

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 生活與應用科學科

030816

我怕光－螢光棒的照光研究

學校名稱：臺南縣私立興國高級中學

作者： 國三 林希珍 國三 郭純萍 國三 林家祺 國三 陳紀樺	指導老師： 黃淑芬
---	--------------

關鍵詞：螢光棒、紫外光、雙氧水

# 我怕光－螢光棒的照光研究

## 壹、摘要

近幾年來，由於臭氧層破洞日漸嚴重，使得紫外線對皮膚的傷害力愈來愈強。皮膚是生物接觸外界的第一層保護膜，因此每個人對防曬觀念愈來愈注重。我們將對螢光棒的好奇心轉為測試物品防曬效果的動力。

我們發現螢光棒裡的雙氧水和螢光染料在光的照射下，會對螢光棒的發光程度有所影響。所以我們將螢光棒的主要成分分成兩部分後，進行不同光線與不同時間長短的照光反應。經由分析可以得知雙氧水對於光線會有分解的現象。而在分析過程中，不經意地發現在螢光棒中加入洗衣粉會使發光強度異常增加，且可維持一段時間的發光。

藉由螢光棒照光的分解特性，我們進一步地探討一些防曬用品的防曬效果。

## 貳、研究動機

常常看到演唱會上，大家手上拿的、頸上戴的，那些五顏六色，在夜空中閃閃發亮的螢光棒，多麼引人注目！或者是登山者在伸手不見五指的深山中，為了照明、求救，而使用的螢光棒，它們都扮演著不可或缺的角色。

市售的螢光棒可分成兩類，一種是直徑約 0.5 cm，桶裝販售或零賣，用來套在手上，但常有無法發亮的情形出現；一種為直徑約 1~1.5 cm，利用包裝紙包裝販售，多為釣魚客所使用之夜間浮標。看著那些特別的螢光棒，進而引起了我們的好奇心，而好奇心驅使我們進一步觀察，到底是哪些因素會影響螢光棒的發光？我們可否利用螢光棒的某些特性來做其他的運用？如何利用簡單又快速的方法來豐富我們的生活呢？

所以我們想到可以運用螢光棒的光度變化來探討市面上防曬產品其品質的優劣。

## 參、研究目的

- 一、文獻分析，瞭解螢光棒的發光原理。
- 二、探討各種光線（紅、藍色光及捕蚊燈）對螢光染料及雙氧水照光後的影響。
- 三、探討不同光線照光時間分別對螢光染料及雙氧水的影響。
- 四、測量螢光棒加洗衣粉後光度的差異。
- 五、利用螢光棒測試具有防曬功能的用品之防曬效用。

## 肆、研究設備及器材

### 一、研究器材

自製暗箱	酒精燈	試管	注射針筒(1 mL)
電子天秤	數位相機	燒杯	光度計(LX-102)
UV 光度計(UV-340)	廣用試紙	東亞牌日光燈(紅色、藍色、捕蚊燈)	

## 二、 研究藥品

螢光棒(綠色)	洗衣粉(一匙靈、妙主婦、新奇、護康、白博士、獅子)
酒精	防曬乳液(蜜妮 SPF28、SPF48)

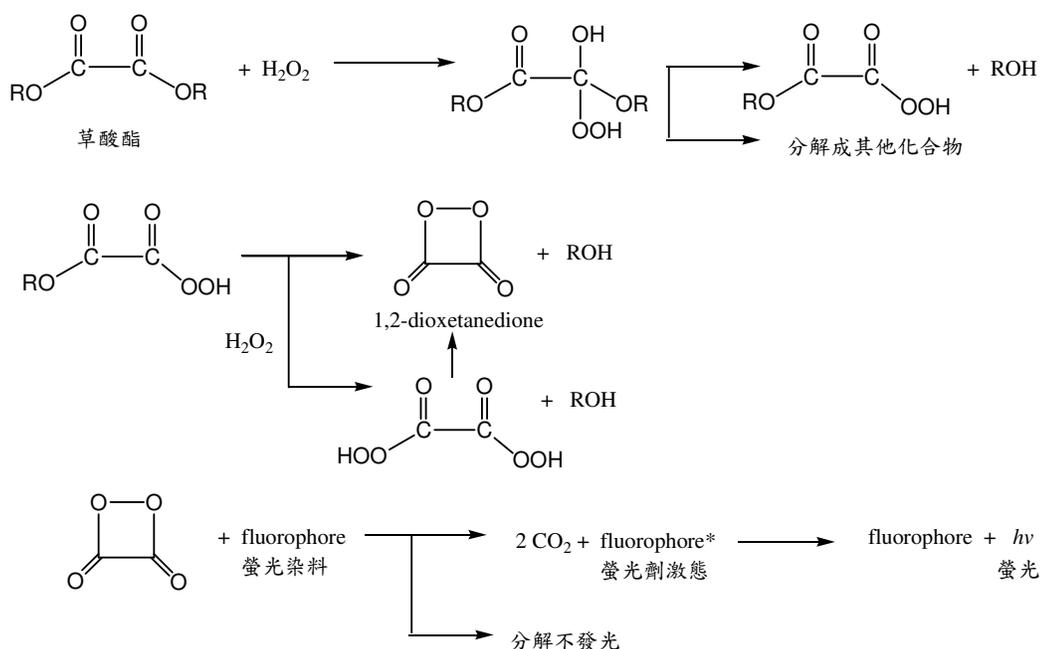
## 伍、 研究過程或方法

### 一、 文獻探討

化學能轉換為光能的反應日常生活中就有一個眾人皆知的商品化系統，即螢光棒 (Cyalume light stick)。

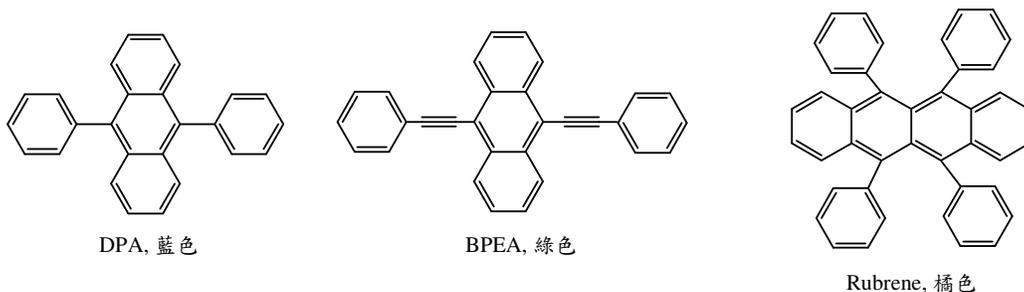
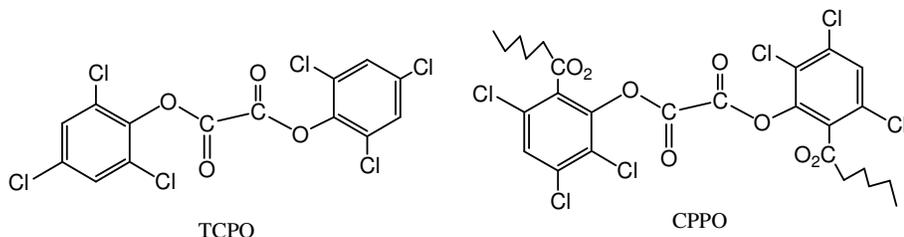
螢光棒最早是在 1963 年，由美國 Chandross 所發現，將氯化乙二醯(Oxalyl chloride)和雙氧水反應，在有螢光劑的存在下，會產生亮光。之後美國氰胺公司 M. M. Rachaut 與研究者不斷改良反應劑的成分與條件，以期達到最佳組合的發光效果。

一般螢光棒，是由一外套塑膠管內裝有螢光液體，裡面再有一裝有無色透明的密封小薄玻璃管所組成。使用時只要將軟管輕輕一折，玻璃管裡的透明無色液即會於外面的溶液混合，進行化學反應，放出冷光。目前此系統的反應機構大致可用下列式子來解釋：



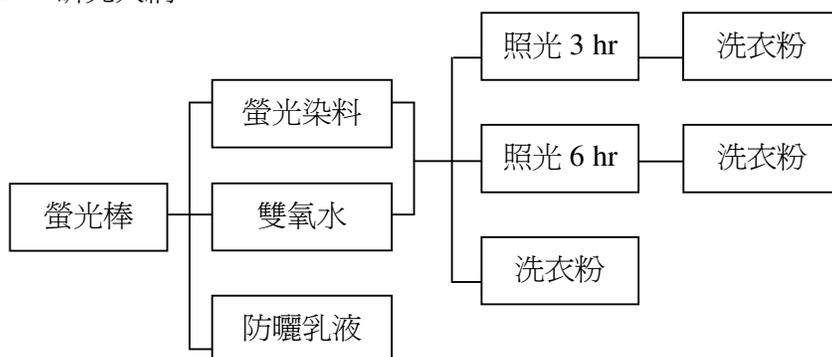
所以螢光棒的發光主要來源可能是像 CO<sub>2</sub> 的二聚分子，當其分解時，以化學鍵能激發螢光劑而得到螢光，光持續的時間與反應劑濃度有關。

