

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國小-物理科

科 別：物 理 科

組 別：國 小 組

作品名稱：黑暗中的光芒—夜光星星之研究

關 鍵 詞：夜光、電腦視覺、能階躍遷

編 號：080119

學校名稱：

臺北市信義區福德國民小學

作者姓名：

劉續方、嚴瀛、許沛雅、黃啟千、劉白羽、杜欣蓓

指導老師：

陳怡文



壹、 摘要

在房間裡，也可以看得到美麗的星星喔！只要將夜光星星貼在天花板上，夜光星星就能夠吸收光的能量，再放出光來。這樣一來，你就可以在家裡欣賞滿天的星星了。可惜的是夜光星星亮了一會兒就不亮了，於是，我們利用數位相機拍攝在不同的情況下（1.不同的照光時間。2.不同的照射光源。3.不同的照光顏色。4.不同顏色的夜光星星。5.不同大小的夜光星星），夜光星星的發光效果，再以 Inspector 電腦視覺軟體分析比較所拍攝下來的星星亮度。在這個研究當中，我們發現了讓夜光星星發出又亮又久的光芒的秘密：使用紫外燈近距離照射黃綠色品質佳的夜光星星上，在照射夜光星星吸光的飽和時間後，就有最佳的發光效果。

貳、 研究動機

在六年級上學期「彩色世界」單元中，有一頁習作要讓我們運用光與色彩的視覺效果設計出自己的房間，我為了讓房間更美麗，便從市面上買了許多夜光星星貼在牆壁上，一到晚上，便會發出耀眼的光芒，彷彿自己就躺在野外的草地上，悠閒的觀賞整片星空，原本覺得這很漂亮，但奇怪的是，星星才亮了一下子，就不亮了。我們希望研究出如何能讓夜光星星發出又亮又久的光芒，讓房間永遠美麗。

參、 研究目的

- 一、 照光時間與夜光星星發光效果¹的關係
- 二、 光源的種類與夜光星星發光效果的關係
- 三、 光的顏色與夜光星星發光效果的關係
- 四、 不同顏色的夜光星星與其發光效果的關係
- 五、 不同大小的夜光星星與其發光效果的關係

¹ 發光效果：本研究定義為關燈後 2,5,10 秒之發光亮度。

肆、 文獻探討

一、 夜光

夜光是在黑暗中自行發光的意思，可分為螢光 (fluorescence) 及磷光 (phosphorescence) 兩種[1]。

螢光和磷光²，都是冷光的一種形式。它們的不同乃在於輻射所持續的時間。當激發光源被移去之後螢光終止於大於一億分之一秒 (10^{-8} 秒)，然而磷光則連續數秒或數小時。放射能源的持續性，視高能態電子回復到它們常態狀態的速度而定[2]。

大多數的化合物中，所有的電子佔據可能的最低能階。當能量被物質吸收，物質內的一些電子瞬間受激發到一個高於平常狀態的高能階狀態。這個過程使化合物處於不穩定的激態，當這些電子回復到它們平常的能階狀態時，它們便失去能量，並以輻射的方式放出該物質特有的波長。每種物質都有其較佳的吸收波長範圍來產生螢光，通常螢光放射出來的輻射線都較吸收的輻射線有更長的波長，也就是說，放釋出的光子之能量比吸入的光子少。大部分的材料對於波長 300~400nm($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$)之間的紫外光之反應最好，最普通的螢光就是在一個物質中產生可見光。一個可見光源也可以照射在一個物質上製造螢光。例如：藍光、綠光、或黃色光能夠用來產生紅色的螢光[2]。

表 3-1 螢光與磷光的比較

比較項目	螢光	磷光
夜光質原料	放射性元素與硫化鋅的混合物	鹼土金屬 ³ 的硫化物或硫化鹽
激發光遮斷後	立刻放射出來的光或其他輻射能	輻射持續一些時間
應用	日光燈、電視螢光幕、數字按鍵、交通號誌、手錶數字及指針部份、紡織油漆染料、紙張及洗衣增白劑、蛋白質研究。	雷射、螢火蟲、電視機映像管，以及會在黑暗中發亮的玩具。

資料來源[2]

² 螢光與磷光的另一種劃分因涉及電子的自旋方向，由於概念對於我們過深，在此不加詳述

³ 鹼土金屬：鈹、鎂、鈣、鋇、鋇和鐳六種元素。

二、光

電磁輻射⁴依照頻率⁵低往高主要有無線電波、微波、紅外線、可見光、紫外線、X射線與 γ 射線(圖3-1)[3]。

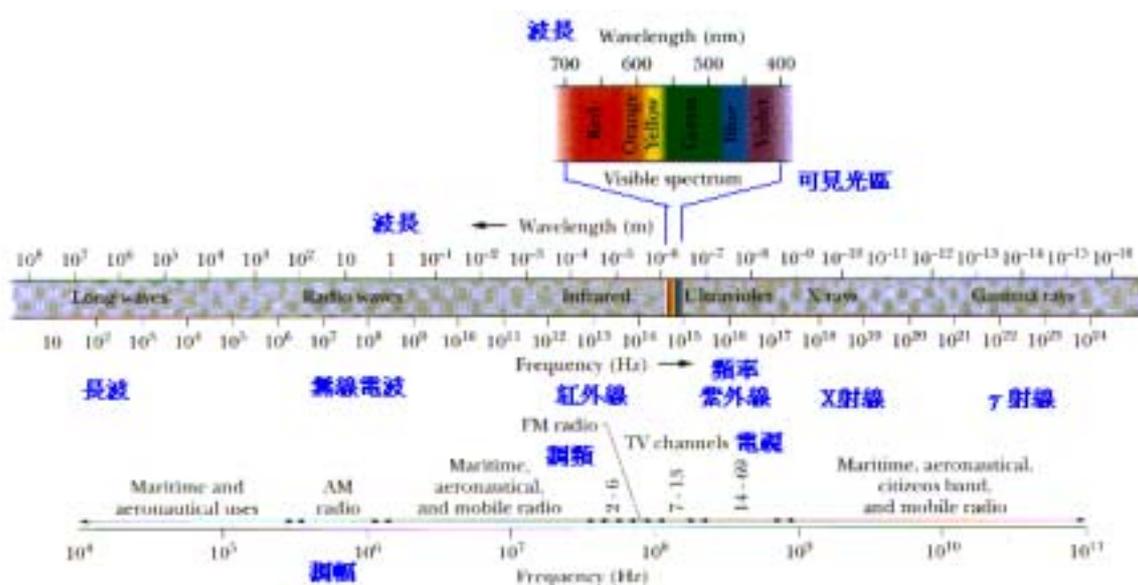


圖 3-1 可見光及紫外光在電磁波譜中的位置

(一) 可見光

可見光是一種電磁波，它是整個電磁波譜⁶中的可見部分，相當於波長⁷大約從 390nm (紫光) 到 780nm (紅光)，分別對應到 7.7×10^{14} 赫茲⁸到 3.8×10^{14} 赫茲的頻率的電磁波段，每個光子⁹的能量分別對應到 3.2eV 到 1.6eV。白光由不同波長 (顏色：紅、橙、黃、綠、藍、紫) 的光合成，這點在白光束通過稜鏡色散後就可以看出[4]。

(二) 紫外光

波長介於 10~400nm 的電磁輻射，頻率範圍約由 8×10^{14} 赫茲到 3×10^{17} 赫茲，此類光子每個能量 3eV 到 2×10^3 eV，紫外光的波長較可見光短，能量較可見光大 [5]。

⁴ 電磁波：電場和磁場的振盪以輻射波的形式一起穿過空間。

⁵ 頻率：於每秒的完整波數。

⁶ 電磁波譜 (光譜、頻譜)：作為波長或頻率的函數的電磁能分布。

⁷ 波長：向兩個相鄰波峰之間的距離。

⁸ 赫茲：頻率的單位，每秒完整的周數。

⁹ 光子：光的量子或粒子。光和其他所有的電磁輻射均由光子流組成，每個光子的能量為 $E=h\nu$ 。式中 h 為普朗常數、 ν 為光的頻率。

三、光源

光源有多種類型。電燈泡靠電加熱燈絲發光，使其達到高溫約 2500 (圖 3-2) [4]；日光燈靠電激發氣體發射紫外線，再引起玻璃管上的磷光體塗層藉由螢光發出可見光 (圖 3-3) [4]；在這個研究中所使用的紫外燈是類似普通螢光燈的管子但其內壁塗有特殊物質，可以在 360nm 放射紫外光也發出可見光 (圖 3-4) [1]。

