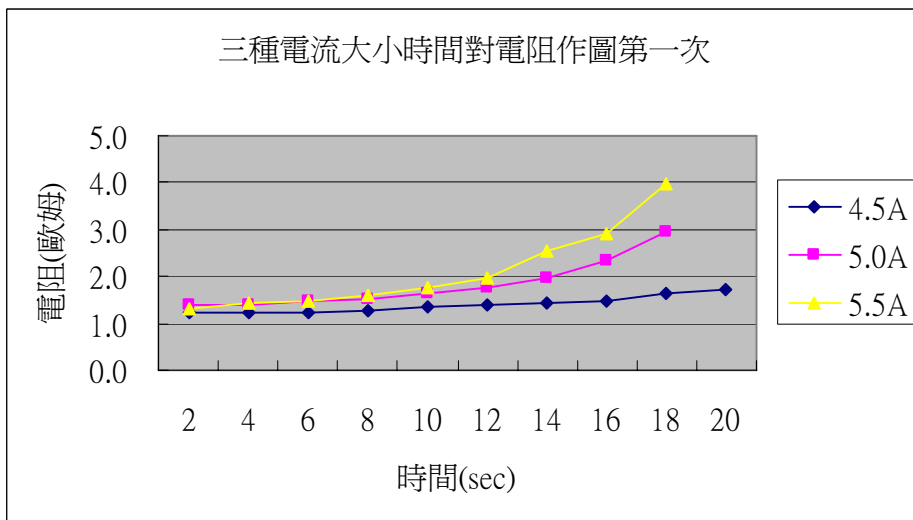


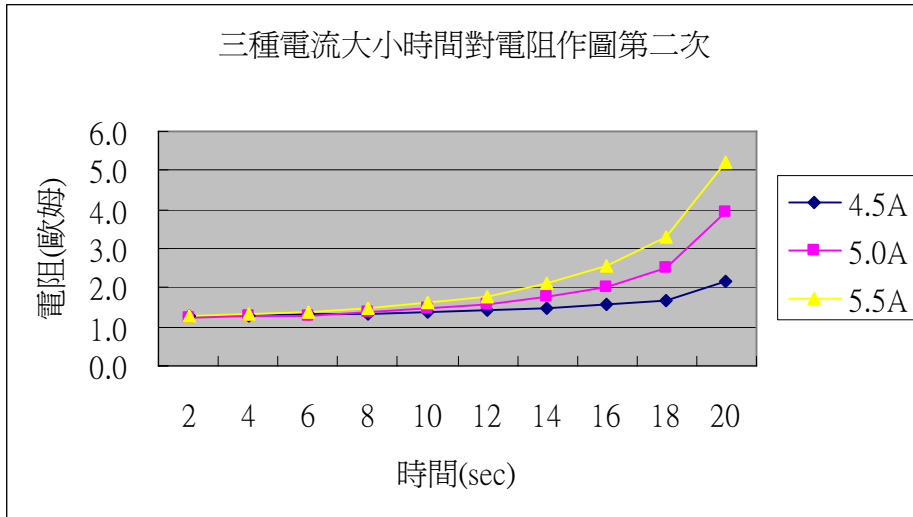
2、以上為 4.5A；5.0A；5.5A 對 6 種頻率時間對光度作圖共六張
 由上圖比對可比對出各頻率出現速度有所不同，整體上波長長的波段會較先出現。



3、以上為三種安培數功率對時間作圖(2張)

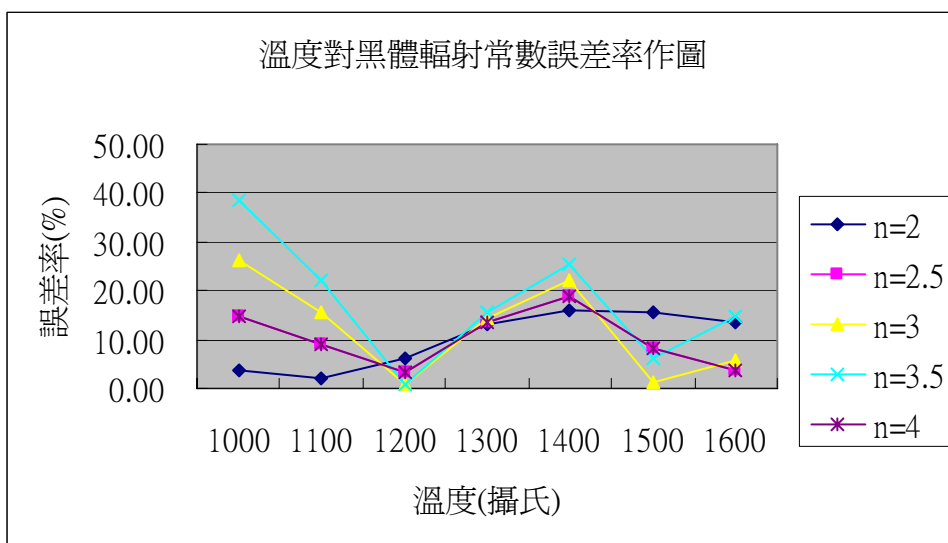
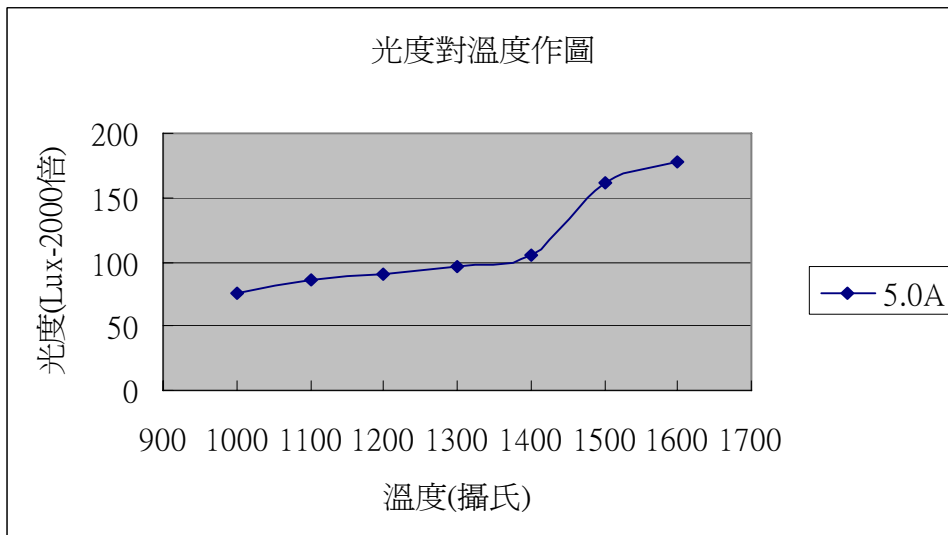
功率隨時間增加乃因筆芯隨時間變細，造成電阻隨時間增加。