商品化的螢光棒是使用非水溶液的溶劑，大多為一些鄰苯酸酯；而草酸酯類，目前大多採用 R = 2,4,6-trichlorophenyl group 的 TCPO 或者 R = carbopentoxy-3,5,6-trichlorophenyl 的 CPPO；染料部分，多為具有多苯環的 anthracene 或 rubrene，經由一些官能團的改變，可以成功合成出藍色，綠色，黃色，紅色等染料。其結構式見下圖：



人眼感受光的亮度因人而異，因此我們利用光度計，設計一系列的實驗，來了解影響螢光棒發光的因素，並進而找到螢光棒的另類應用性。

## 二、 研究大綱



## 三、 實驗步驟

### 實驗(一) 切割螢光棒與空白實驗

1. 利用燒熱的刀片，切除螢光棒的塑膠外管，小心倒出內部的雙氧水（B液）。如（圖一）所示。
2. 再以鑷子小心取出內部的細小玻璃管，為螢光染料（A液）。如（圖二）所示。
3. 以酒精清洗玻璃管外面以及螢光棒的塑膠外管內部之殘餘的雙氧水。將玻璃管置於螢光棒之塑膠外管內，折破玻璃管，取出螢光染料。如（圖三）所示。
4. 以注射針筒吸取 1.5 mL 的 A 液置於乾淨試管中，再加入 0.5 mL 的 B 液，再以 parafilm 封口搖晃均勻。
5. 將試管裝入自製的測量光度裝置中，如（圖四）所示。
6. 利用數位相機之錄影功能錄下光度值，10~15 分鐘結束記錄。
7. 將影像檔輸出至電腦中，記錄時間與光度值。重複實驗三次，取平均值

作為空白實驗對照組。

實驗(二) 不同光線照射對螢光染料 (A 液) 與雙氧水 (B 液) 之影響

1. 取螢光染料 10 mL 或雙氧水 10 mL 分別置於 15 mL 樣品瓶中,以 parafilm 密封後,置於暗箱內照射不同的光線(紅、藍光及捕蟲燈) 3hr,燈管與樣品間之距離約為 12 公分。如(圖五)所示。
2. 重複(一)之步驟 4~7,分成如(表一)之組別:如取照光後之 A 液 1.5 mL+ 不照光之 B 液即為 A'B; 其中 AB 即為(一)之空白實驗。

(表一) 照光實驗組別之代稱

實驗代稱	A'B	AB'	A'B'	AB
螢光染料 A	照光	不照光	照光	不照光
雙氧水 B	不照光	照光	照光	不照光

實驗(三) 照光時間長短對螢光染料與雙氧水之影響

1. 分別將 A、B 液照射不同光線 3 hr 與 6hr。
2. 重複(一)之步驟 4~7。

實驗(四) 不同洗衣粉對螢光染料與雙氧水之影響

1. 以注射針筒吸取 1.5 mL 的 A 液置於乾淨試管中,再加入 0.5 mL 的 B 液,再加入 5 mg 獅子牌洗衣粉,搖晃均勻。重複(一)之步驟 4~7。
2. 改加入不同廠牌之洗衣粉,重複上述之步驟。

實驗(五) 不同量的洗衣粉對螢光棒之影響

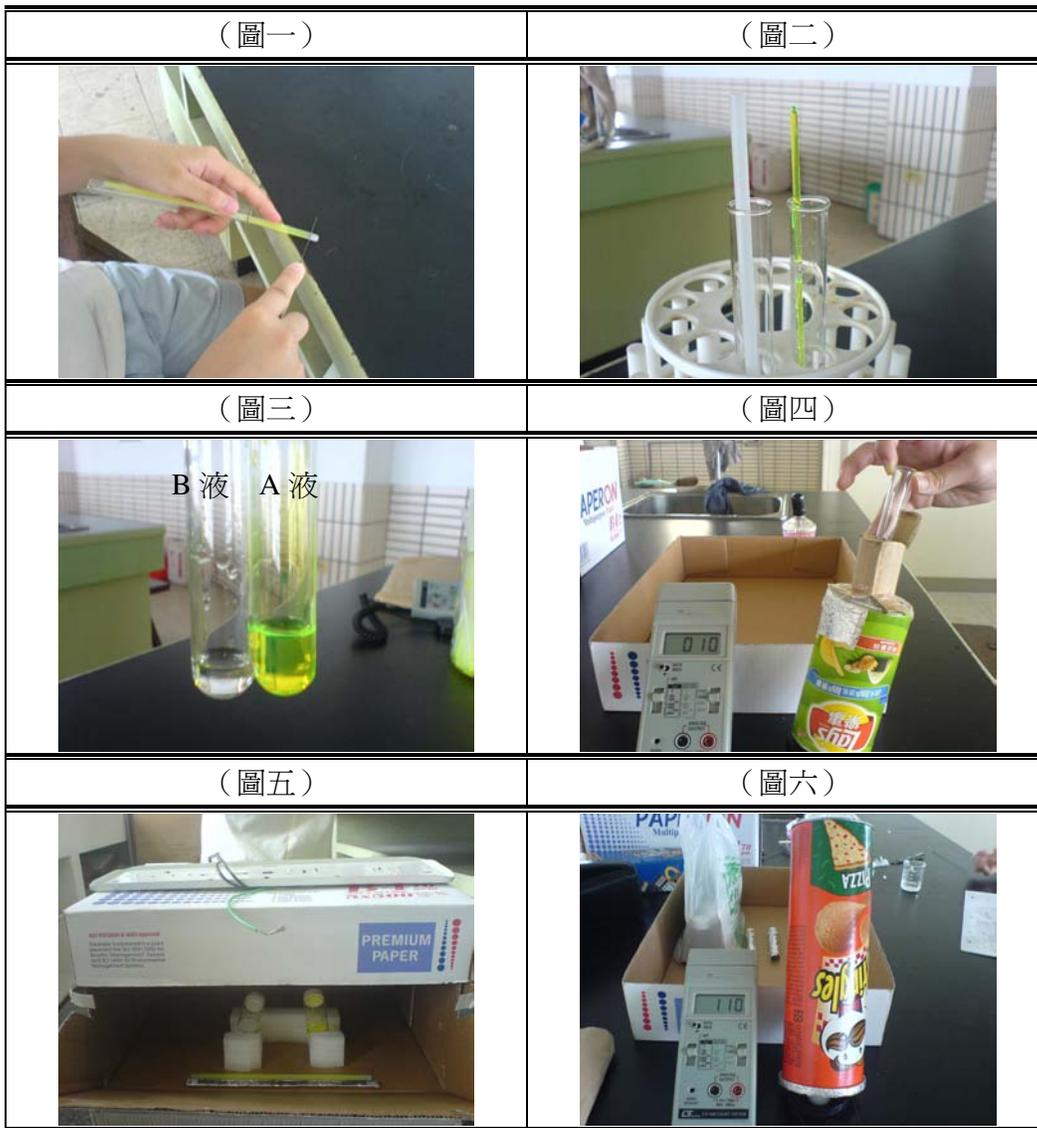
1. 以注射針筒吸取 1.5 mL 的 A 液置於乾淨試管中,再加入 0.5 mL 的 B 液,再加入不同量的獅子牌洗衣粉(5 mg、10 mg),搖晃均勻。
2. 重複(一)之步驟 4~7。

實驗(六) 螢光染料與雙氧水照光後再加入洗衣粉之影響

1. 將(二)照光後的螢光染料與雙氧水,分成如(二)之組別,混合後再加入獅子牌洗衣粉 5 mg。
2. 重複(一)之步驟 4~7。

實驗(七) 螢光棒塗防曬乳後照光之影響

1. 直接拿市售之螢光棒包上鋁箔紙或塗上防曬乳(蜜妮,防曬係數分別為 SPF28、SPF48)後,照射不同光線與太陽光 3 hr。
2. 將照光後之螢光棒彎折後裝入自製的測量光度裝置中,如(圖六)所示。
3. 重複(一)之步驟 6~7。



#### 四、數據分析：

- (一) 原始數據：光度值有變化，即紀錄下時間與光度值。
- (二) 一般數據：0-60 秒，數據變化大，每 10 秒取點一次；60-300 秒，數據變化漸小，每 60 秒取點一次；300 秒之後，數據變化小，每 120 秒紀錄一次。
- (三) 實驗(四)~(六)，因為另外加入洗衣粉，光度值會有很大的變動，因此在時間軸上，以加入洗衣粉後所測得的第一個光度最高值校正為時間為 120 秒。