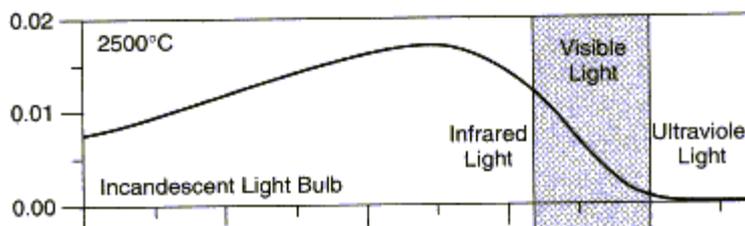


圖 3-2 燈泡光譜分布

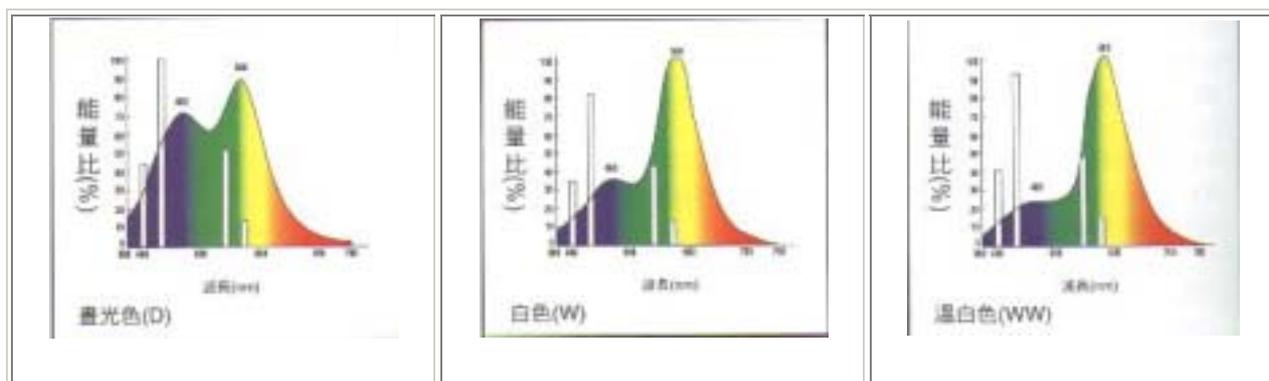


圖 3-3 一般日光燈三種不同色系的光譜分布

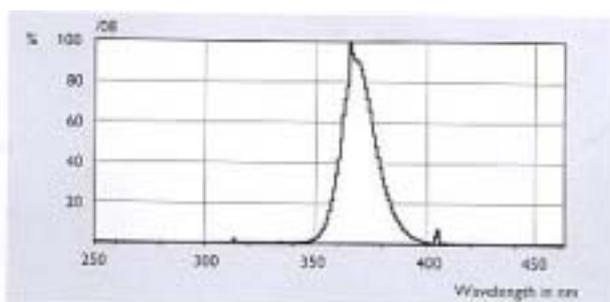


圖 3-4 紫外燈光譜分布

四、夜光星星發光的原理

夜光星星在照射光之後，仍然會發光一段時間，所以根據文獻探討得知夜光星星的發光原理屬於磷光。

五、 影響發光的可能因素

由文獻探討以及我們平日對夜光星星的觀察，我們推測下列十種因素可能會影響夜光星星發光時間的長短：1.照光的時間；2.照光的光源；3.光的顏色；4.夜光星星的顏色；5.夜光星星的大小；6.光與夜光星星的距離；7.不同品牌的夜光星星；8.光的亮度；9.環境因素；10.夜光星星的厚度。在這個研究中，我們選擇 1~5 項因素進行實驗（詳見附件二）。

伍、 研究設備器材

夜光星星、夜光片、紫外燈、燈泡、日光燈、玻璃紙（透明、紅、黃、綠、藍、紫色）、夜光星星位置板、玻璃紙位置板、定位盒、鋁片、夜光錶、數位相機、電腦（圖 4-1）（詳見附件三）。

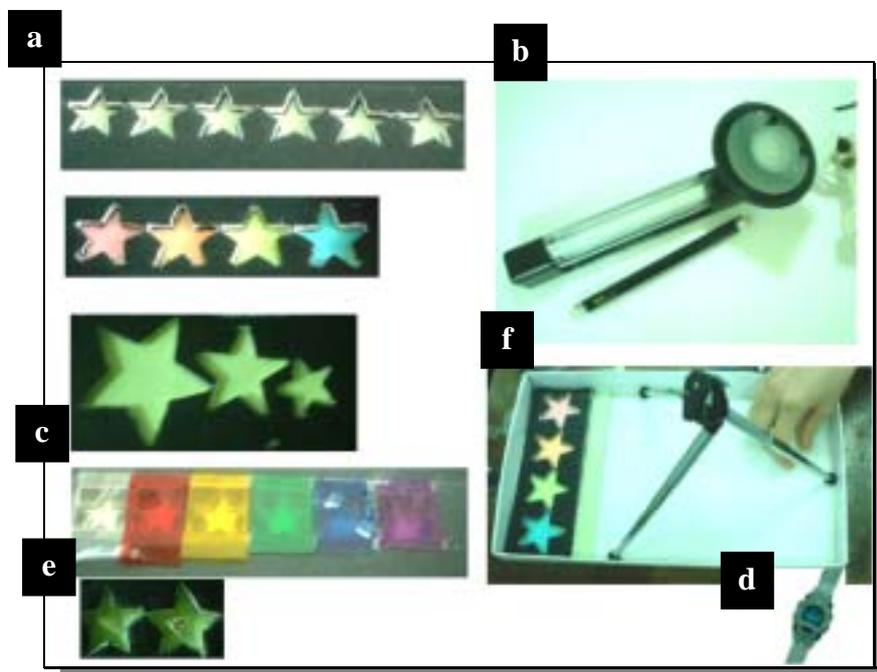


圖 4-1 部分的實驗器材

a 夜光星星（上：實驗一 三。中：實驗四。下：實驗五）
b 照射光源 c 玻璃紙位置板 d 計時器 e 星星位置板 f 定位盒

陸、 研究過程與方法

表 5-1 各實驗變因探討

實驗	操縱變因	保持不變變因 ()							應變變因
		照光時間	光源種類	光的顏色	星星顏色	星星大小	光與星星的距離	拍攝距離及角度	
一	照光時間的長短	-							夜光星星的發光效果—關燈後第 2、5、10 秒的發光亮度
二	照射光源的種類		-						
三	光的顏色			-					
四	夜光星星的顏色				-				
五	夜光星星的大小					-			

本研究中的實驗，都需要做事前的準備工作及事後的影像處理工作，詳細步驟如下：

準備工作：

1. 將日光燈固定於距地面 11 cm 的牆上，定位盒黏貼於日光燈正下方的地面上。
2. 使室內成暗室。
3. 將裝有夜光星星之位置板放入定位盒頂端，並用鋁片蓋住。
4. 數位相機架設於定位盒的三點定位點上，準備拍攝。

後續處理：利用電腦進行影片處理及分析，比較不同的照光時間之夜光星星在關燈後第 2、5、10 秒時的發光亮度（詳見附件四）。

動態影片 PowerDVD 靜態圖片 ACDSee 編輯器 256 色灰階 PhotoImpact

接合圖片 Inspector 1 畫通過所指定的直線上的每一個點之灰階值曲線圖。

- 2 求各星星的灰階值。

一、 照光時間與夜光星星發光效果的關係。

【實驗一】改變照光的時間，紀錄發光情形。

(一) 實驗器材：夜光星星 12 個、日光燈、鋁片、位置板、定位盒、夜光錶、數位相機、電腦。

(二) 實驗步驟

1. 準備工作。

2. 第一組：將日光燈打開，報秒者由 55 秒開始報秒數。58 秒時，負責拍攝的人再按下攝影快門。00 秒時，將鋁片向右拉開一個夜光星星的距離，每隔兩秒向右依順序拉開蓋在夜光星星上的鋁片（所以拉開鋁片的時間分別是：02、04、06、08 秒時，也就是當最後一個夜光星星照射兩秒後，迅速把燈關掉。所以這四個星星的照光時間由左而右依序為 8、6、4、2 秒（圖 5-1）。

