

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 物理科

080103

浮光掠「螢」---探討螢光物質的發光特性

學校名稱：臺南市東區復興國民小學

作者： 小六 魏渝睿 小六 李欣諭 小六 陳奕岑	指導老師： 蔡佳錚 李孟娟
---	-----------------------------

關鍵詞：螢光物質、螢光光譜、雷射光

摘要

為了探討螢光物品的發光特性，我們自製簡易的螢光拍攝裝置來拍攝光譜影像，並分析光譜特性。把貼有光柵的手機鏡頭對著被雷射光照射的螢光物品，就可以拍攝到螢光物品所發散出來的螢光光譜。從光譜照片中測量出的螢光中心與螢光範圍的相對距離，分析歸納後發現，不同雷射光源、不同螢光物質的顏色、材質、濃度都會影響光譜的亮度和色光的分布情形。我們將不同比例的紅色與綠色螢光混合液體的光譜，用 Excel 軟體畫出相對波長與強度關係的波形圖，可以看出混合液體中的顏色比例，也驗證了橘色與黃色是由三原色中的紅色與綠色組合而成的特性。

壹、研究動機

有一次用綠光雷射筆照射到紅色紙盒上和螢光紅的筆蓋上，發現紙盒上的光點仍然是綠光，但是在螢光色物品上的光點卻不是綠光，而是變為橘黃色的光，這個現象引起我們的好奇，是不是螢光物體在光源照射下會發出不同顏色的光呢？因此我們研究以一個簡易拍攝螢光光譜的方法，並針對不同光源、螢光顏色、材質、濃度以及不同顏色比例混和液體等實驗條件，進行光譜的分析，以了解影響螢光物質發光的特性。