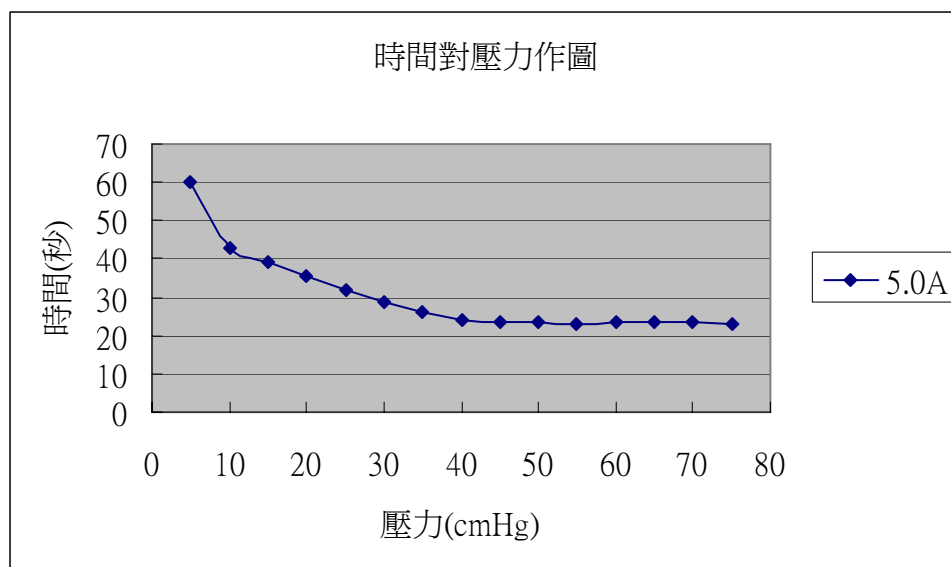
4、以上為三種安培數電阻對時間作圖(2張)

因筆芯隨時間變細，造成電阻隨時間增加，由歐姆定律便可看出。



5、上圖(2張)由圖可看出定溫時光度的變化，我們進而參考"黑體輻射"

方程式假設方程式為 $E = \kappa T^n$ ，設法找出常數及絕對溫度的指數，我們假設 n 值為 2、2.5、3、3.5、4，試算常數值並以變化百分率作圖，由於當 n=2 時 "變化百分率" 變化最穩定，因此判斷在可見光的能量範圍，經驗方程式為 $E = \kappa T^2$ 其中 $k=235.7265$ 。



6、上圖中時間在盒內大氣壓力高於 40cm-Hg 之後就沒有顯著的變化，我們判定是因為盒中氧氣含量已足夠，因而不影響反應速率。

柒、問題與討論

1、筆芯越來越細！！！！

由實驗過程中，我們發現筆芯在發光之後會變得越來越細，進而討論為何會變細？在請教老師以及查閱資料之後，歸納出以下可能的原因：

石墨在常溫下，有很好的化學穩定性，其化學穩定性和其純度、溫度有關，石墨在低溫時氧化速率很小，當溫度達到 400°C 時開始氧化，溫度越高氧化速度越快，所以筆芯會越來越細。

2、筆芯越來越亮！！！！

筆芯越來越亮的原因是由於電阻值的不斷增加（因為筆芯氧化越變越細，電阻不斷增加）而由於固定電流的關係，致使電壓不斷增加，當電壓上升時，功率也相對上升，而功率逐漸提高時，筆芯所發出來的光也就越來越強(亮)。

3、迴紋針所施壓力對於白熾現象的影響！！

我們嘗試各種不同夾筆芯方式，由結果，我們認為筆芯內部空隙為電阻來源之一，因此，當外界施力於其表面，可使空隙變小，減低電阻，又因在電流固定的情況下，電阻小的部分(加壓處)，功率較低，升溫速率較慢，因此夾住的地方不會發光。



4、電流大小影響發光速率！！

當通以較高電流時，溫度上升速率較快，達到白熾現象的時間會縮短。

5、白熾現象與電焊原理！！

實驗過程中意外發現，若是瞬間通以高電壓，其接觸點會發出刺眼白光，在請教老師之後，得知此現象乃導因於接觸時筆芯功率瞬間上升，而高溫使得筆芯及鱷魚夾產生白熾現象，此現象與電焊原理有異曲同工之妙。