## 陸、研究結果

- 一、 我們選用不同顏色的燈管來進行照光反應，實驗時所使用之燈管資料列於(表二)。

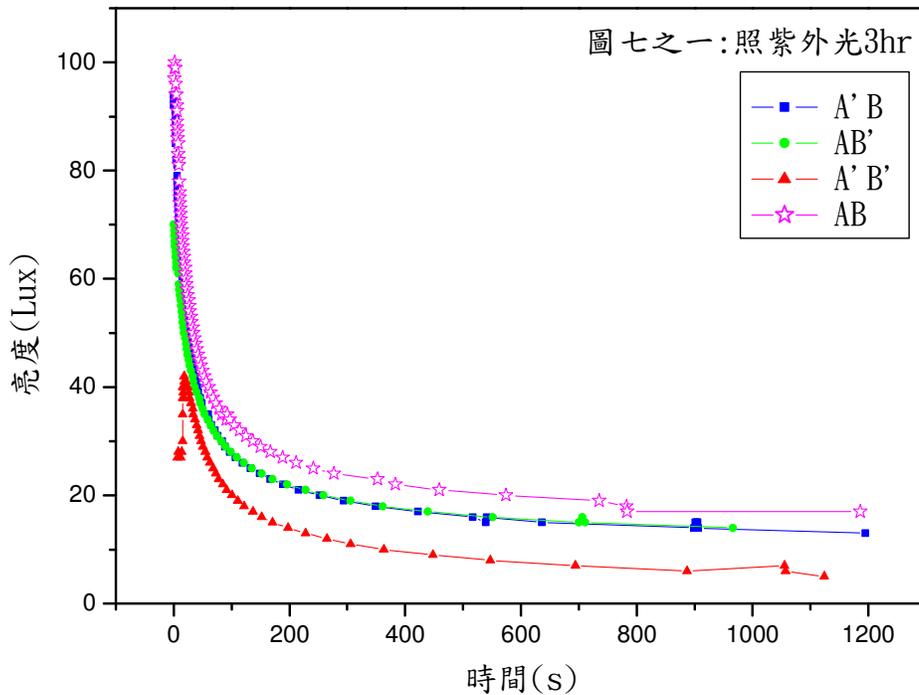
(表二) 照光實驗時所使用之燈管資料

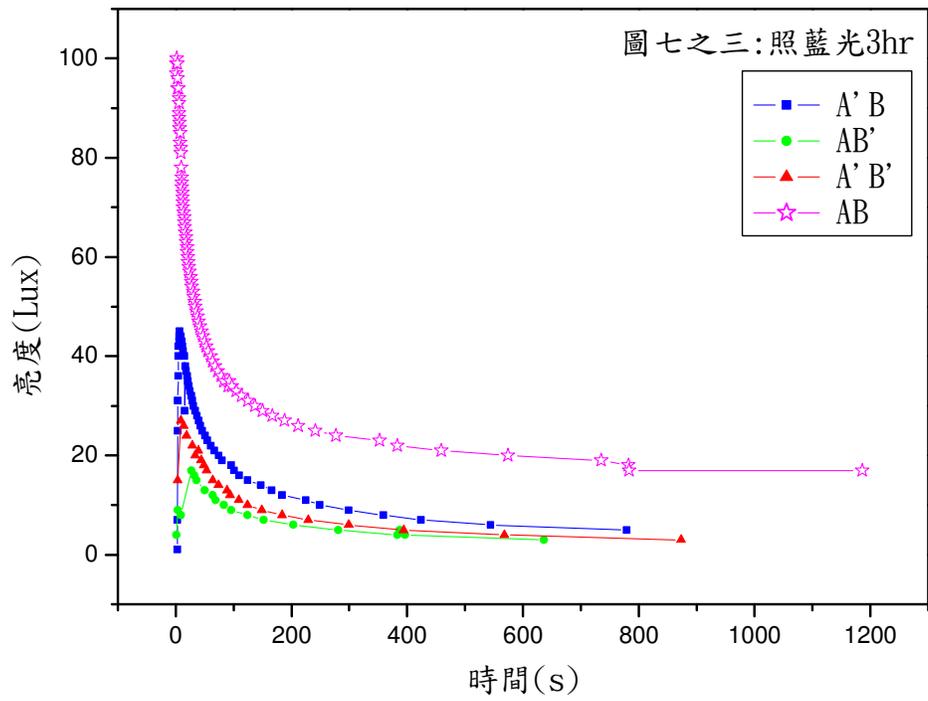
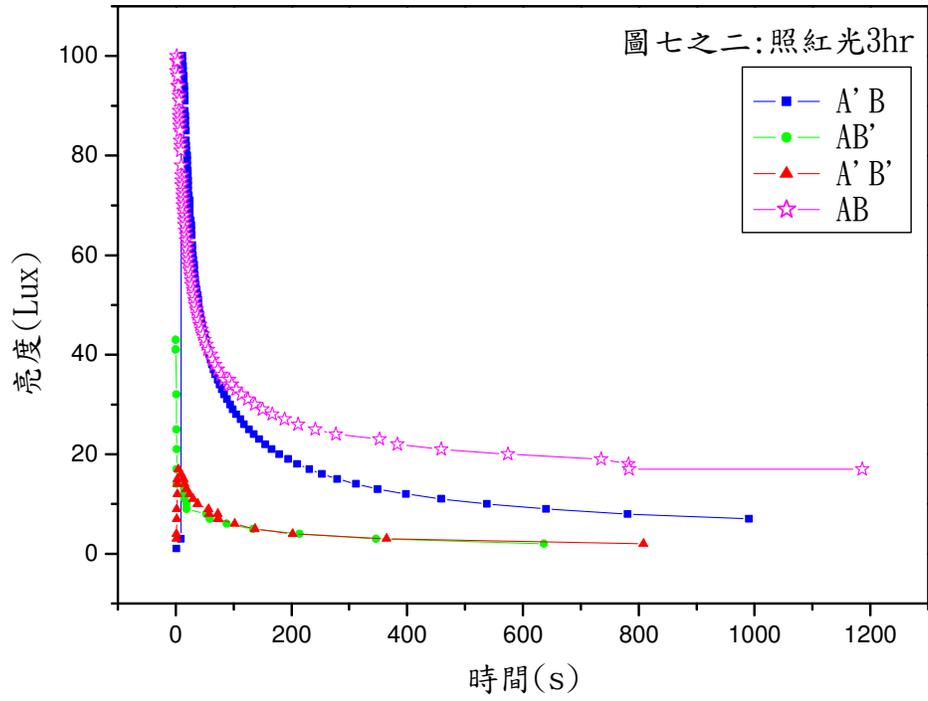
光色	燈管編號	規格 (W)	光度 (Lux)	紫外線強度 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	暗箱內溫度變化 ( $^{\circ}\text{C}$ , 5min~10min)
紅色	FL10R	10	419	6	29~32
藍色	FL10B	10	1020	13	29~31
紫外光	FL10BL	10	164	390	28.5~31