3. 在數位相機中觀察夜光星星的發亮情形，等到完全不發光時，停止拍攝，並把檔案存到電腦中。

4. 第二組：將關燈時間改為 16 秒時，重複步驟 1~3。

5. 第三組：將關燈時間改為 24 秒時，重複步驟 1~3。

6. 後續處理。

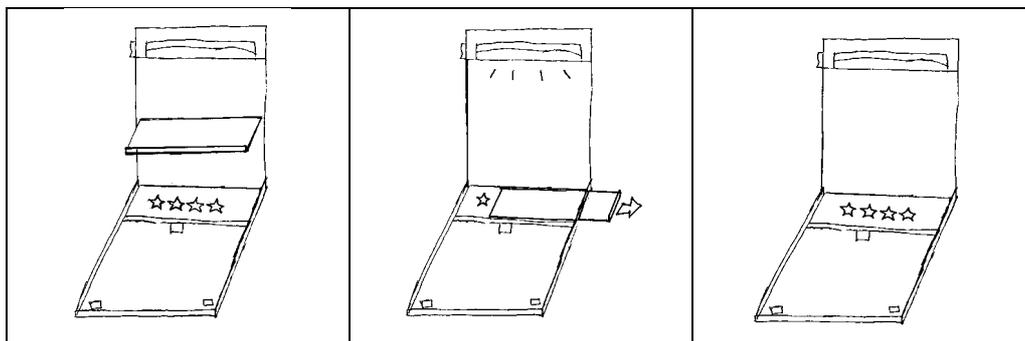


圖 5-1 實驗一裝置及步驟簡圖

二、 照射光源與夜光星星發光效果的關係。

【實驗二】改變光源，紀錄發光情形。

(一) 實驗器材：夜光星星 3 個、日光燈、紫外燈、燈泡、鋁片、位置板、定位盒、夜光錶、數位相機、電腦。

(二) 實驗步驟

1. 準備工作。

2. 將日光燈打開，報秒者由 55 秒開始報秒數。58 秒時，負責拍攝的人再按下攝影快門。

00 秒時，將鋁片向後翻開。02 秒時，迅速把燈關掉（圖 5-2）

3. 在數位相機中觀察夜光星星發亮的情形，等到完全不發光時，停止拍攝，並把檔案存在電腦中。

4. 分別將光源改為燈泡、紫外燈，重複步驟 1~4。

5. 後續處理。

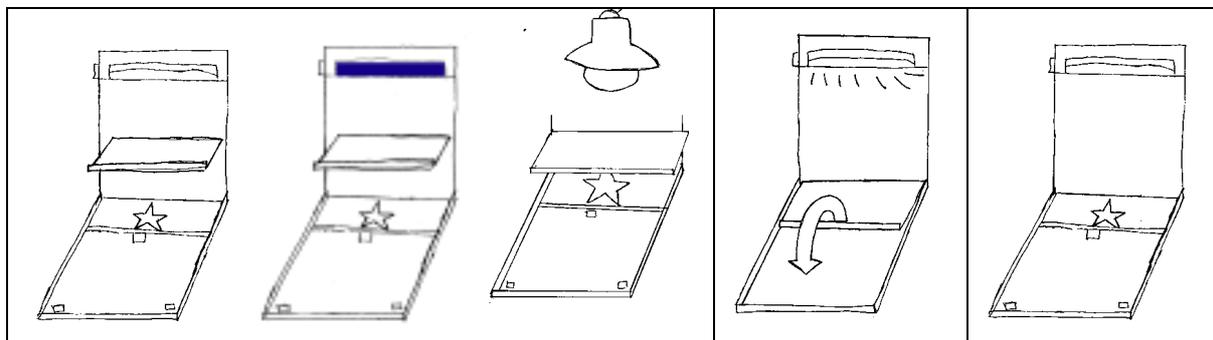


圖 5-2 實驗二裝置及步驟簡圖

三、光的顏色與夜光星星發光效果的關係。

【實驗三】改變光的顏色，紀錄發光情形。

(一) 實驗器材：夜光星星 6 個、玻璃紙位置板、日光燈、鋁片、位置板、定位盒、夜光錶、數位相機、電腦。

(二) 實驗步驟

1. 準備工作。

2. 將日光燈打開，報秒者由 55 秒開始報秒數。58 秒時，負責拍攝的人再按下攝影快門。

00 秒時，將鋁片向後翻開。02 秒時，關燈，同時迅速將玻璃紙位置板向後翻開(圖 5-3)

3. 在數位相機中觀察夜光星星發亮的情形，等到完全不發光時，停止拍攝，並把檔案存在電腦中。

4. 後續處理。

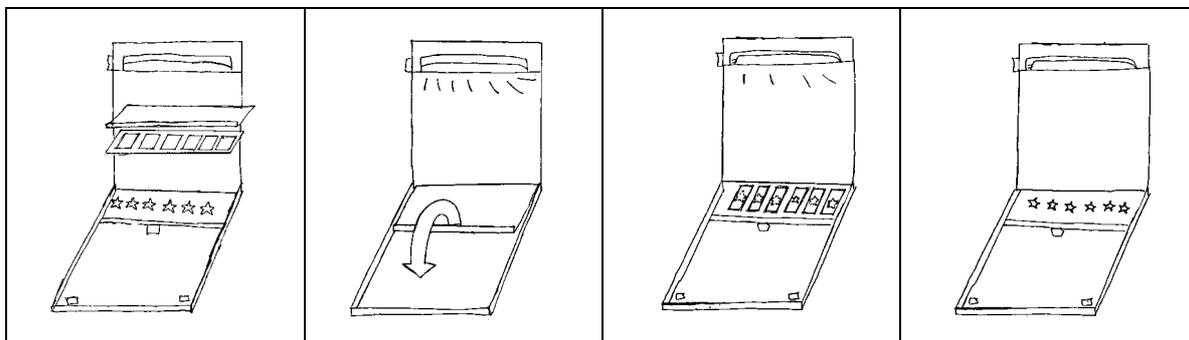


圖 5-3 實驗三裝置及步驟簡圖

四、夜光星星的顏色與其發光效果的關係。

【實驗四】使用不同顏色的夜光星星，紀錄發光情形。

(一) 實驗器材：各色夜光星星各一個（粉紅、橘、黃綠色、藍色）、日光燈、鋁片、位置板、定位盒、夜光錶、數位相機、電腦。

(二) 實驗步驟：

1. 準備工作。

2. 將日光燈打開，報秒者由 55 秒開始報秒數。58 秒時，負責拍攝的人再按下攝影快門。

00 秒時，將鋁片向後翻開。02 秒時，迅速將燈關掉（圖 5-4）

3. 在數位相機中觀察夜光星星的發亮情形，等到完全不發光時，停止拍攝，並把檔案存到電腦中。

4. 後續處理。

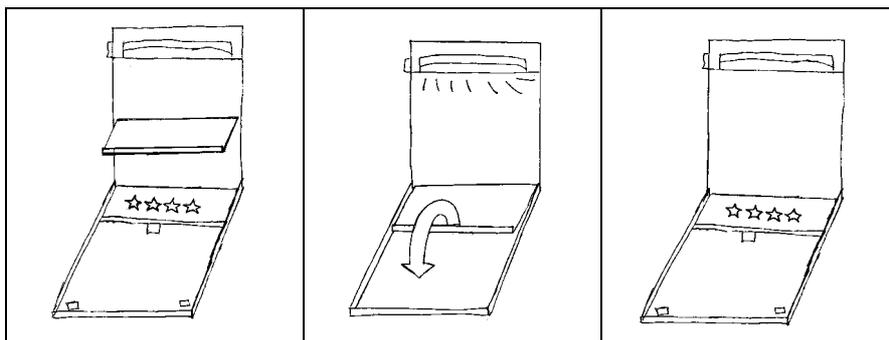


圖 5-4 實驗四裝置及步驟簡圖

五、夜光星星的大小與其發光效果的關係。

【實驗五】使用大小不同的夜光星星，紀錄發光情形。

(一) 實驗器材：大、中、小的夜光星星各一、日光燈、鋁片、位置板、定位盒、夜光錶、數位相機、電腦。

(二) 實驗步驟：

1. 準備工作。
2. 將日光燈打開，報秒者由 55 秒開始報秒數。58 秒時，負責拍攝的人再按下攝影快門。00 秒時，將鋁片向後翻開。02 秒時，迅速將燈關掉（圖 5-5）
3. 在數位相機中觀察夜光星星的發亮情形，等到完全不發光時，停止拍攝，並把檔案存到電腦中。
4. 分別將星星換成中的、小的夜光星星，重複步驟 1~3。
5. 在數位相機中觀察夜光星星的發亮情形，等到完全不發光時，停止拍攝，並把檔案存到電腦中。
6. 後續處理。