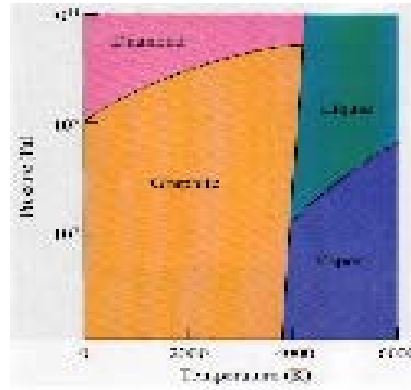
6、白熾現象的溫度測量及測量原理！！

紅外線熱像儀是應用物體熱輻射之特定波段(在大氣中具有較高的穿透性如： $3\sim 5\ \mu\text{m}$ ； $812\ \mu\text{m}$)的輻射量，轉成圖形，進而算出溫度。任何物體只要超過絕對零度即會輻射出電磁波，而我們使用之波段介於 $3\sim 5\ \mu\text{m}$ 之間。



7、石墨的昇華！！

由石墨的相圖中顯示當石墨溫度達到 3900K 時，石墨會直接昇華為氣態，在壓克力蓋表面也發現碳附著的痕跡。



8、物理性發光！！

由於化學燃燒現象所發出的光波長略為一定值(當其氧化時會有些微的改變)，但由實驗結果，筆芯各波長光強度會隨通電時間(加熱所達溫度)逐漸上升且趨向白光，且各波長有一定的出現順序，此與燃燒現象條件不符，此外筆芯本質並未改變，所以，此現象為物理變化的白熾現象而並非化學變化的燃燒現象，但暴露於大氣中，筆芯要發生白熾現象，必伴隨化學燃燒氧化現象(因高溫)。

9、各波長的光出現先後順序！！

就理論而言，波長較長的光會先出現，但實驗中發現紅光($582 \mu\text{m}$) 與橙光($535 \mu\text{m}$)同時出現，經由討論後判斷原因為紅光最先出現時，光強度不足使光度計無法感應導致和理論有所差別。

捌、結論

1、由一連串的實驗，證明了筆芯發光應屬物理變化中的白熾現象，但由於溫度極高且於有氧環境中進行，所以亦伴隨著氧化之燃燒現象，我們設計的低壓克力盒即可在低氧的環境中延長筆芯發光的時間並減少燃燒現象的發生，若能控制在碳昇華的 3900 K 以下應可製成一可持續發光且可重複的光源！！

2、實驗結果顯示可見光能量約和絕對溫度的平方成正比，在黑體輻射理論中，黑體輻射的總能應和絕對溫度的四次方成正比，但由於我們的波段取於 $400 \mu\text{m} \sim 700 \mu\text{m}$ 之可見光，且可見光的能量僅占全部能量的一部分(如附圖 1)，故本實驗所計算之能量與黑體輻射的理論值不符！！

3、由實驗結果 2 中發現最大光度發生在橘光 ($510 \mu\text{m}$)，由圖可推論此時之溫度大約在 $5000 \text{ K} \sim 5840 \text{ K}$ 之間！經由韋恩定律 (Wein's law) $\lambda_{\text{max}} = 2.9 * 10^6 \text{ nm} / T$ 之換算，此時溫度大約為 5686 K ！！

玖、參考資料及其他

<http://aeaa.nmns.edu.tw/2006/0601/ap060111.html>

(AEEA 天文教育資訊網)

<http://www.chem.ncnu.edu.tw/mimi/edu/chemlife/black.htm>

(黑體輻射 (blackbody radiation))

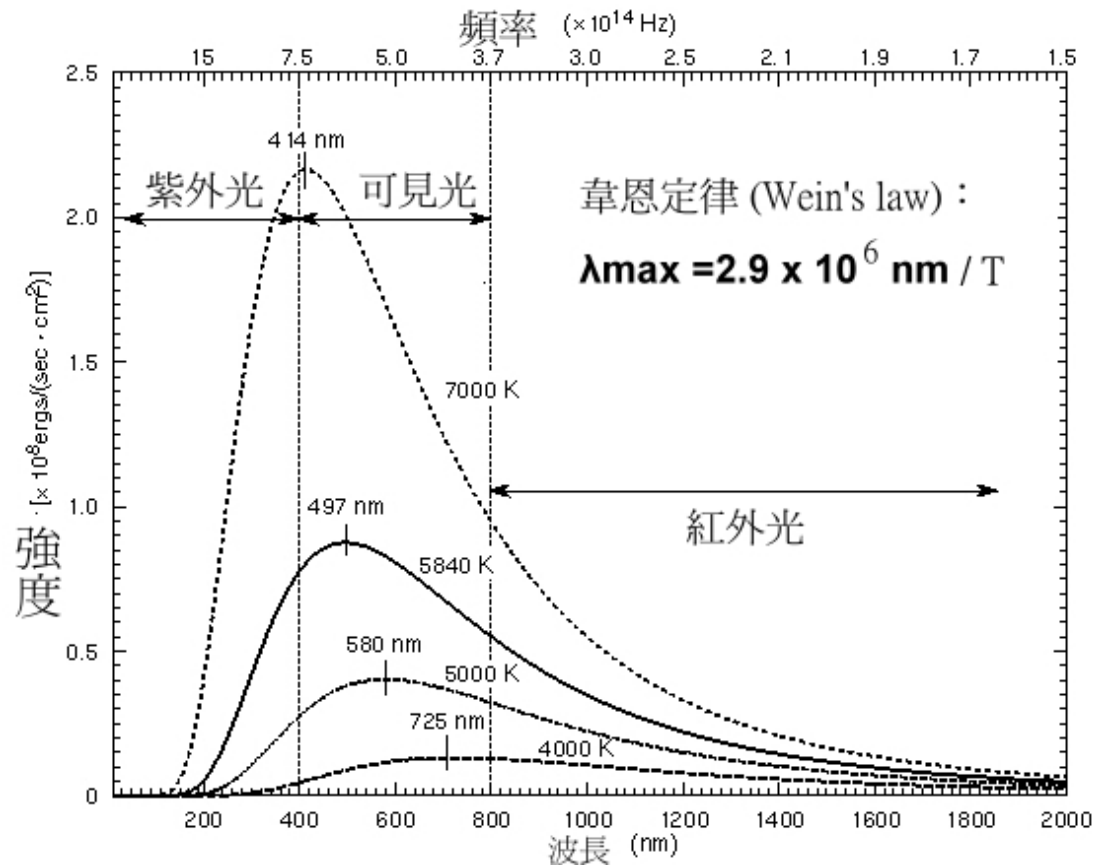
http://www.phys.ncku.edu.tw/~astrolab/astrolab_old/e_book/lite_secret/captions/radiation_blackbody.html