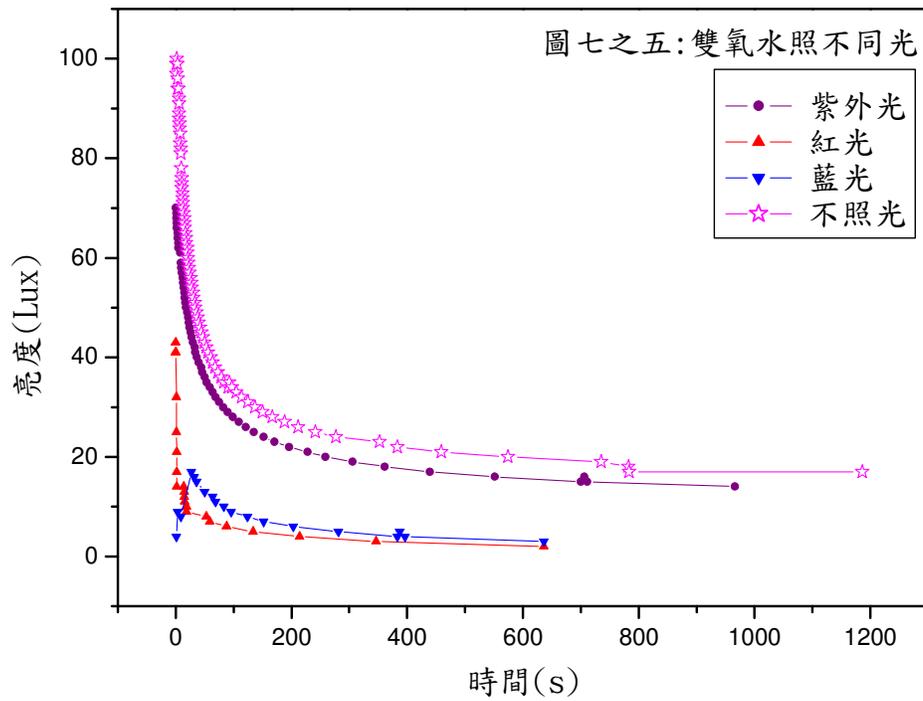
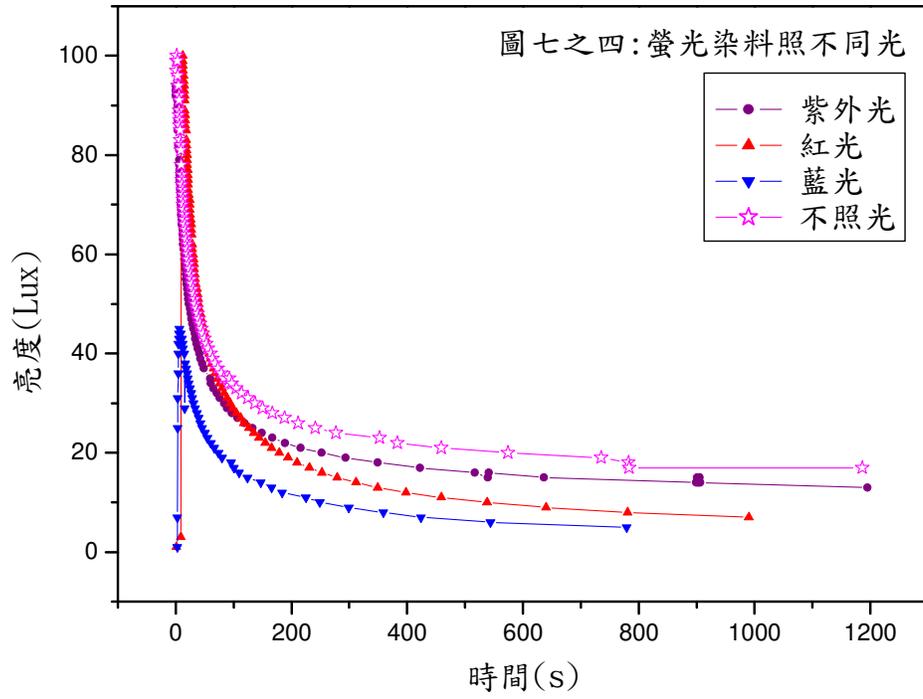
- 註：(1) 紅、藍色為彩色燈管，紫外光為捕蚊燈管(波長 300~400nm)。  
(2) 光度為使用照度計 LX-102 在暗箱內打開燈管所測得之值(距離 12 cm)。  
(3) 紫外線為使用紫外線強度計 UV-340(感應波長 290~390 nm)在暗箱內打開燈管所測得之值。  
(4) 溫度變化為使用水銀溫度計在暗箱內打開燈管所測得之值。  
(5) 晴朗天氣下，約早上 10:00 所得室外之光度約為 940 Lux，紫外線強度約為  $270 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。