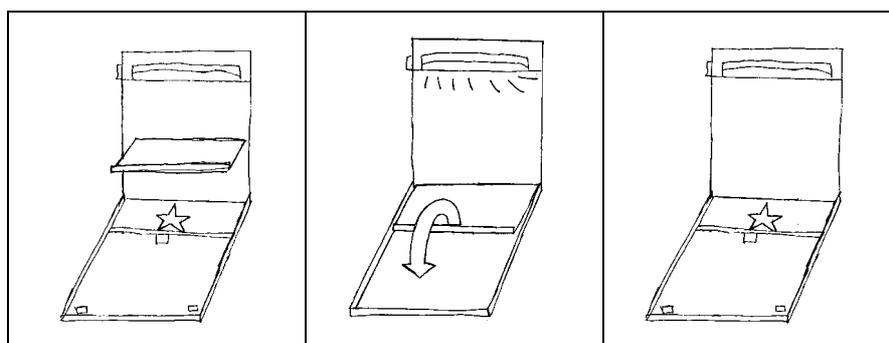


圖 5-5 實驗五裝置及步驟簡圖

柒、 實驗結果

一、 【實驗一】照光時間與夜光星星發光效果的關係

由灰階值曲線圖（圖 6-1）及星星平均灰階值（表 6-1）得知，並不是照光時間愈長，發光的亮度就越強。自開始照光至照光六秒時，亮度隨照光時間增加而增強，照光第六秒後，亮度卻又隨時間增加而減弱，之後又增強，做上下的起伏，與我們的假設不同（附件二）。

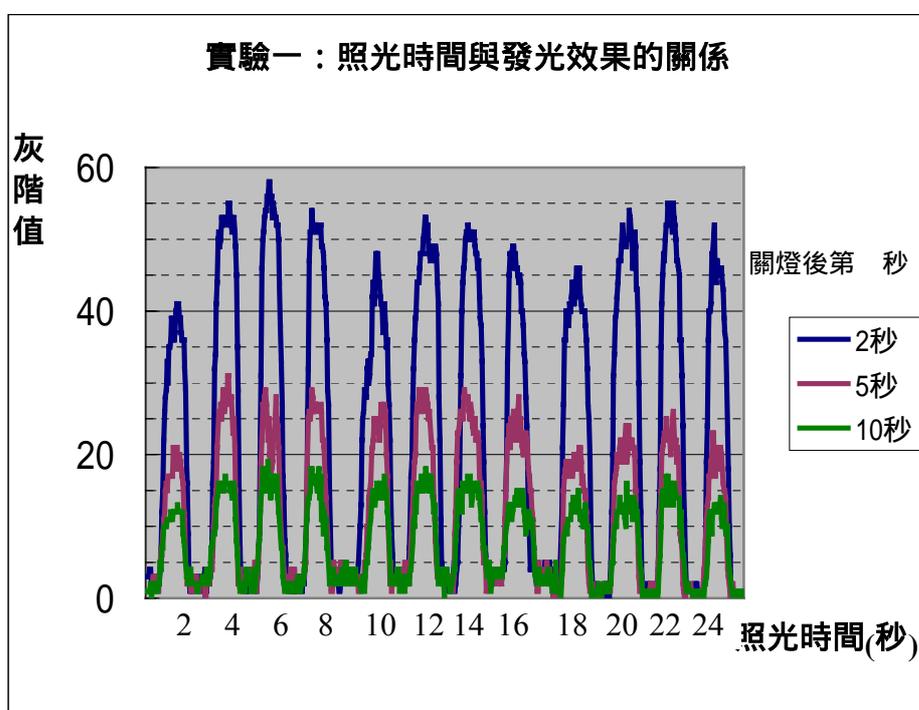


圖 6-1 不同照光時間之夜光星星的發光灰階值曲線圖

表 6-1 不同照光時間之星星平均灰階值

關燈後 秒數 (秒)	照光時間 (秒)											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
2	26.3	33.4	34.6	34.3	31.0	31.7	30.9	31.1	31.3	33.6	34.9	31.3
5	15.5	20.6	20.9	20.7	19.4	19.9	20.0	19.1	15.9	17.7	18.5	16.4
10	11.0	13.5	14.0	13.7	13.4	13.8	13.7	13.1	11.4	12.8	13.2	11.7

二、【實驗二】光源種類與夜光星星發光效果的關係

由灰階值曲線圖（圖 6-2）及星星平均灰階值（表 6-2）得知，同樣的照射時間，紫外燈照射的夜光星星能維持較長時間的亮度；其次為日光燈，燈泡照射的夜光星星之發光效果最差，與我們的假設相同。

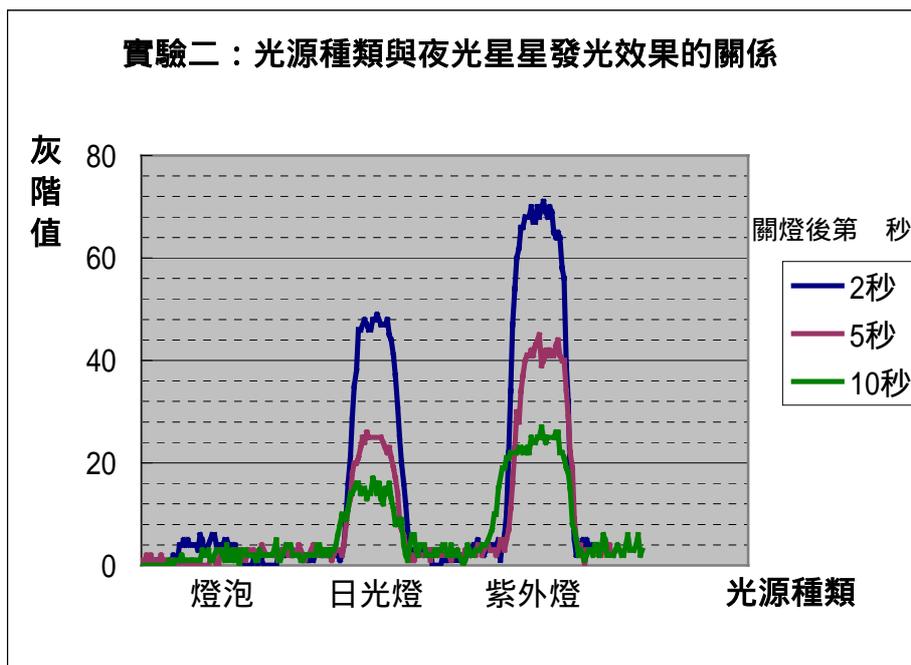


圖 6-2 照射不同光源之夜光星星的發光灰階值曲線圖

表 6-2 照射不同光源之星星平均灰階值

關燈後 秒數 (秒)	光源種類		
	燈泡	日光燈	紫外燈
2	-	31.9	46.3
5	-	19.0	29.6
10	-	13.0	18.5

「-」表示亮度太弱了，軟體無法判斷

三、【實驗三】光的顏色與夜光星星發光效果的關係

由灰階值曲線圖（圖 6-3）及星星平均灰階值（表 6-3）得知，同樣的照射時間，藍光的夜光星星在關燈後第 2、5、10 秒時，都有較強的亮度，其次為紫光，在紅、黃、綠光照射下夜光星星的亮度小於 10，也就是說以電腦視覺來判斷是不亮的。但是在綠光的照射下會比紅光及黃光亮一些。在白光照射下的夜光星星亮度介於紫光及藍光之間。與我們的假設不同。

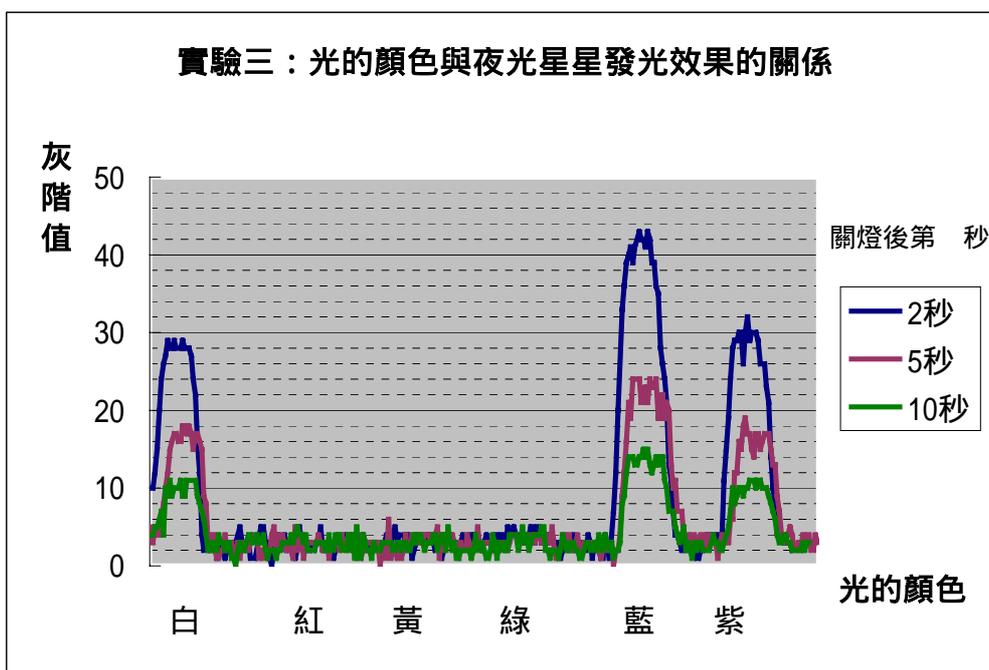


圖 6-3 照射不同顏色的光之夜光星星的發光灰階值曲線圖

表 6-3 照射不同顏色的光之星星平均灰階值

關燈後 秒數 (秒)	光的顏色					
	白	紅	黃	綠	藍	紫
2	16.7	-	-	5.3	21.5	15.9
5	10.8	-	-	-	13.7	10.9
10	8.0	-	-	-	9.9	8.1