(黑體輻射曲線)

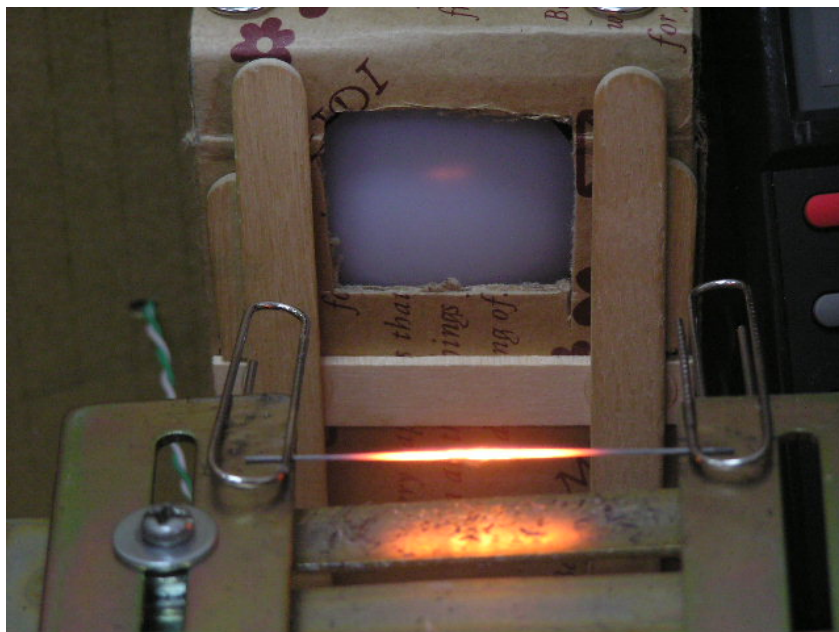
南一書局物質科學物理篇(上冊)、物理課本(上冊)