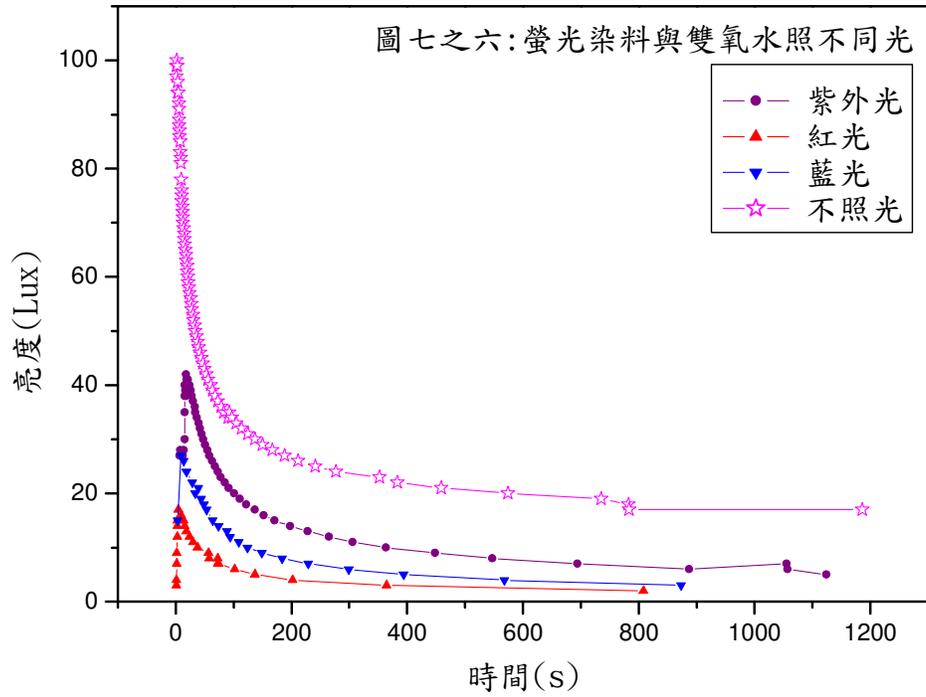
## 二、圖形

(一) 不同光線照射對螢光染料(A 液)與雙氧水(B 液)之影響：

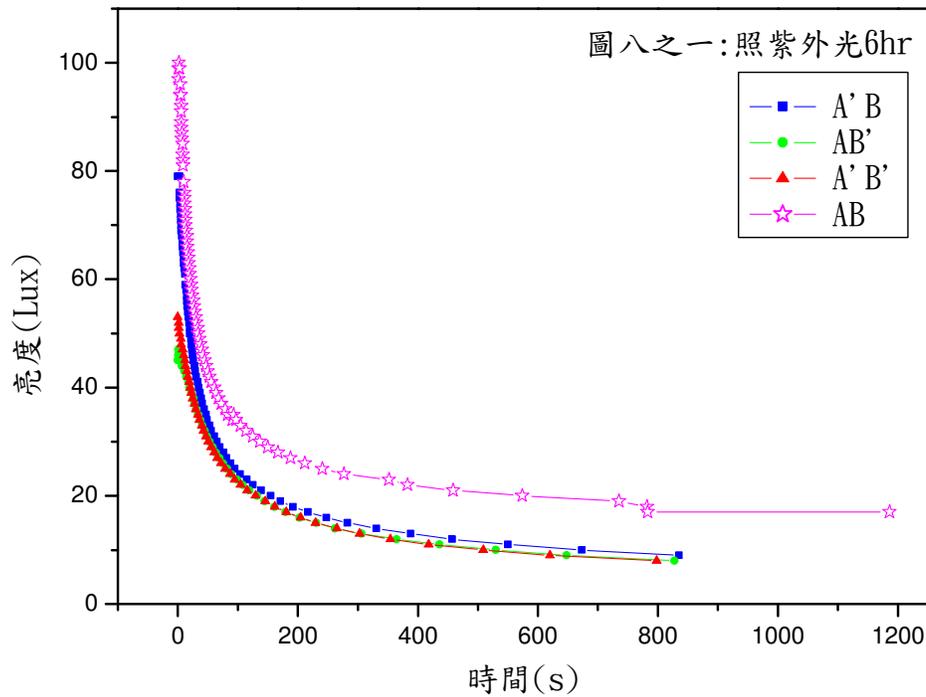


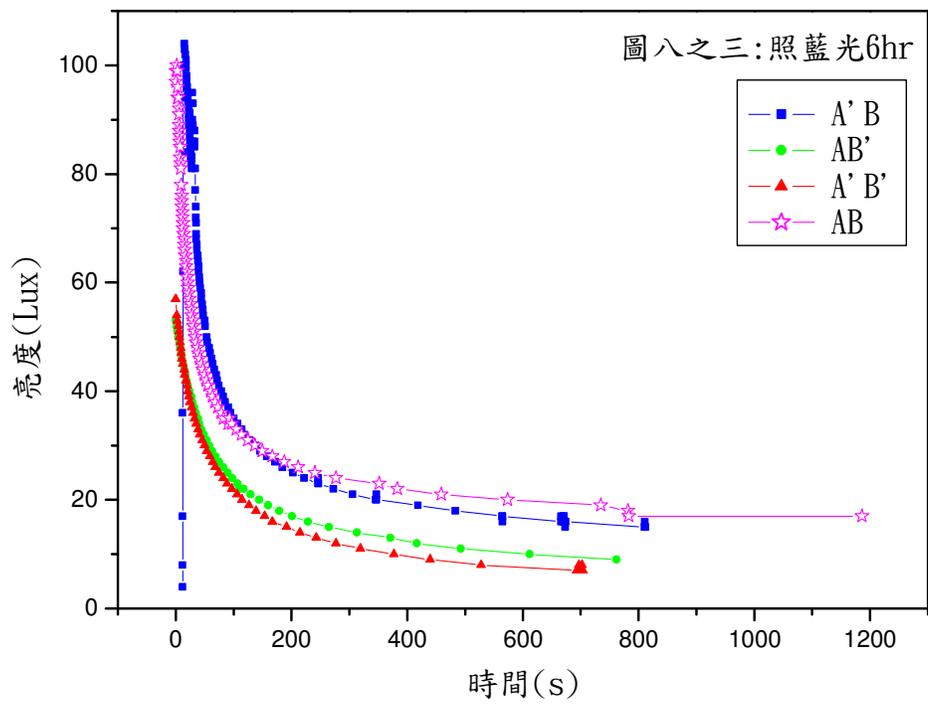
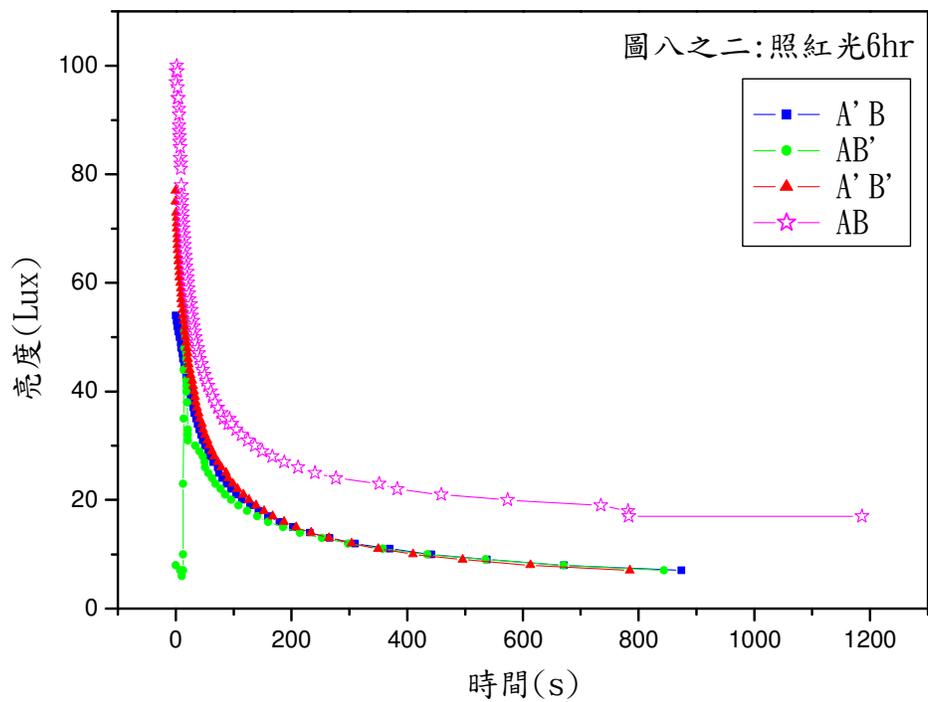




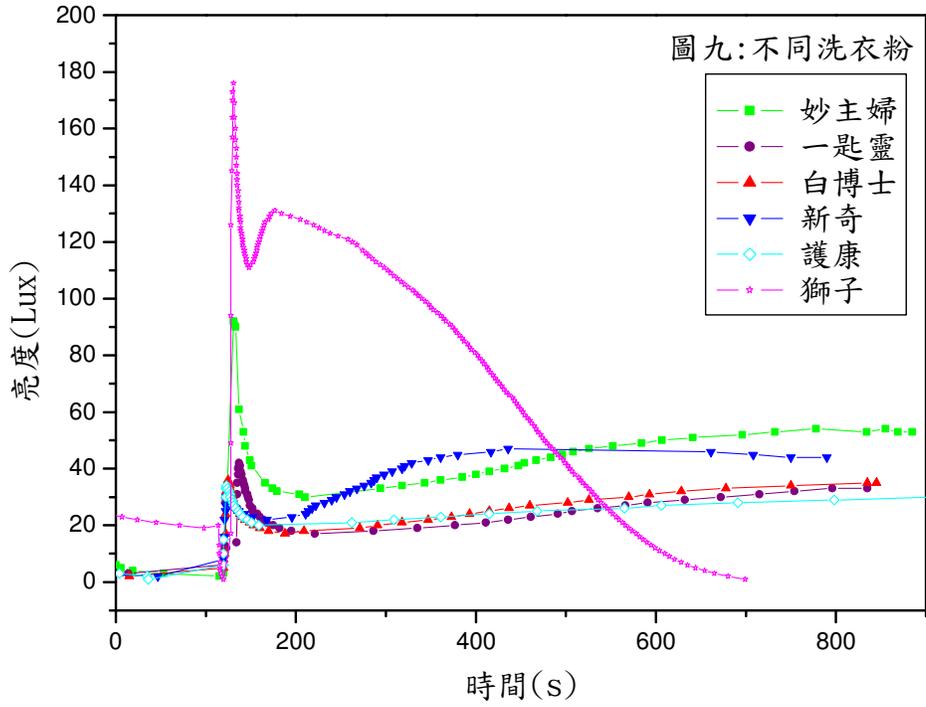


(二) 照光時間長短對螢光染料與雙氧水之影響：

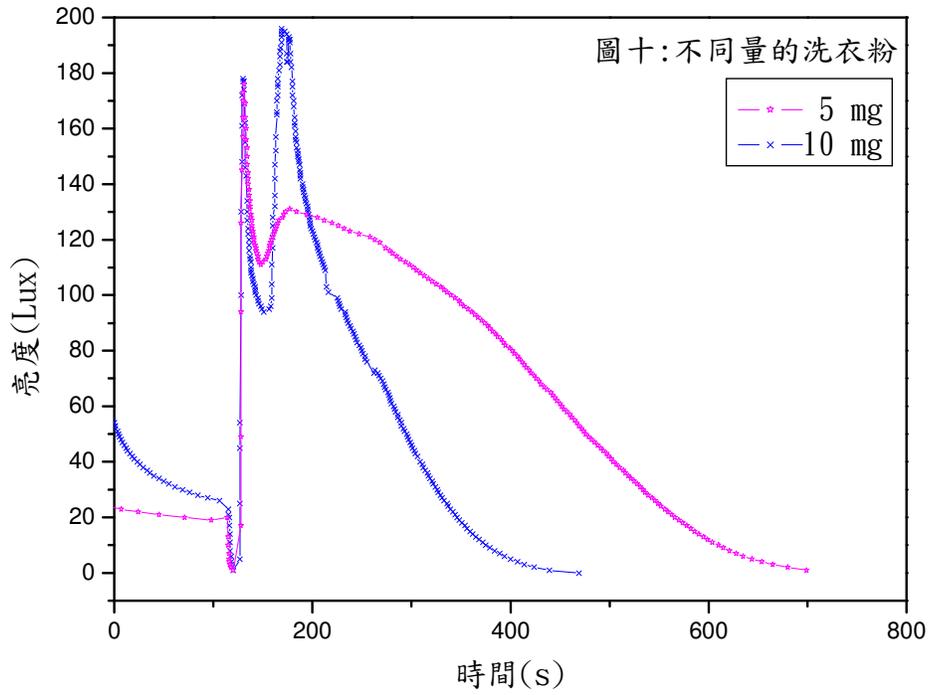




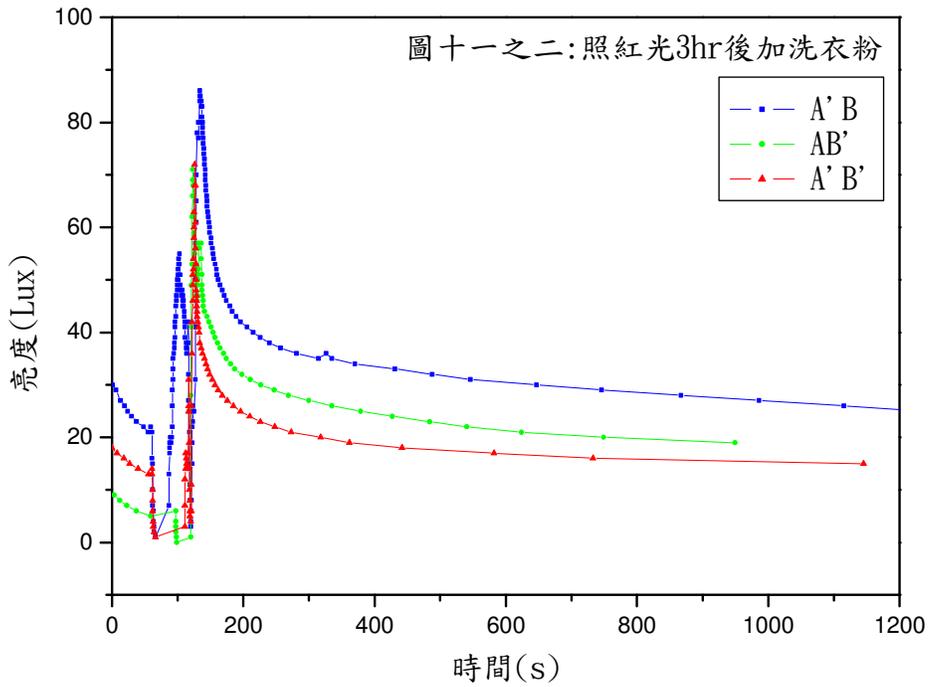
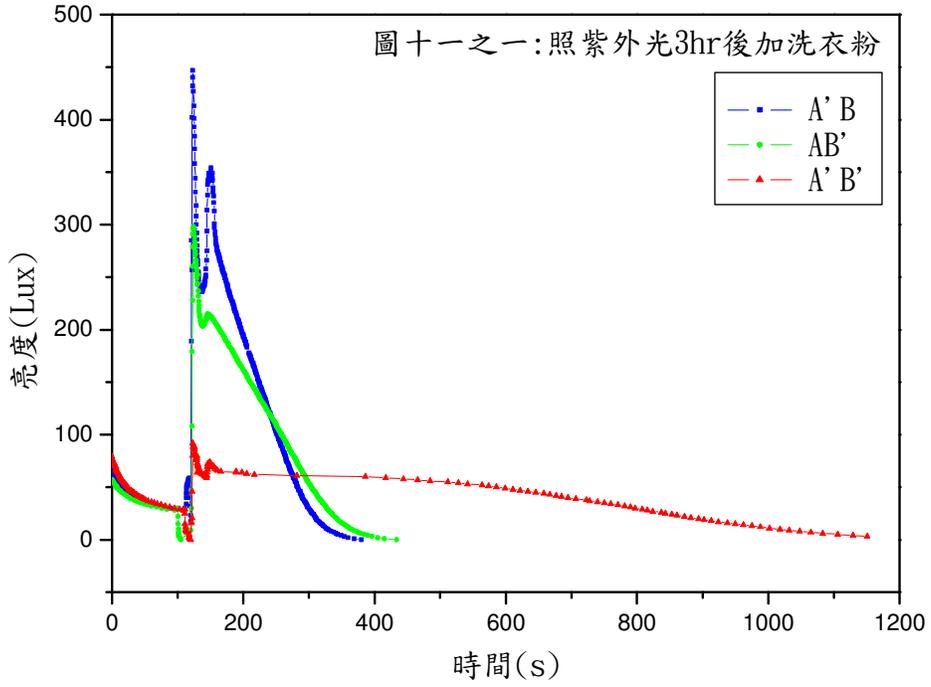
(三) 不同洗衣粉對螢光染料與雙氧水之影響：