「-」表示亮度太弱了，軟體無法判斷

四、【實驗四】不同顏色的夜光星星與其發光效果的關係

由灰階值曲線圖（圖 6-4）及星星平均灰階值（表 6-4）得知，同樣的照射時間，黃綠色的夜光星星在關燈後第 2、5、10 秒時，都有較強的亮度，其次依序為橘色星星、粉紅色星星，藍色星星亮度最弱。

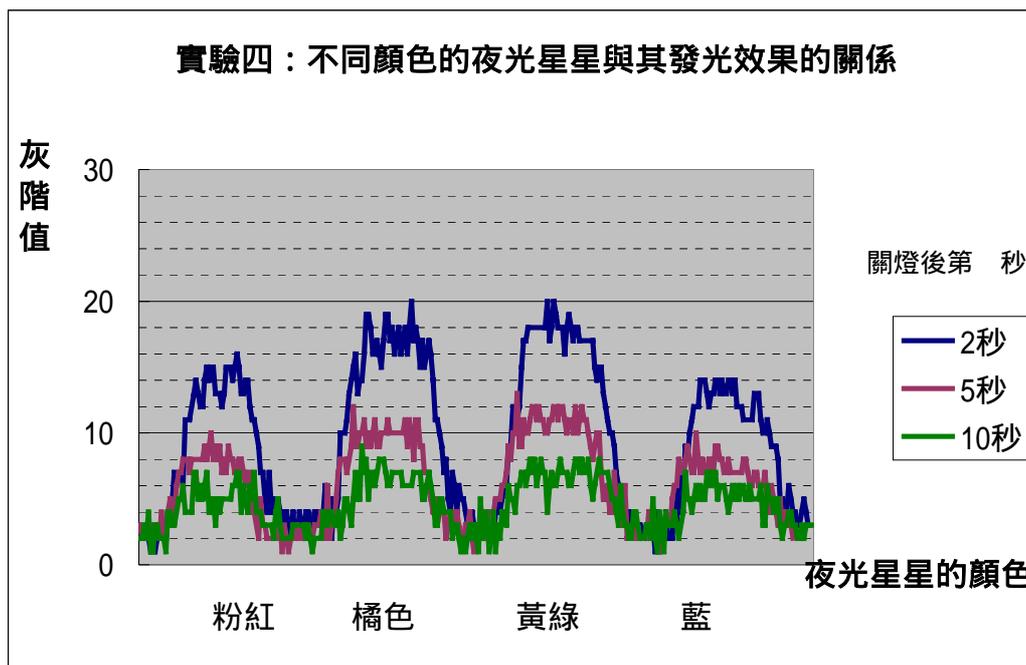


圖 6-4 不同顏色之夜光星星的發光灰階值曲線圖

表 6-4 不同顏色之星星平均灰階值

關燈後 秒數 (秒)	夜光星星的顏色			
	粉紅	橘	黃綠	藍
2	11.9	14.5	15.0	11.5
5	8.6	9.6	10.2	8.6
10	-	-	-	-

「-」表示亮度太弱了，軟體無法判斷

五、【實驗五】不同大小的夜光星星與其發光效果的關係

由灰階值曲線圖（圖 6-5）及星星平均灰階值（表 6-5）得知，同樣的照射時間，大中小星星在關燈後第 2、5、10 秒時的亮度都是差不多的，與我們的假設不同。而且亮度都很低，即使是關燈後 2 秒時，灰階值也不到 20。

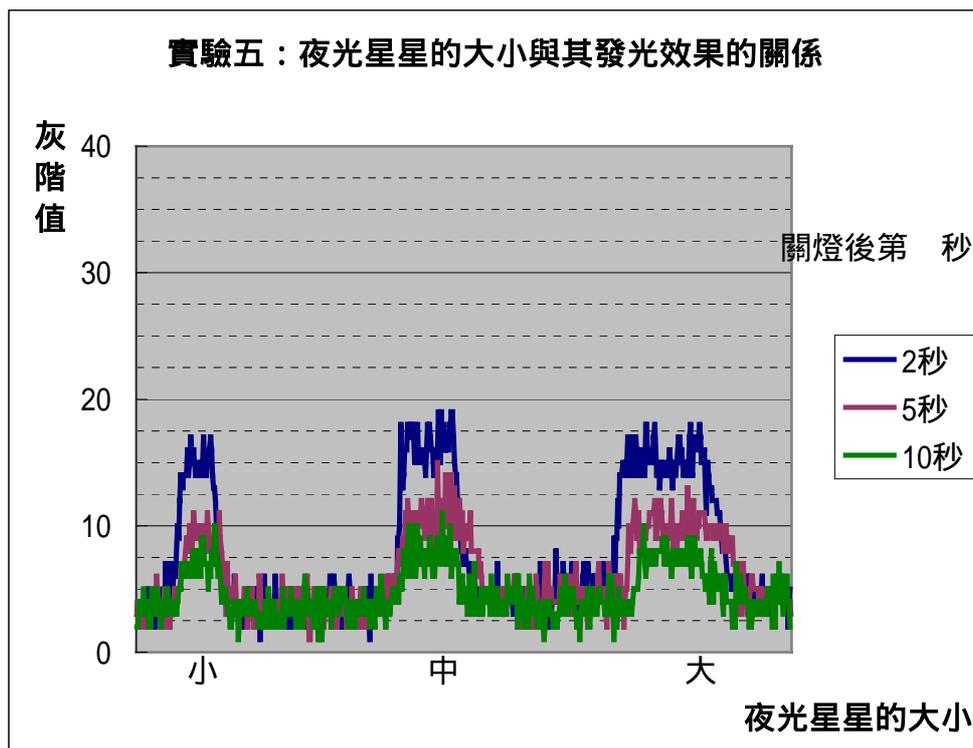


圖 6-5 不同大小之夜光星星的發光灰階值曲線圖

表 6-5 不同大小之星星平均灰階值

關燈後 秒數 (秒)	夜光星星的大小		
	小星星	中星星	大星星
2	15.0	16.6	15.1
5	9.8	10.9	10.0
10	7.2	7.8	7.3

六、夜光星星發光亮度的衰減

照射日光燈 2 秒或是紫外燈 2 秒，關燈後，夜光星星的亮度會隨著時間衰減，圖 6-6 顯示在關燈後 1~11 秒時的星星亮度百分比曲線圖，由圖中得知，星星的亮度隨放光時間增加而衰減，且衰減的速度隨放光的時間增加而減緩，日光燈與紫外燈的衰減速度相近，在關燈後第 3 秒時就已經剩下 50% 的亮度，關燈後

第 10 秒，約剩下 10% 的亮度。將關燈後 1 秒的灰階值當作最大亮度，10 當作最小亮度，所以亮度百分比的計算式為 $(X-10) * 100 / (X_{max}-10)$ 。衰減量的計算式為 $-(X-X_{max}) / X_{max}$ 。