十、附錄

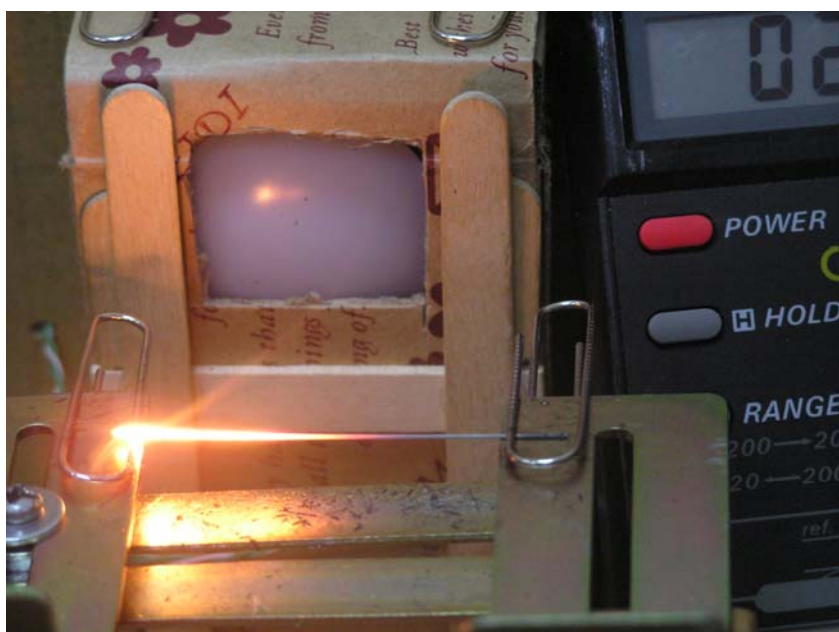
1、黑體輻射附圖



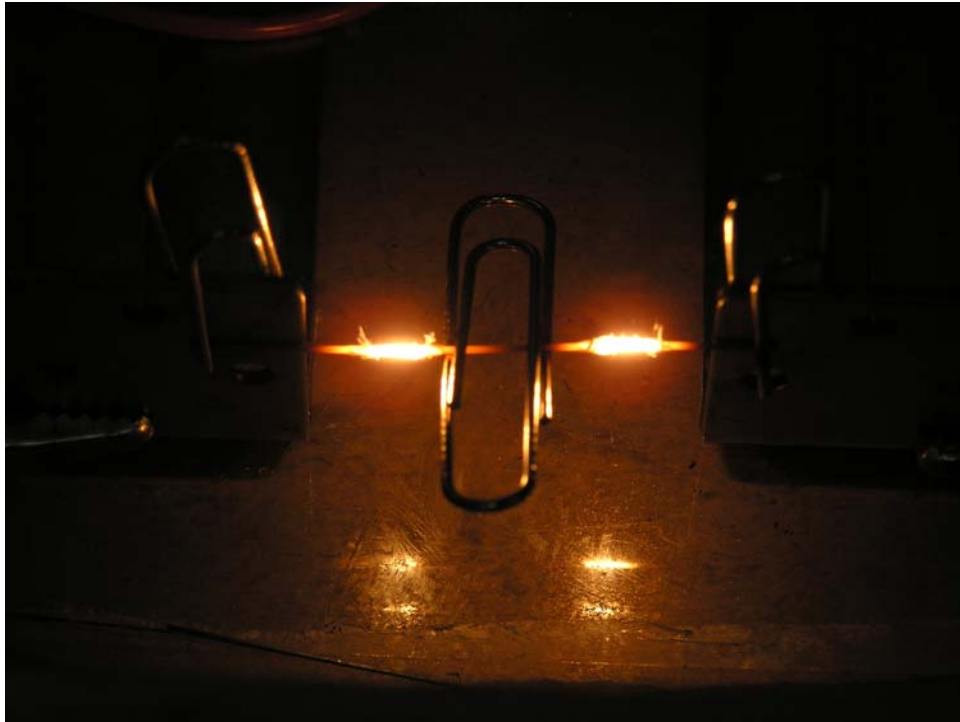
2、四種發光方式之比較



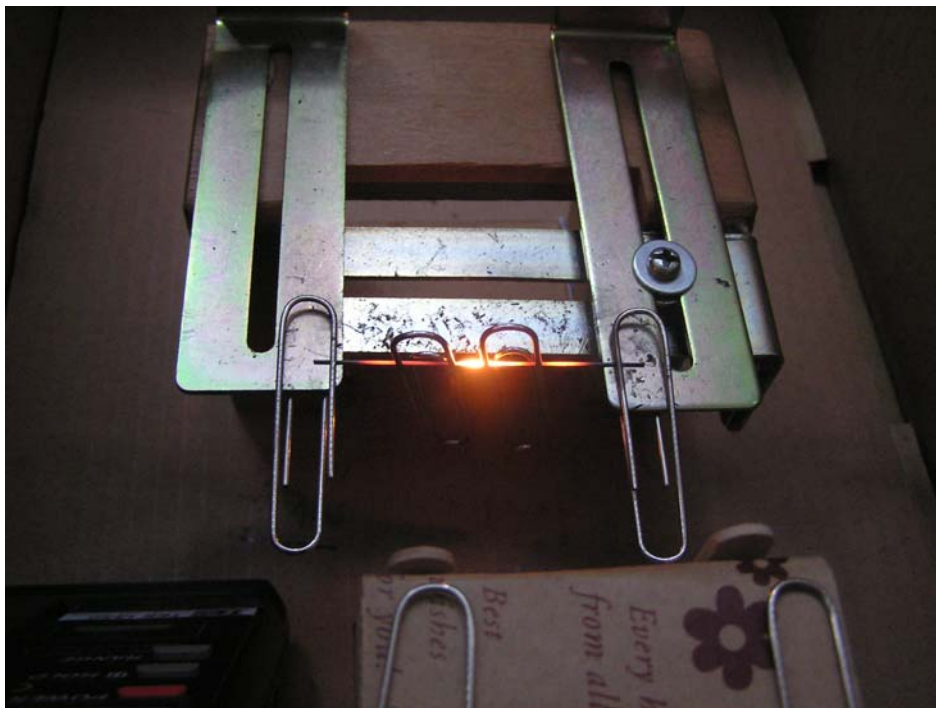
上圖為標準發光



上圖為單邊發光



上圖為兩點發光



上圖為三點發光

3、總數據表

4.5A 之所有數據…第一次

	時間 (秒)	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
無分光 片	光度	7.0	7.0	7.0	11.0	14.0	22.0	30.0	104.0	1256.0	
	電壓	5.6	5.6	5.8	6.1	6.4	7.1	8.2	10.4	16.9	
	電阻	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.6	1.8	2.3	3.8	
	功率	25.2	25.2	26.1	27.5	28.8	32.0	36.9	46.8	76.1	
5820A°	光度	7.0	7.0	7.0	7.0	9.0	10.0	12.0	15.0	35.0	219.0
	電壓	5.2	5.9	5.5	5.8	6.0	6.4	8.9	8.1	10.5	16.5
	電阻	1.2	1.3	1.2	1.3	1.3	1.4	2.0	1.8	2.3	3.7
	功率	23.4	26.6	24.8	26.1	27.0	28.8	40.1	36.5	47.3	74.3
5350A°	光度	7.0	7.0	7.0	8.0	11.0	14.0	18.0	47.0	416.0	
	電壓	5.3	5.3	5.5	5.7	6.1	6.6	7.7	9.4	14.0	
	電阻	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	2.1	3.1	
	功率	23.9	23.9	24.8	25.7	27.5	29.7	34.7	42.3	63.0	
5100A°	光度	7.0	7.0	7.0	9.0	11.0	15.0	30.0	146.0		
	電壓	5.4	5.5	5.6	5.9	6.2	6.7	8.0	10.0		
	電阻	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.8	2.2		
	功率	24.3	24.8	25.2	26.6	27.9	30.2	36.0	45.0		
4750A°	光度	7.0	7.0	7.0	8.0	9.0	12.0	15.0	42.0	335.0	
	電壓	5.4	5.6	5.8	6.1	6.4	7.1	8.2	10.5	17.4	
	電阻	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.6	1.8	2.3	3.9	
	功率	24.3	25.2	26.1	27.5	28.8	32.0	36.9	47.3	78.3	
4250A°	光度	7.0	7.0	8.0	9.0	16.0	13.0	23.0	541.0		
	電壓	5.5	5.6	5.9	6.3	6.8	7.9	10.2	18.8		
	電阻	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.8	2.3	4.2		
	功率	24.8	25.2	26.6	28.4	30.6	35.6	45.9	84.6		
4050A°	光度	7.0	7.0	9.0	9.0	11.0	15.0	22.0	144.0	447.0	
	電壓	5.8	5.9	6.0	6.3	6.9	7.7	9.5	13.3	28.2	
	電阻	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.7	2.1	3.0	6.3	
	功率	26.1	26.6	27.0	28.4	31.1	34.7	42.8	59.9	126.9	