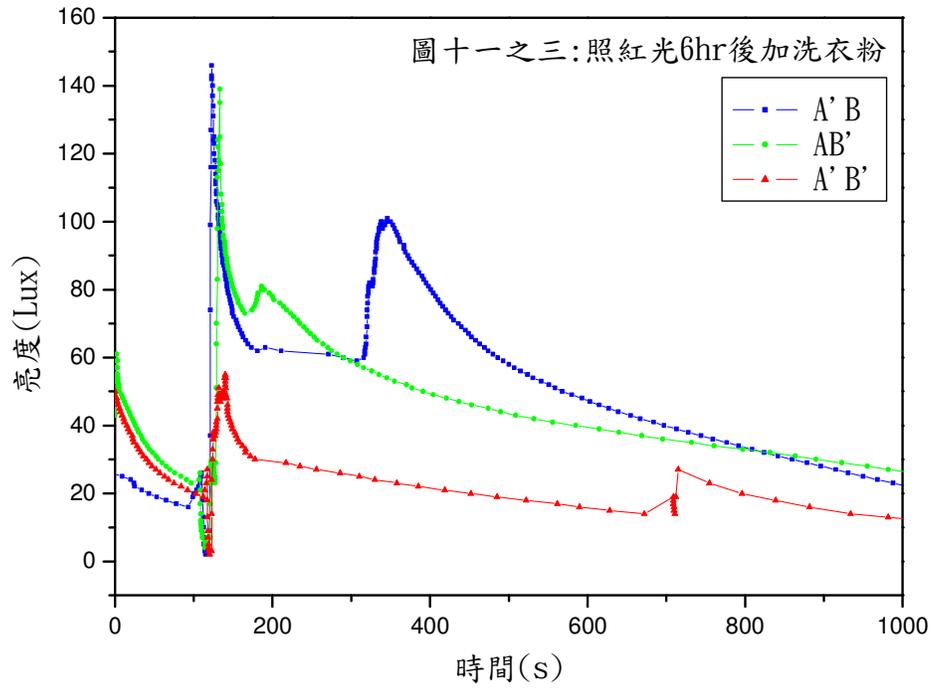


(四) 不同量的洗衣粉對螢光棒之影響：

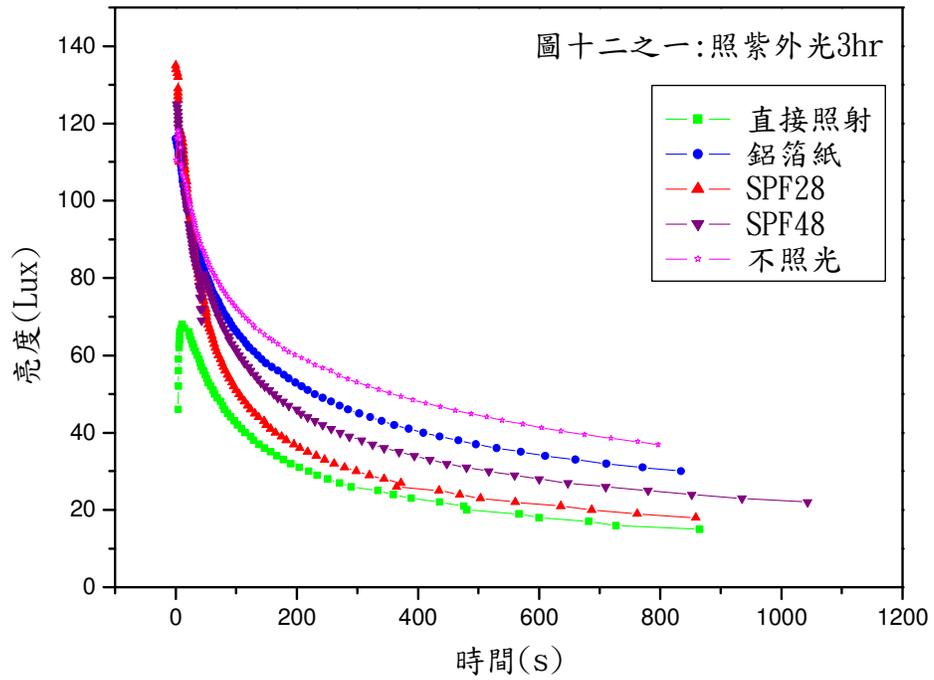


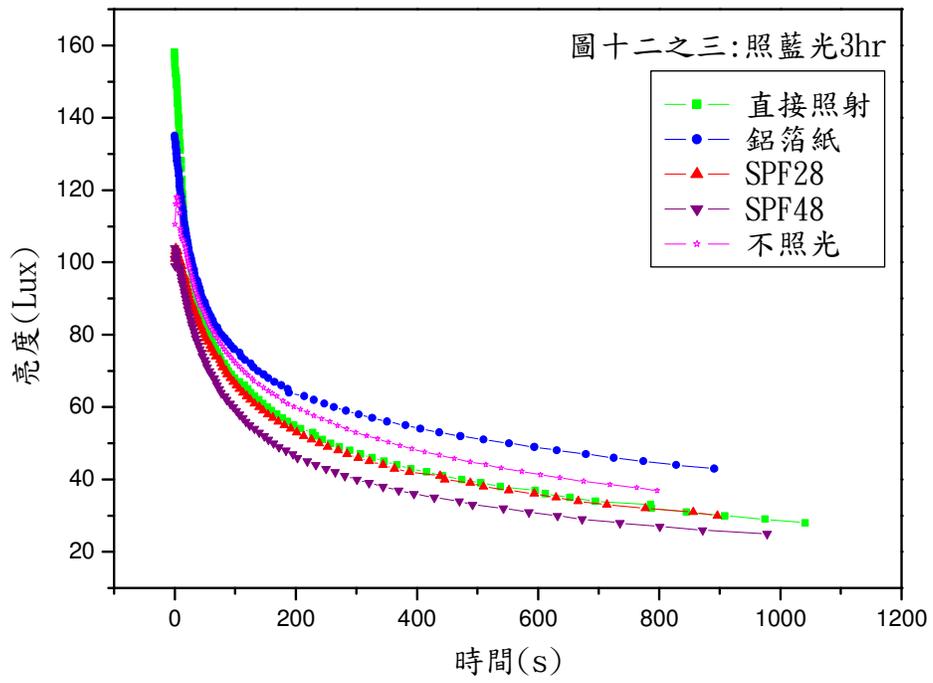
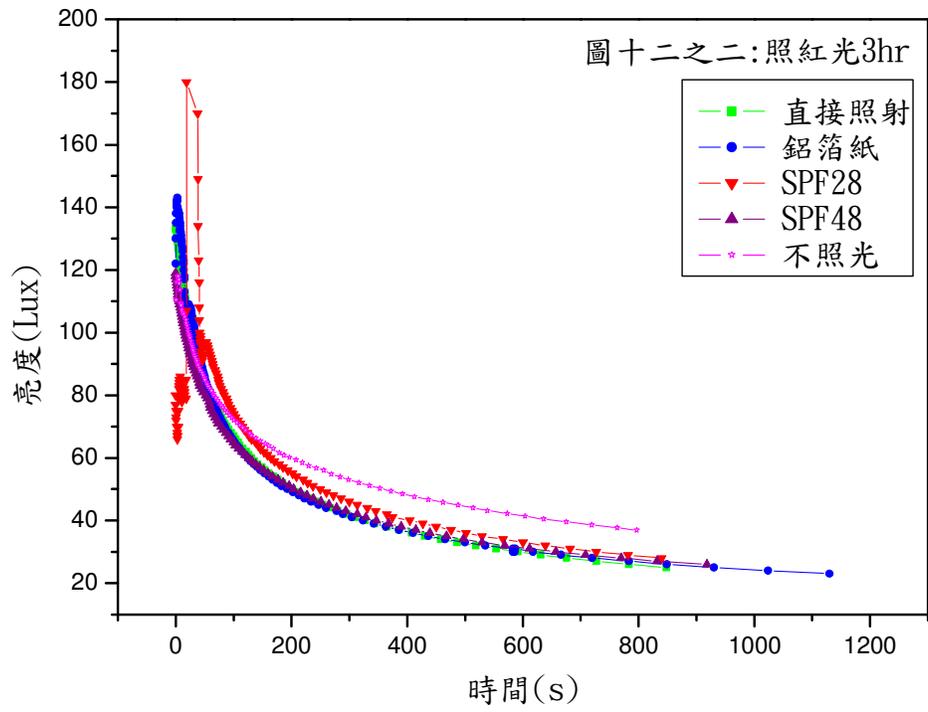
(五) 螢光染料與雙氧水照光後再加入洗衣粉之影響：