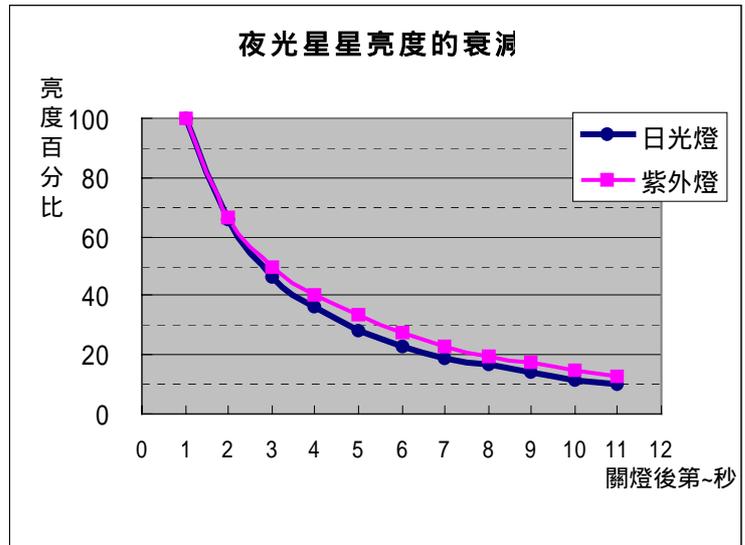


圖 6-6 夜光星星的亮度衰減曲線圖

表 6-6 夜光星星亮度的衰減

關燈後 秒數	日光燈			紫外燈		
	灰階值	亮度 百分比%	衰減量	灰階值	亮度 百分比%	衰減量
1	44.63	100	0%	82.59	100	0%
2	32.83	66	26%	58.16	66	30%
3	26.1	46	42%	46.04	50	44%
4	22.56	36	49%	39.42	41	52%
5	19.82	28	56%	34.18	33	59%
6	17.97	23	60%	30.15	28	63%
7	16.54	19	63%	26.43	23	68%
8	15.72	17	65%	24.05	19	71%
9	14.82	14	67%	22.66	17	73%
10	14.05	12	69%	20.61	15	75%
11	13.55	10	70%	19.13	13	77%

註：數據取自實驗二的影片

捌、 討論

一、 【實驗一】照光時間與夜光星星發光效果的關係

(一) 因為使用的夜光星星是相同的，所以「位於基態的電子數」是一樣多的。

(二) 因為使用的光源是相同的，都是同一個日光燈，所以「激發光的能量密度」是一樣的。

由以上兩點來看發光的亮度應該一樣。但是實驗的結果卻是自開始照光至六秒時，亮度隨時間增加而增強，自照光時間六秒起，亮度卻又隨時間增加而減弱，之後又增強，做上下的起伏。我們猜測可能是因為：每一個電子受激發躍遷的時間不一致所導致的，我們假想的電子躍遷模型如圖 7-1，剛開始有部份的電子躍遷放光 (T1 秒時)，接著最多的電子躍遷放光 (T2 秒時)，最後剩餘的電子躍遷放光 (T3 秒時)，如此便能解釋實驗結果的現象。

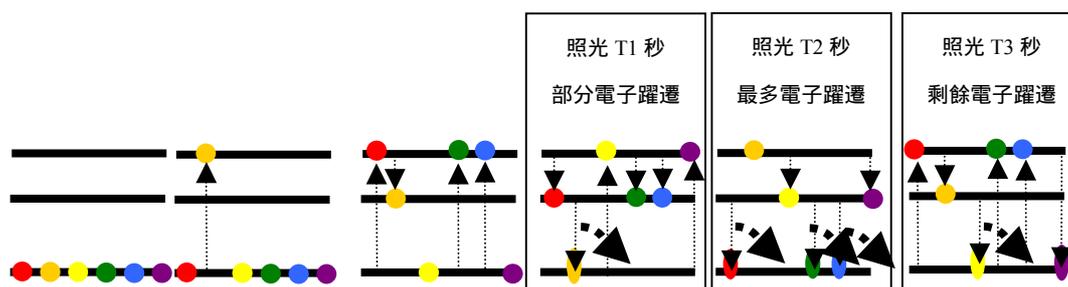


圖 7-1 假想的電子躍遷模型

註：▲：表示放出光。不同顏色的圓皆為電子

實驗建議：

(一) 由於我們所使用的 6W 日光燈約只有 12 公分，而一個小夜光星星約有 2.5 公分寬，所以這個實驗我們必須分成三組進行(一：照光時間為 2,4,6,8 秒。二：10,12,14,16。三：18,20,22,24)，再利用影像軟體將三組的照片接起來進行分析，其缺點是必須在影像處理中調整夜光星星的間距，建議可以使用長燈管。

二、【實驗二】光源種類與夜光星星發光效果的關係

(一) 因為所使用的夜光星星是相同的，所以「位於基態的電子數」是一樣多的。

(二) 但是使用的光源不同，所以「激發光的能量密度」是不一樣的。

在同樣的照射時間下，紫外燈照射的夜光星星能維持較長時間的亮度；其次為日光燈，燈泡照射的夜光星星之發光效果最差。在此實驗中所使用的光源之紫外光含量的多寡為：紫外燈 > 日光燈 > 燈泡。因此「紫外燈中含紫外光的能量密度」 > 「日光燈中含紫外光的能量密度」 > 「燈泡中含紫外光的能量密度」(圖 7-2)，由此，呼應了文獻中「紫外光是能夠使螢光物質發出可見光的激發光」。

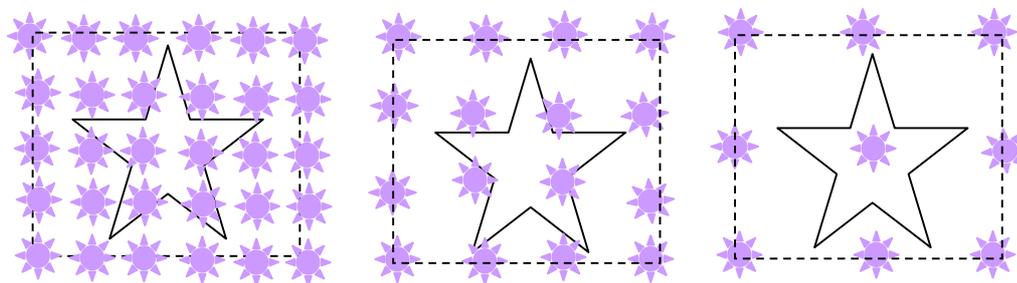


圖 7-2 紫外燈、日光燈、燈泡 (由左至右) 中的紫外光能量密度示意圖

☀ : 表示紫外光

實驗建議：

(一) 在 40 瓦燈泡的照射下，雖然肉眼可以看得到夜光星星的亮光，但電腦視覺卻無法辨識，建議可以嘗試高瓦數的燈泡，或許會提高星星的亮度。

(二) 不同形態的日光燈之光譜範圍不同，本實驗是一般型日光燈，可以嘗試其他型的日光燈，例如：三波長日光燈、太陽神日光燈...等，或許會有不同的結果。

三、【實驗三】光的顏色與夜光星星發光效果的關係

(一) 因為使用的夜光星星是相同的，所以「位於基態的電子數」是一樣多的。

(二) 因為使用的光源是同一個日光燈 (發出的光範圍包含可見光及紫外光)，而且玻璃紙的材質、厚度一致，所以「紫外光的能量密度」是一樣的。

(三) 因為可見光中包含紅、黃、綠、藍、紫光，能量強度為：紅 < 黃 < 綠 < 藍 < 紫光。

我們推測紅、黃光能量弱不足激發電子，而綠、藍、紫光的能量較強能夠激發電子。所以實驗結果在紅光及黃光的照射下，電腦不可辨識，但肉眼可見微弱光，可能是穿透過玻璃紙的少量紫外光所導致。

而紫光的能量大於藍光，理論上應該是紫光照射下的夜光星星較亮，但是實驗結果卻是藍光照射下的夜光星星較亮。根據一般型日光燈的光譜(圖 3-4)我們推測可能與日光燈中藍光比紫光有較強的相對能量有關。

實驗建議：

(一) 購買單色光的燈管來進行此實驗，可提升準確度。

四、【實驗四】不同顏色的夜光星星與其發光效果的關係

(一) 因為所使用的光源是同一個日光燈，所以「激發光的能量密度」是相同的。

(二) 但是使用的夜光星星是不同顏色的，不同顏色的夜光星星是以夜光粉加染料及塑膠原料所製成的，所以「位於基態的電子數」在無法得知彩色星星的製程下，無法判斷其多寡。

根據我們的調查，目前台灣製造夜光星星的廠商，是進口螢光粉再加工製成夜光物，市售的螢光粉有三個顏色：紅、綠、藍，發綠光螢光粉的成分是硫化鋅摻鉛，目前以綠光做得最好，因為好做，發光效益最好，且人眼對綠光的敏感度最高。