4.5A 之所有數據...第 2 次

	時間(秒)	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
無分光片	光度	7.0	7.0	8.0	12.0	15.0	25.0	41.0	157.0	2000.0	
	電壓	5.8	5.8	6.1	6.3	6.7	7.4	8.6	11.2	20.1	
	電阻	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.9	2.5	4.5	
	功率	26.1	26.1	27.5	28.4	30.2	33.3	38.7	50.4	90.5	
5820A°	光度	7.0	7.0	8.0	9.0	10.0	13.0	18.0	139.0		
	電壓	5.5	5.5	5.7	6.0	6.5	7.4	9.0	14.0		
	電阻	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.6	2.0	3.1		
	功率	24.8	24.8	25.7	27.0	29.3	33.3	40.5	63.0		
5350A°	光度	7.0	7.0	7.0	7.0	9.0	12.0	14.0	20.0	48.0	658.0
	電壓	5.4	5.5	5.6	5.7	6.0	6.3	6.8	8.0	10.6	17.2
	電阻	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.8	2.4	3.8
	功率	24.3	24.8	25.2	25.7	27.0	28.4	30.6	36.0	47.7	77.4
5100A°	光度	7.0	7.0	7.0	9.0	11.0	15.0	22.0	104.0	443.0	
	電壓	5.2	5.3	5.5	5.8	6.1	6.6	7.6	9.7	20.2	
	電阻	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	2.2	4.5	
	功率	23.4	23.9	24.8	26.1	27.5	29.7	34.2	43.7	90.9	
4750A°	光度	7.0	7.0	7.0	8.0	9.0	12.0	16.0	57.0		
	電壓	5.4	5.5	5.7	6.0	6.4	7.1	8.2	11.1		
	電阻	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.6	1.8	2.5		
	功率	24.3	24.8	25.7	27.0	28.8	32.0	36.9	50.0		
4250A°	光度	7.0	7.0	7.0	8.0	8.0	10.0	12.0	18.0	90.0	878.0
	電壓	5.1	5.2	5.5	5.7	6.0	6.5	7.2	8.9	13.0	19.6
	電阻	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.6	2.0	2.9	4.4
	功率	23.0	23.4	24.8	25.7	27.0	29.3	32.4	40.1	58.5	88.2
4050A°	光度	7.0	7.0	7.0	7.0	9.0	10.0	12.0	17.0	54.0	846.0
	電壓	5.3	5.4	5.5	5.8	6.1	6.4	7.0	8.2	10.9	20.3
	電阻	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.6	1.8	2.4	4.5
	功率	23.9	24.3	24.8	26.1	27.5	28.8	31.5	36.9	49.1	91.4

5.0A之所有數據...第一次												
	時間(秒)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
無分光片	光度	7.0	9.0	18.0	24.0	32.0	45.0	71.0	200.0	1152.0		
	電壓	6.9	7.0	7.3	7.6	8.2	8.9	9.8	11.7	14.8		
	電阻	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8	2.0	2.3	3.0		
	功率	34.5	35.0	36.5	38.0	41.0	44.5	49.0	58.5	74.0		
5820A°	光度	7.0	8.0	12.0	13.0	14.0	18.0	20.0	24.0	47.0	156.0	516.0
	電壓	6.7	6.8	6.9	7.2	7.6	8.2	9.8	10.4	12.2	16.9	24.8
	電阻	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.6	2.0	2.1	2.4	3.4	5.0
	功率	33.5	34.0	34.5	36.0	38.0	41.0	49.0	52.0	61.0	84.5	124.0
5350A°	光度	7.0	8.0	14.0	16.0	18.0	25.0	30.0	47.0	127.0	415.0	1679.0
	電壓	6.6	6.7	6.8	7.2	7.6	8.3	9.1	10.5	12.4	15.9	26.0
	電阻	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.7	1.8	2.1	2.5	3.2	5.2
	功率	33.0	33.5	34.0	36.0	38.0	41.5	45.5	52.5	62.0	79.5	130.0
5100A°	光度	7.0	8.0	15.0	17.0	20.0	17.0	30.0	44.0	92.0	427.0	1677.0
	電壓	6.8	6.9	7.1	7.3	7.6	8.3	9.1	10.3	12.0	15.1	22.9
	電阻	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.7	1.8	2.1	2.4	3.0	4.6
	功率	34.0	34.5	35.5	36.5	38.0	41.5	45.5	51.5	60.0	75.5	114.5
4750A°	光度	7.0	8.0	11.0	12.0	13.0	16.0	20.0	26.0	58.0	222.0	978.0
	電壓	6.9	7.1	7.4	7.7	8.2	8.8	9.8	10.9	13.4	17.2	24.8
	電阻	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.7	3.4	5.0
	功率	34.5	35.5	37.0	38.5	41.0	44.0	49.0	54.5	67.0	86.0	124.0
4250A°	光度	7.0	8.0	11.0	12.0	14.0	18.0	21.0	30.0	93.0	317.0	1472.0
	電壓	6.9	7.1	7.6	7.7	8.7	9.0	9.9	11.2	14.0	18.3	28.4
	電阻	1.4	1.4	1.5	1.5	1.7	1.8	2.0	2.2	2.8	3.7	5.7
	功率	34.5	35.5	38.0	38.5	43.5	45.0	49.5	56.0	70.0	91.5	142.0
4050A°	光度	7.0	8.0	12.0	13.0	15.0	18.0	22.0	31.0	72.0	219.0	906.0
	電壓	6.8	6.9	7.1	7.4	7.9	8.4	9.2	10.6	12.4	16.8	25.0
	電阻	1.4	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.1	2.5	3.4	5.0
	功率	34.0	34.5	35.5	37.0	39.5	42.0	46.0	53.0	62.0	84.0	125.0