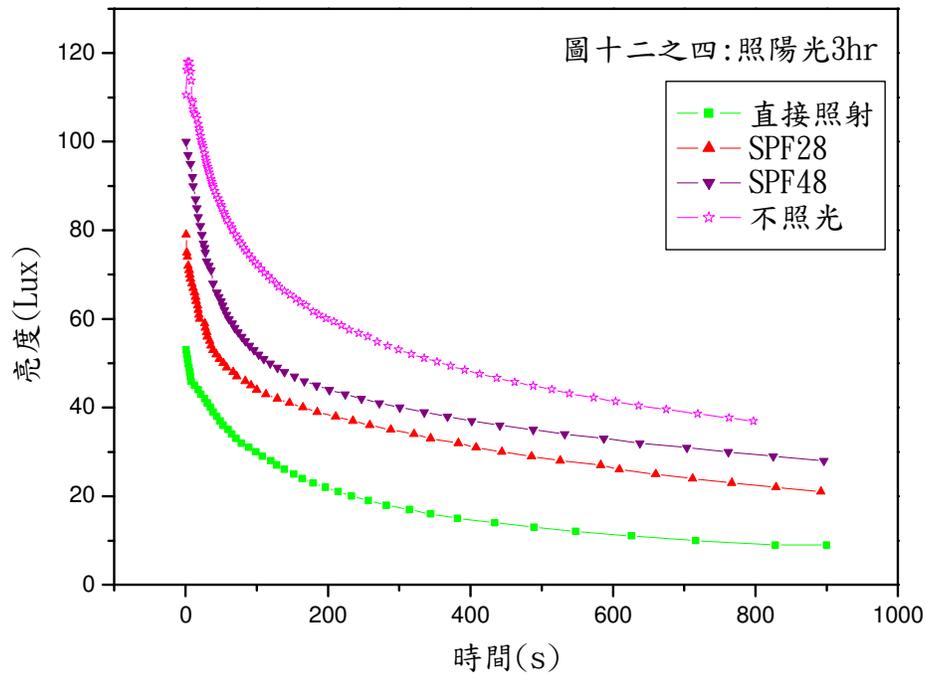




(六) 螢光棒塗防曬乳後照光之影響：







## 柒、討論

- 一、由於發現有些買來的螢光棒無法發光，因此我們猜想，可能有些外在的因素會影響螢光棒的發光。一般買來的螢光棒外包裝上會說明應置於低溫，不要有光線照射的地方，因此我們認為光線的照射會導致螢光棒中的物質分解，進而影響它的發光。因此我們設計了實驗(二)，並分別選用三種不同的光源，由顏色我們可知，能量的大小為紫外光 > 藍光 > 紅光。為了更仔細了解照光的影響為螢光染料的部分還是雙氧水部分，因此我們將螢光棒拆解開來分成螢光染料與雙氧水兩部分，分別照光。實驗編號、條件與最大與最小光度值列於(表三)。部分特定時間所節錄之光度值整理於(表四)，並與完全不照光的空白實驗來做比較。

(表三) 實驗(一)與實驗(二)之條件與結果

實驗編號	A+B 液	照光種類	照光時間	最大光度值	最小光度值
1-0	AB	不照光	3 小時	100	17
2-1a	A'B	紫外	3 小時	94	13
2-1b	AB'	紫外	3 小時	70	14
2-1c	A'B'	紫外	3 小時	42	5
2-2a	A'B	紅	3 小時	100	7
2-2b	AB'	紅	3 小時	43	2
2-2c	A'B'	紅	3 小時	17	2
2-3a	A'B	藍	3 小時	45	5
2-3b	AB'	藍	3 小時	17	3
2-3c	A'B'	藍	3 小時	27	3

(表四) 實驗(一)與實驗(二)之部分光度值

時間 (sec)	紫外光			紅光			藍光			空白
	A'B	AB'	A'B'	A'B	AB'	A'B'	A'B	AB'	A'B'	AB
10	69	58	28	96	12	16	44	8	27	78
20	53	49	40	79	12	13	36	8	24	61
30	46	43	37	60	41	11	31	17	22	53
40	41	39	33	50	11	10	27	15	21	47
50	37	36	30	44	9	10	25	13	18	43
60	35	34	27	40	9	9	22	13	17	41
180	23	23	15	20	5	5	13	7	9	28
300	19	20	12	15	4	4	9	5	6	24
420	17	18	10	12	3	3	8	4	5	22
540	15	17	9	10	3	3	7	4	5	21
660	15	16	8	9	3	3	6	3	4	20
780	15	15	7	8	2	3	5	3	4	19
900	14	15	6	8	2	2	5	3	3	19

### 【討論】

由表三與表四可看出，在以不同光照射螢光染料後，再與未照射光之雙氧水混合(即 A'B)所發出之螢光光度值均較 AB'或 A'B'大，再由實驗編號 2-xb 與 2-xc 組實驗可看到 A'B'與 AB'的光度相近，此結果顯示光的照射並沒有造成螢光染料內部致光成分上有很大的影響。再對照實驗編號 1-0 組可知，A'B 的光度較 A'B'大，二組的差異在於雙氧水是否照光，因此這二組實驗直接證明照雙氧水因為照光有了變化是影響光度的主要原因。但是與空白組對照，可知 A'B 的光度仍較 AB 低，所以螢光染料照光還是有些微影響。

而不管是紅光、藍光或紫外光，在照射螢光染料與雙氧水 3 hr 後，均會螢光光度的減低，而且紅光或藍光的減低程度還大於紫外光。我們知道紫外光的能量較強，本來認為紫外光對於螢光棒的內容物應該破壞力較強，但結果顯示，只要照光，均會造成螢光棒內容物的分解而影響光度。由於雙氧水在受熱時也會緩慢的分解，我們嘗試去測試照光時週遭溫度的變化，但是三種光的溫度變化差異並不大，因次目前並無法得知為何紅光或藍光所造成的光度減低會大於紫外光。

- 二、實驗(三)的目的是為了瞭解照光時間的長短對於螢光棒內容物的影響，是否會因照光時間加長而分解的更加徹底，光度是否也會更低。實驗編號、條件與最大與最小光度值列於(表五)。

### 【討論】

與實驗(二)之光度值相互比較，可以發現照光 6hr 的光度大多比照光 3hr 的光度低約一半，而發光時間大約 10 min 時，照光光度值降低為不照光之一半。經多組實驗可知，光度會隨著照光時間增長而明顯降低，證明時間會影響光度的高低。

(表五) 實驗(三)之條件與結果

實驗編號	A+B 液	照光種類	照光時間	最大光度值	最小光度值
3-1a	A'B	紫外	6 小時	79	9
3-1b	AB'	紫外	6 小時	47	8
3-1c	A'B'	紫外	6 小時	53	8
3-2a	A'B	紅	6 小時	54	7
3-2b	AB'	紅	6 小時	56	7
3-2c	A'B'	紅	6 小時	77	7
3-3a	A'B	藍	6 小時	104	15
3-3b	AB'	藍	6 小時	53	9
3-3c	A'B'	藍	6 小時	57	7