五、【實驗五】不同大小的夜光星星與其發光效果的關係

(一) 因為所使用的夜光星星的大小是不同的，但是單位面積中的「位於基態的電子數」仍是一樣多的。

(二) 因為使用的光源是相同的，所以「激發光的能量密度」一樣。

只要是材質相同、照射的光源相同，星星的大小與發光的亮度是沒有關係的。

六、 亮度衰減

當切斷光源後，位於激發態的電子已經固定了，而且電子由激發態跳回基態的時間不一致，若往下跳遷的電子數隨時間減少(如圖 7-3)，可解釋星星的亮度會放光時間增加而衰減。

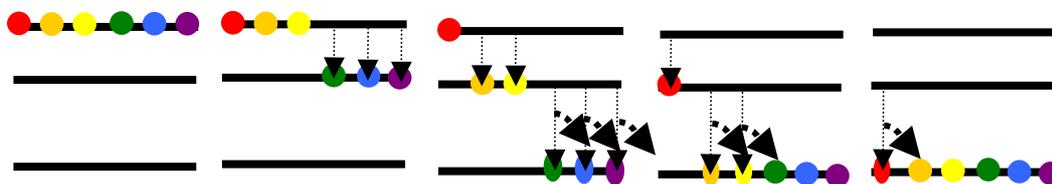


圖 7-3 停止吸光後的假想電子躍遷模型

七、 其他發現：

- (一) 材質的影響：同樣是夜光星星，但卻有許多材質，我們雖然無法得知其原料，但是由外觀可以發現不同。可能是螢光原料或螢光粉用量的不同，而造成材質上的差異，進而影響到發光效果(圖 6-1 6-5)及販售價錢(表 7-2)。

表 7-1 不同材質星星的比較

比較項目	實驗四、五	實驗一 三
	韓製星星	美製星星
觸感	光滑	粗糙
發光時間	短	長
發光亮度	暗	亮
發光效果	差	佳
價位	低	高

- (二) 照光距離的影響：在本研究中，數位相機無法拍攝光源與星星距離超過 30 公分時的星星亮度，由此證明(也可透過肉眼觀察來證明)照光距離越近星星的發光亮度越強。

八、 整體建議：

- (一) 可觀察不同瓦數的日光燈與夜光星星發光的關係。
- (二) 本研究中使用數位相機的八十秒動態拍攝，其缺點在(1)拍攝時間太短。(2).avi 的檔案格式 Inspector 無法開啟，建議可使用 DV 攝影。
- (三) 夜光星星的平均灰階值，可採多次實驗的數據再求平均值，以避免夜光星星本身所造成的誤差。
- (四) 製作星星位置板時，盡量將星星的位置以等距排列整齊以利 Inspector 的分析。
- (五) 研究較精確的照光時間控制方法。在本研究中由於是採人工手動控制，所以照光的最小單位為 2 秒，若有較精確的時間控制方式，可以將照光最小單位縮短為 1 秒，甚至更短。
- (六) 自製夜光星星：本研究無法控制的是夜光星星的材質，因為市面上所賣的夜光星星有美製、韓製及台灣製，包裝盒上並無標示原料，台灣的製造商事進口國外的夜光粉來加工。建議可以嘗試以夜光粉自製夜光星星來控制夜光星星的原料。

玖、 結論

由實驗的結果及討論我們歸納出以下七點結論能使夜光星星有良好的發光效果：

- 一、 只要照射使夜光星星吸光達飽和¹⁰的時間：夜光星星吸光能力有一個飽和值，所以發光強度會有一個極大值。因此，並不是照光時間越長，就吸收越多的能量，就會發出越亮的光。一但達吸光的飽和值，便會開始一邊放光，一邊吸光，所以若希望發出最大亮度，只要照射使夜光星星吸光達飽和的時間就夠了。
- 二、 以紫外燈照射：與日光燈及燈泡相較，紫外燈能夠使夜光星星有最好的發光效果。
- 三、 以藍光照射：如果使用一般型日光燈，可以使用藍色玻璃紙包裹日光燈，如此可以使獲得比紅、黃、綠、紫光及白光更大的夜光星星發光亮度。
- 四、 使用黃綠色的夜光星星：與粉紅、橘、藍色夜光星星相較黃綠色的夜光星星有最好的發光效果。
- 五、 夜光星星的大小與其發光亮度無關。
- 六、 近距離照射。
- 七、 使用品質優良的夜光星星。

總結以上結果，我們所作的結論為：若希望夜光星星亮的又久又亮，必須使用紫外燈近距離照射黃綠色品質佳的夜光星星上，在照射一段時間¹¹後即有最佳的發光效果。

所以我們可以在房間中安裝紫外燈，並在燈的周圍貼上美製的夜光星星，並由房外的開關控制照光的時間，關燈後即可進入房間中欣賞美麗的夜光星星了。

¹⁰ 飽和：在本研究中意指夜光星星吸收最多光的極限時間

¹¹ 照射的時間為夜光星星的吸光飽和時間，與星星的材質、照光的種類及照光的距離有關。

壹拾、 參考資料及其他

- [1] 國語日報辭典
- [2] 大英百科全書
- [3] 劍橋百科全書
- [4] 物理教學/示範實驗教室 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/indexTree.html>
- [5] 光的故事 何志堅著 中山文庫

附件一：老師開講—電子躍遷 V.S 瑪莉兄弟跳跳跳

能階	原子中的電子只能存在於某些特定的、不連續的能量狀態，這樣的能量狀態稱為「能階」。
樓梯	
基態	最低的能量狀態稱為「基態」
一樓	
激發態	其他較高的能量狀態稱為「激發態」
二樓以上各樓層	
電子	物質的最小單位是原子，一個原子中有數個電子。
瑪莉兄弟	社會的最小團體單位是家庭，瑪莉家族中有許多人。
光具有能量	紅外光 < (紅 < 橙 < 黃 < 綠 < 藍 < 紫) < 紫外光
蘑菇可以補充能量	小蘑菇 < 中蘑菇 < 大蘑菇