5.0A之所有數據...第2次												
	時間(秒)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
無分光片	光度	7.0	10.0	19.0	25.0	32.0	42.0	59.0	98.0	316.0	1498.0	
	電壓	6.2	6.3	6.5	6.9	7.4	7.9	8.9	10.1	12.6	19.7	
	電阻	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.5	3.9	
	功率	31.0	31.5	32.5	34.5	37.0	39.5	44.5	50.5	63.0	98.5	
5820A°	光度	7.0	9.0	11.0	13.0	14.0	18.0	20.0	27.0	59.0	181.0	658.0
	電壓	7.2	7.1	7.3	7.5	8.0	8.6	9.9	10.9	13.0	18.1	28.7
	電阻	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	2.0	2.2	2.6	3.6	5.7
	功率	36.0	35.5	36.5	37.5	40.0	43.0	49.5	54.5	65.0	90.5	143.5
5350A°	光度	7.0	8.0	12.0	15.0	18.0	21.0	28.0	33.0	68.0	282.0	1572.0
	電壓	6.6	6.8	7.0	7.3	7.6	8.2	8.9	9.9	11.7	14.4	23.6
	電阻	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8	2.0	2.3	2.9	4.7
	功率	33.0	34.0	35.0	36.5	38.0	41.0	44.5	49.5	58.5	72.0	118.0
5100A°	光度	7.0	9.0	11.0	12.0	15.0	18.0	22.0	40.0	112.0	428.0	1487.0
	電壓	7.2	7.3	7.5	7.8	8.9	9.1	10.0	11.8	15.5	20.9	28.8
	電阻	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8	1.8	2.0	2.4	3.1	4.2	5.8
	功率	36.0	36.5	37.5	39.0	44.5	45.5	50.0	59.0	77.5	104.5	144.0
4750A°	光度	7.0	8.0	11.0	12.0	13.0	16.0	20.0	24.0	53.0	249.0	748.0
	電壓	6.9	6.9	7.2	7.9	7.9	8.2	9.6	10.5	12.8	16.3	26.9
	電阻	1.4	1.4	1.4	1.6	1.6	1.6	1.9	2.1	2.6	3.3	5.4
	功率	34.5	34.5	36.0	39.5	39.5	41.0	48.0	52.5	64.0	81.5	134.5
4250A°	光度	7.0	8.0	12.0	13.0	15.0	17.0	19.0	37.0	126.0	419.0	1426.0
	電壓	6.9	7.0	7.3	7.6	8.3	9.0	9.9	11.7	14.4	18.3	28.9
	電阻	1.4	1.4	1.5	1.5	1.7	1.8	2.0	2.3	2.9	3.7	5.8
	功率	34.5	35.0	36.5	38.0	41.5	45.0	49.5	58.5	72.0	91.5	144.5
4050A°	光度	7.0	9.0	12.0	13.0	15.0	18.0	22.0	33.0	80.0	326.0	1086.0
	電壓	6.6	6.7	7.0	7.3	7.8	8.4	9.2	10.6	12.4	16.8	25.0
	電阻	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.1	2.5	3.4	5.0
	功率	33.0	33.5	35.0	36.5	39.0	42.0	46.0	53.0	62.0	84.0	125.0