三、由第四十四屆科展高中化學組作品-耀眼四射-螢光棒的發光亮度探討中，我們知道加入過渡金屬陽離子會增加螢光棒的亮度；在第四十五屆科展國中理化組作品-螢光棒的驚鴻一瞥，發現加入含有 N 的氨水或胺類，會促進螢光棒的亮度。我們也在偶然的機會下，在清洗含螢光棒物質的試管中，加入洗衣粉時，居然也會增加螢光棒的亮度，因此我們著手進行實驗(四)。實驗編號、條件與最大與最小光度值列於(表六)。

(表六) 不同洗衣粉對螢光染料與雙氧水之影響

實驗編號	A+B 液	洗衣粉	最大光度值	最小光度值
4-1	AB	妙主婦	92	30
4-2	AB	一匙靈	42	17
4-3	AB	白博士	36	17
4-4	AB	新奇	47	22
4-5	AB	護康	34	20
4-6	AB	獅子	176	1

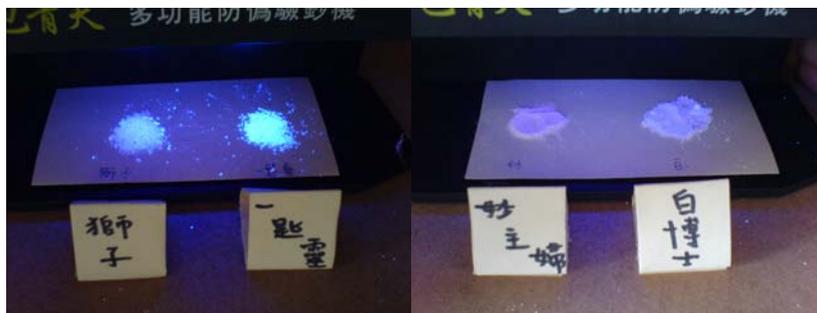
### 【討論】

我們發現加入各種廠牌的洗衣粉 0.5 mg 後，螢光光度可以明顯瞬間提高，其中又以獅子牌可以獲得最大亮度，約為空白組最大亮度的 2 倍。有別於過渡金屬離子或含 N 的胺類所造成的影響，加入洗衣粉的螢光光度並沒有在很短時間(如 1 min)內就發光完畢，其發光可以持續 10 min 以上，光度仍為空白組的 2~3 倍。而獅子牌雖可獲得最大亮度，但在 10 min 左右即發光完畢。

是什麼原因使得洗衣粉可以增加螢光亮度?我們進一步查詢洗衣粉的主要成分，多為烷基苯磺酸鈉或脂肪酸鈉，其中獅子牌為支鏈式烷基苯磺酸鈉，而一匙靈為直鏈式烷基苯磺酸鈉，兩者水溶液之 pH 值差異不大，均在 9-10 左右，所以應該

不是 pH 值所造成的影響。我們進一步將洗衣粉置於驗鈔機下來照射，如（圖十三）所示，一匙靈含有螢光劑，而其他洗衣粉不含螢光劑，與實驗結果對照，因此應該不是各廠牌之洗衣粉是否含螢光劑所造成的影響。但我們可以確信的是洗衣粉對於螢光亮度有增強催化的效果。

（圖十三）



四、既然知道洗衣粉有增加亮度的效果，因此我們想進一步知道洗衣粉的量對於光度的影響，所以著手進行實驗 5。實驗編號、條件與最大與最小光度值列於（表七）。

（表七）不同量的獅子牌洗衣粉對螢光棒的影響

實驗編號	A+B 液	洗衣粉(mg)	最大光度值	最小光度值
5-1	AB	5	176	1
5-2	AB	10	193	0

【討論】

我們發現當加入較多量的洗衣粉可以獲得較大的最大亮度值，約與質量成正比，但相對的發光時間會縮短，當加入 10 mg 的洗衣粉時，約 7 min 即發光完畢。

五、由實驗(二)我們知道照光會造成光度的減弱，又由實驗(四)知道洗衣粉的加入可以提高光度，因此進行實驗(六)，將實驗(二)照光後的螢光染料或雙氧水，繼續加入洗衣粉來觀察其亮度的變化。實驗編號、條件與最大與最小光度值列於（表八）。

（表八）螢光染料與雙氧水照光後再加入洗衣粉後之影響

實驗編號	A+B 液	照光種類	照光時間	最大光度值	最小光度值
6-1a	A'B	紫外	3 hr	432	0
6-1b	AB'	紫外	3 hr	288	0
6-1c	A'B'	紫外	3 hr	80	3
6-2a	A'B	紅	3 hr	83	25
6-2b	AB'	紅	3 hr	66	19
6-2c	A'B'	紅	3 hr	68	15
6-3a	A'B	紅	6 hr	142	16
6-3b	AB'	紅	6 hr	139	18
6-3c	A'B'	紅	6 hr	54	10

### 【討論】

雖然照光會造成螢光棒內容物的部分分解，但加入洗衣粉後，依舊可以瞬間增加亮度，並且可以維持一段時間，光度仍可為純粹照光之光度的 2~3 倍。

六、我們由實驗(二)知道螢光棒會因照光而光度減弱甚至失效，因此我們想利用這個性質來測試一些防曬措施的良窳，所以設計了實驗(七)。我們直接拿市售的螢光棒直接包覆鋁箔紙或塗上一層市售的防曬乳液，在不同光與陽光下照射。實驗編號、條件與最大與最小光度值列於(表九)。

### 【討論】

一般的防曬方法可分為物理防曬(如穿衣、撐傘)或化學防曬(如塗防曬乳)，但是化學防曬用品的品質一般民眾實在很難去辨別好壞。以身去嘗試，若效果不好，也來不及挽救，因此若能有一些簡易的方法可供使用，大家在面臨用品的選擇時，也可以有個依據。我們嘗試用螢光棒因照光而分解的特性，來辨別防曬用品的好壞。

當我們直接以紫外光照射螢光棒 3hr 時，明顯光度會降低很多；若使用鋁箔紙包覆，則光度只降低一些；而防曬用品，SPF48 的光度值高於 SPF28，表示 SPF 可以阻擋較多的紫外光，防止螢光棒因照光而分解；而物理的防曬效果比化學防曬好。但若使用紅光或藍光時，不管 SPF48 或 SPF28 的防曬乳，亮度均減弱，似乎都無法阻擋其對螢光棒的分解。直接將螢光棒置於太陽底下照射 3hr，完全不加以防曬的螢光棒明顯光度降低許多；而防曬用品，SPF48 的光度值高於 SPF28，可與我們使用紫外光照射的結果相呼應。

(表九) 螢光棒塗防曬乳照光之影響

實驗編號	防曬方法	照光種類	照光時間	最大光度值	最小光度值
7-1a	SPF28	紫外光	3 小時	135	18
7-1b	SPF48	紫外光	3 小時	125	22
7-1c	不防曬	紫外光	3 小時	68	15
7-1d	包鋁箔紙	紫外光	3 小時	116	30
7-2a	SPF28	紅光	3 小時	180	28
7-2b	SPF48	紅光	3 小時	119	26
7-2c	不防曬	紅光	3 小時	134	25
7-2d	包鋁箔紙	紅光	3 小時	143	23
7-3a	SPF28	藍光	3 小時	104	30
7-3b	SPF48	藍光	3 小時	104	25
7-3c	不防曬	藍光	3 小時	158	28
7-3d	包鋁箔紙	藍光	3 小時	135	4
7-4a	SPF28	太陽光	3 小時	79	21
7-4b	SPF48	太陽光	3 小時	100	28
7-4c	不防曬	太陽光	3 小時	53	9

## 捌、 結論

- 一、 螢光棒的內容物分成螢光染料與雙氧水兩部分後分別照光，會影響發光亮度，主要是因為雙氧水有部份分解。
- 二、 照光時間愈長則對於螢光棒內容物的穩定性愈不利，將導致螢光棒發光亮度愈低。因此螢光棒平時要避免照光。
- 三、 加入洗衣粉會明顯增加螢光棒的亮度，而且可以持續 10 min 以上。
- 四、 加入洗衣粉的量增加時，可以增加亮度，但會縮短發光的時間。
- 五、 照光後的螢光棒內容物雖然光度減弱，但依舊可以加入洗衣粉來提高亮度。
- 六、 利用螢光棒，我們可以作為分辨防曬用品的工具。當防曬用品塗在螢光棒上照光一陣子後，若明顯光度減弱或無法發光，則防曬效果不佳；反之則佳。

## 玖、 參考資料或其他

- 一、 方泰山，73 年。化學能轉換為光能-新高中基礎理化教材中一有趣的題材。科學教育月刊，第 68 期。
- 二、 第四十四屆科展作品高中化學組-耀眼四射-螢光棒的發光亮度探討，國立羅東高中。
- 三、 第四十五屆科展作品國中理化組-螢光棒的驚鴻一瞥，宜蘭縣立復興國中。

評 語

030816 我怕光-螢光棒的照光研究

為一對化學反應螢光之研究，內容相當有趣。藉對添加物之改變，發現可改變螢光強度。