電子	吸收	了	高能量的紫外光	會由	基態	躍遷到	較高的激發態
瑪莉兄弟	吃		超營養的大蘑菇		一樓	跳到	三樓

, 位於	較高激發態	的	電子	相當不穩定	但是,	它沒有直接跳回	基態
	三樓		瑪莉兄弟	因為有懼高症		他不敢直接跳回	一樓

, 於是	會先跳到	較低的激發態	再	跳回	基態
		二樓			一樓

, 在這個過程中會	放出較低能量的可見光
	吐出小蘑菇

影響放光亮度的原因：1.位於基態的電子數目。

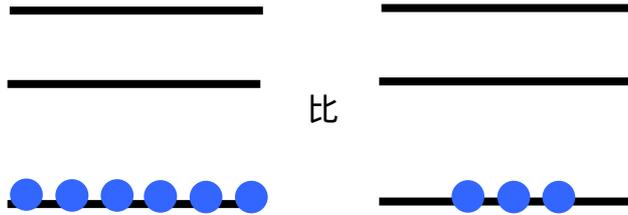
2.可以造成電子躍遷的光之能量密度

比喻為

影響吐出蘑菇數的原因：1.站在一樓的瑪莉兄弟人數。

2.可以讓瑪莉兄弟補充足夠的體力向上跳到樓上的蘑菇量。

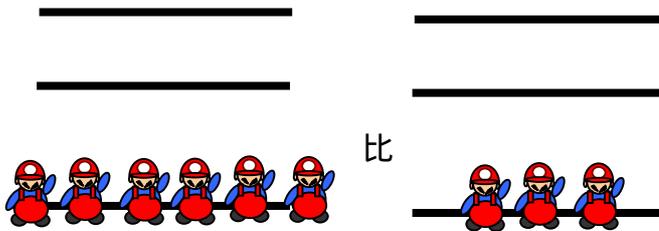
基態電子數越多，放光的亮度越亮。



能放出較亮的光。

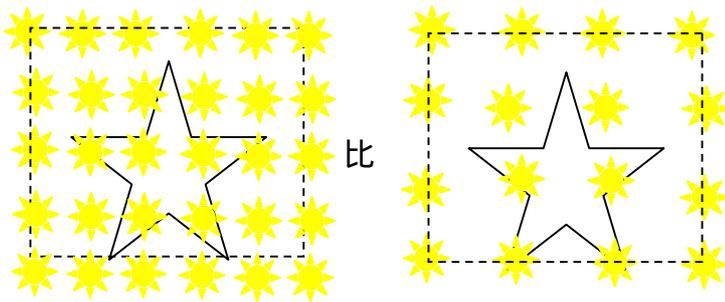
比喻為

站在一樓的瑪莉兄弟人數越多，吐出的蘑菇量越多。



能夠吐出較多的蘑菇

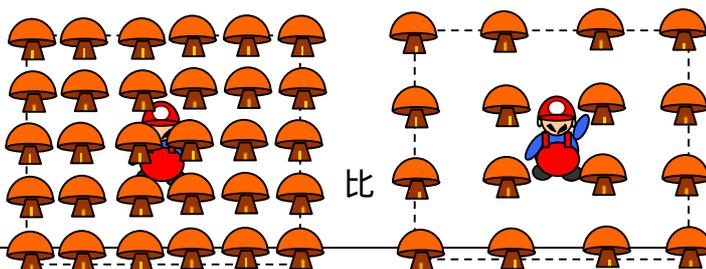
可使電子激發的光之能量密度越大，放光的亮度越亮。



能夠放出較亮的光

比喻為

可以讓瑪莉兄弟補充足夠的體力向上跳到樓上的蘑菇量越多，吐出的蘑菇量越大。



能夠吐出較多的蘑菇。

1. 照光的時間

實驗假設：照光的時間越長，夜光星星亮的越久。

2. 照光的光源

實驗假設：在紫外燈照射後夜光星星的發光效果，其次是日光燈，用燈泡照射的夜光星星的發光效果最差。

3. 光的顏色

實驗假設：用紫光照射的夜光星星之發光效果最好，其次依序為藍 > 綠 > 黃 > 橙 > 紅。而且，白光應該比各色光的效果還好。

4. 夜光星星的大小

實驗假設：大的夜光星星能維持較長時間的亮度，其次依序為中 > 小。

5. 夜光星星的顏色

實驗假設：黃綠色的夜光星星的發光效果最好。

由於數位相機無法拍攝光源與星星距離超過 30 公分時的星星亮度，所以在本研究中，沒有進行「光源與夜光星星的距離與其發光效果之關係」實驗；由於我們無法得知不同品牌夜光星星的材質，所以在本研究當中沒有進行「不同品牌的夜光星星之發光效果」實驗；由於經費及時間的關係，所以在本研究中沒有進行「光源亮度與星星發光效果的關係」實驗；由於我們無法取得相同材質但不同厚度的夜光星星，所以在本研究中沒有進行「夜光星星的厚度與其發光效果之關係」實驗。

附件三：實驗設備及器材說明

- 一、 暗室：沒有光的房間。關掉所有的光源，且拉上窗簾的房間。
- 二、 夜光物品：夜光星星（大、中、小、彩色、各種材質數個）、夜光片。
- 三、 光源：紫外燈（Philips 6 瓦，T16w/08 f6 T5/BLB，263nm）、燈泡（40 瓦）、日光燈（SATELLITE 6 瓦，F6T5b）
- 四、 六色玻璃紙位置板：透明、紅色、黃色、綠色、藍色、紫色。
- 五、 計時器：夜光錶
- 六、 尺：皮尺
- 七、 數位相機：富士數位相機，可拍照片及 80 秒攝影（FUJIFILM40i）。
- 八、 電腦：老師的筆記型電腦，電腦教室的電腦。
- 九、 鋁片：遮光用。
- 十、 位置板：利用珍珠板製成夜光星星位置板，作用在固定夜光星星的位置。
- 十一、 定位盒：利用鞋盒的蓋子製成定位盒位置，其作用在固定夜光星星位置板、數位相機及光源的相對位置及距離。盒上有三個夜光片標示點，作用是能在黑暗中定出相機的放置位置。

附件四：影片處理及分析步驟

● 以【PowerDVD】播放影片 及 捕捉畫面

1. 【選擇來源】--【播放檔案】
 - a. 選擇路徑
 - b. 雙擊檔案，直到要觀看的影片都加入播放清單中。
 - c. 確定
2. 將影片看一遍（注意：關燈的秒數）
3. 將影片【暫停】
4. 分別在關燈後 2,5,10 按【捕捉畫面】。
5. 畫面被存在"C:\Program Files\CyberLink\PowerDVD\Images" 資料夾內
6. 修改檔名。例如【2 日光-5】表實驗 2，光源為日光，關燈後第 5 秒。

● 以【ACDSee】將彩色照片修改成為灰階 256 色照片

1. 在相片所屬的資料夾上按右鍵，選取【以 ACDSee 瀏覽】
 2. 雙擊欲修改的圖片。
 3. 按【編輯器】。
 4. 選擇【色彩】--【256 色灰階】
 5. 選擇【檔案】--【另存新檔】
 6. 指定存入一個以建立的資料夾【灰階照片】中。檔名維持不變。
- p.s 實驗一：不同照光時間的相片必須左右顛倒。按【鏡射】--【水平】

● 以【Inspector】分析星星的灰階值。

1. 開啟舊檔【Open】。打開灰階照片。
2. 選擇欲分析的相片（可一次打開同一項實驗的多張相片，以利比較）
3. 選擇【Line Profile】，在相片上拉出一條線。（注意：這條線必須盡量通過星星的相同位置）
4. 此時軟體已自動繪出曲線圖。
5. 調整畫線的位置，已取得適當的曲線圖。
6. 在曲線圖上按右鍵，選擇複製【Copy】。
7. 將所複製的圖片貼在 Word 上。
8. 在 Word 的圖上，打上該圖片的標題。
9. 完成了！恭喜恭喜！

● 用【PhotoImpact】將數張照片合成一張

1. 開啟舊檔。(按住【Ctrl】可以同時選取一個以上的檔案)。
2. 開新畫布，畫布的大小要放得下三張照片(約 1000*300)。
3. 複製照面：【選取區】的【全選】->【複製】。
4. 在新畫布上按【貼上】
5. 重複 3,4 步驟，並將貼上的照片移開到適當的位置，不要互相遮住了！
6. 如果有星星排列不整齊，使用【變形工具】中的旋轉，將它轉正。
7. 縮短星星間的距離：使用【選取工具】，框選星星 -> 再將移動星星。
8. 剪裁照片：使用【選取工具】，框選出所要的照片大小 -> 再按【編輯】的【剪裁】。
9. 好啦！依實驗定檔名，存檔(注意：只要存新畫布，不要將原始的照片存檔)。

● 算平均值

1. 用工具列【紅框框】的拉框(注意：不要截斷星星了)。
2. 選擇【Analysis】->【Blob】->【New】
3. Swttings：white
Features：Statics (Select)
Segmentation：0-10
按【Count】
4. 完成，平均值見【Mean pixel】欄，注意：星星編號。
5. 依照實驗設定檔名，存檔(注意要存：1.平均值表格。2.藍框星星圖，這兩個檔就好了)。

● 將數張曲線圖合而為一

先從【Inspector】的曲線圖中判讀曲線的灰階值：

1. 用【Inspector】開啟舊檔【Open】灰階圖片。
2. 選擇【Line Profile】，在相片上拉出一條線。(注意：這條線必須盡量通過星星的相同位置)
3. 此時軟體已自動繪出曲線圖。
4. 在曲線圖上按右鍵，選擇【View Date】。
5. 在數據上按右鍵，【全選】。
6. 再按右鍵，【複製】。

把資料貼在【Excel】中：

7. 選擇適當的儲存格，將資料【貼上】。
8. 重複以上步驟 1~7 直到三條曲線的灰階值資料(關燈後 2,5,10 秒)都貼在 Excel 裡。

利用數據資料畫曲線圖：

9. 按【圖表精靈】。
10. 選【折線圖】的第一種，【下一步】。
11. 數列：【新增】->【數值】鈕
12. 將 Pixel grey 直欄裡的數據拉框，框起來。
13. 再按一次【數值】鈕。

14. 在名稱欄裡打入：2 秒（或 5 秒，或 10 秒）
15. 重複步驟 11~13，直到關燈後 2,5,10 秒的灰階值數據都加入了，此時繪有三條曲線圖。
16. 【下一步】。
17. 標題：圖表名稱：實驗一
X 軸：照光時間
Y 軸：灰階值
座標軸：只有數值 Y 軸打勾
18. 在工作表的標題【Sheet1】上面快按兩下，更改名稱為【實驗一】。
19. 存檔為：實驗結果。
20. 【完成】，終於完成了，小小年紀，真是太厲害了！恭喜恭喜！

附件五：實驗影片檔名

實驗所拍攝的影片存放於電子檔中 movie 資料夾]內，

【實驗 1】照光時間：2-4-6-8.avi

【實驗 1】照光時間：10-12-14-16.avi

【實驗 1】照光時間：18-20-22-24.avi

【實驗 2】照射光源：燈泡.avi

【實驗 2】照射光源：日光燈.avi

【實驗 2】照射光源：紫外燈.avi

【實驗 3】不同色光：白紅黃綠藍紫.avi

【實驗 4】四色星星.avi

【實驗 5】大星星.avi

【實驗 5】中星星.avi

【實驗 5】小星星.avi