5.5A之所有數據...第一次												
	時間(秒)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
無分光片	光度	8.0	28.0	37.0	46.0	66.0	105.0	219.0	902.0	2000.0		
	電壓	7.2	7.8	8.1	8.8	9.8	10.9	13.9	16.1	21.9		
	電阻	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.5	2.9	4.0		
	功率	39.6	42.9	44.6	48.4	53.9	60.0	76.5	88.6	120.5		
5820A°	光度	7.0	16.0	18.0	21.0	26.0	32.0	58.0	155.0	301.0	679.0	
	電壓	7.3	7.8	8.3	9.0	9.8	11.8	12.7	16.4	21.5	28.8	
	電阻	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.1	2.3	3.0	3.9	5.2	
	功率	40.2	42.9	45.7	49.5	53.9	64.9	69.9	90.2	118.3	158.4	
5350A°	光度	7.0	21.0	24.0	32.0	40.0	53.0	113.0	380.0	1157.0	2000.0	
	電壓	7.1	7.6	8.0	8.5	9.3	10.5	12.0	15.6	20.4	28.9	
	電阻	1.3	1.4	1.5	1.5	1.7	1.9	2.2	2.8	3.7	5.3	
	功率	39.1	41.8	44.0	46.8	51.2	57.8	66.0	85.8	112.2	159.0	
5100A°	光度	8.0	24.0	28.0	36.0	46.0	72.0	206.0	635.0	1542.0	2000.0	
	電壓	7.3	7.8	8.3	8.9	10.0	11.1	13.4	16.5	28.8	29.0	
	電阻	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.4	3.0	5.2	5.3	
	功率	40.2	42.9	45.7	49.0	55.0	61.1	73.7	90.8	158.4	159.5	
4750A°	光度	7.0	13.0	15.0	18.0	22.0	28.0	59.0	133.0	517.0		
	電壓	6.9	7.3	7.9	8.4	9.3	10.2	12.8	14.7	19.1		
	電阻	1.3	1.3	1.4	1.5	1.7	1.9	2.3	2.7	3.5		
	功率	38.0	40.2	43.5	46.2	51.2	56.1	70.4	80.9	105.1		
4250A°	光度	12.0	14.0	16.0	20.0	24.0	37.0	99.0	287.0	1195.0		
	電壓	7.5	7.9	8.4	9.2	10.4	11.6	14.4	18.4	26.3		
	電阻	1.4	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	2.6	3.3	4.8		
	功率	41.3	43.5	46.2	50.6	57.2	63.8	79.2	101.2	144.7		
4050A°	光度	8.0	16.0	18.0	21.0	25.0	31.0	73.0	183.0	556.0	1603.0	
	電壓	7.9	7.6	7.9	8.6	9.4	10.8	12.3	15.2	21.7	28.9	
	電阻	1.4	1.4	1.4	1.6	1.7	2.0	2.2	2.8	3.9	5.3	
	功率	43.5	41.8	43.5	47.3	51.7	59.4	67.7	83.6	119.4	159.0	

5.5A之所有數據…第2次													
		時間(秒)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
無分光片	光度	7.0	24.0	32.0	44.0	57.0	79.0	178.0	597.0	1363.0	2000.0		
	電壓	6.9	7.2	7.5	8.2	9.0	9.8	11.6	14.2	18.2	28.7		
	電阻	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.1	2.6	3.3	5.2		
	功率	38.0	39.6	41.3	45.1	49.5	53.9	63.8	78.1	100.1	157.9		
5820A°	光度	8.0	15.0	17.0	20.0	24.0	30.0	52.0	128.0	303.0	752.0		
	電壓	7.2	7.6	8.1	8.6	9.5	10.4	12.5	15.4	20.0	28.9		
	電阻	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.9	2.3	2.8	3.6	5.3		
	功率	39.6	41.7	44.6	47.3	52.3	57.2	68.8	84.7	110.0	159.0		
5350A°	光度	8.0	20.0	24.0	30.0	39.0	56.0	114.0	416.0	1280.0	2000.0		
	電壓	7.0	7.4	7.7	8.2	9.2	10.2	12.2	15.1	19.8	28.9		
	電阻	1.3	1.3	1.4	1.5	1.7	1.9	2.2	2.7	3.6	5.3		
	功率	38.5	40.7	42.4	45.1	50.6	56.1	67.1	83.1	108.9	159.0		
5100A°	光度	7.0	18.0	25.0	32.0	42.0	54.0	111.0	364.0	1074.0	2000.0		
	電壓	7.3	7.8	8.3	8.9	10.0	11.1	13.4	16.5	28.8	29.0		
	電阻	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.4	3.0	5.2	5.3		
	功率	40.2	42.9	45.7	49.0	55.0	61.1	73.7	90.8	158.4	159.5		
4750A°	光度	7.0	13.0	15.0	18.0	21.0	26.0	56.0	155.0	474.0	1628.0		
	電壓	7.1	7.4	7.8	8.4	9.2	10.1	11.9	14.3	18.3	28.7		
	電阻	1.3	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	2.2	2.6	3.3	5.2		
	功率	39.1	40.7	42.9	46.2	50.6	55.6	65.5	78.7	100.7	157.9		
4250A°	光度	8.0	14.0	16.0	19.0	22.0	25.0	60.0	167.0	533.0	1301.0		
	電壓	7.3	7.8	8.1	8.8	9.6	10.6	12.8	15.8	21.1	26.6		
	電阻	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.9	2.3	2.9	3.8	4.8		
	功率	40.2	42.9	44.6	48.4	52.8	58.3	70.4	86.9	116.1	146.3		
4050A°	光度	7.0	17.0	19.0	24.0	30.0	37.0	102.0	282.0	512.0	1420.0		
	電壓	7.2	7.6	7.8	8.8	9.8	11.1	13.5	18.2	23.2	28.8		
	電阻	1.3	1.4	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.3	4.2	5.2		
	功率	39.6	41.8	42.9	48.4	53.9	61.1	74.3	100.1	127.6	158.4		

評 語

040115 電流熱效應與白熾現象

對已知之白熾現象作定量分析，並能對不同色光作強度與溫度關係之實驗，但因數據數量有限，對輻射熱與溫度的函數關係僅有初步之結果，尚有繼續研究之空間。團體合作佳。