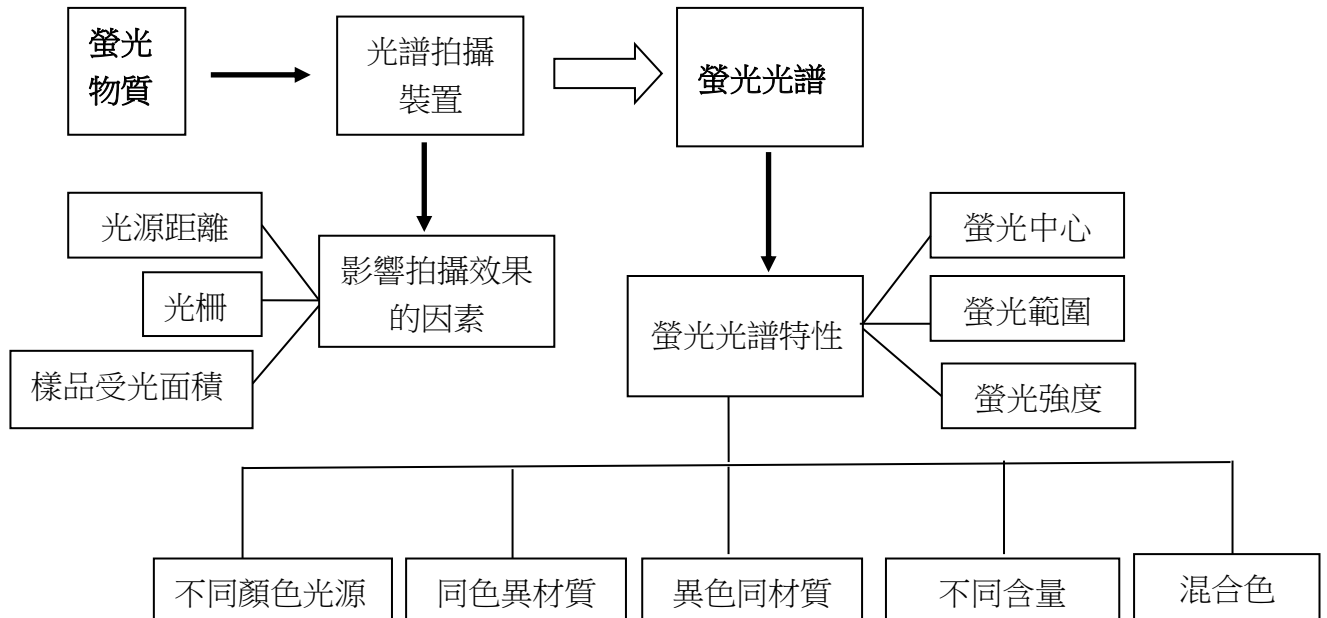


圖 1 不同物品在雷射筆照射下的光點

貳、研究目的

- 一、設計拍攝螢光光譜的裝置
- 二、探討不同螢光物品在不同顏色雷射光照射的光譜特性
- 三、探討相同材質不同螢光色物品的光譜特性
- 四、探討相同顏色不同材質螢光物品的光譜特性
- 五、探討不同螢光物質含量的光譜特性
- 六、探討不同比例的螢光色混合物的光譜特性

參、研究架構圖



肆、研究原理

(一)分光的特性

不同波長的單色光具有不同的顏色，稜鏡可以將一種複色光裡含的不同顏色光分開，讓光呈現原來光譜的成分。因為折射率與光的波長有關，混合著各種波長的白光進入稜鏡時，不同波長受到了不同程度的偏折。藍光折射率較高，偏折的比紅光多。所以當稜鏡能把白光進行分光，我們所看見的就是紅、橙、黃、綠、藍、紫，自然界的彩虹就是個藉由折射看到光譜的例子。

(二)螢光光譜：

不同的顏色光代表了不同的能量，光的能量按照紅、橙、黃、綠、藍、紫由低到高來排，當顏色能量較高的光源照到具有螢光特性的物質，能激發出較低能量顏色的光，就稱為**螢光**，螢光的發光分布就是螢光光譜。

例如：綠光照射到紅色的螢光物質上就會產生紅色螢光；但如果是綠光照到藍色螢光物質就不會產生藍色螢光了，因為綠光能量小於藍光。不同螢光物質會有不同的發光分布，因此可以藉由發光分布現象來了解物質的螢光特性，例如某一綠色螢光，是單一顏色的光嗎？還是包含很多顏色？若是的話，那這些顏色光的成分多寡又是如何分布？。

(三)光的波長：

波是一個周期性的震盪，一個最高峰到另一個的最高峰就是一個波長，而不同的顏色也有不同的波長。依不同物質的光譜波長強度，可以知道各種顏色螢光含量，藍色螢光含量較多者，藍色的波長強度也越高。

(1)藍紫光為能量最高者其次是(2)綠光、(3)黃光(4)紅色為能量最低者

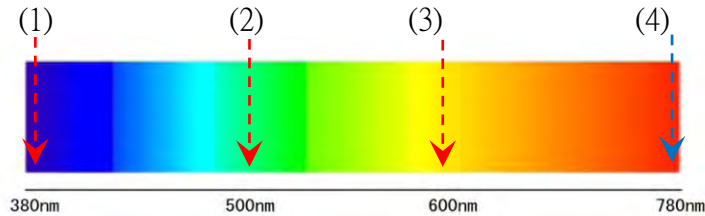


圖 2 各色光的光譜

(四)光柵：

光柵和稜鏡一樣具有分光效果，而且光柵的分光效果較佳，還可以做成薄薄的一片，實驗中非常的方便，因此我們選擇利用光柵的分光效果來分析螢光的光譜組成，圖 2 即是我們使用的光柵。光柵和稜鏡的不同是光經過光柵後會產生週期性的分光，如圖 3，中間的兩片透明片，將光源照射過後在牆上就會產生週期性的亮點，這些亮點的距離也相近，所以我們利用這些等距離來作為我們的光譜測量的基準，所以我們可以藉由光柵分光和週期性的性質，來得到螢光的光譜分布。



圖 3-1 實驗中使用的光柵圖 3-2 光柵上的隱形圖 4 經光柵照射的週期性分光

伍、研究設備和材料

- 一、實驗設備：測量台、黑布、手機、照相機、光柵、雷射筆、比色槽、電腦及軟體。
- 二、實驗材料：螢光標籤紙、螢光塑膠、螢光膠水、螢光液體、黏土。

陸、研究過程與結果

研究一、設計拍攝螢光光譜的裝置

(一)、實驗步驟：

1.裝置螢光光譜拍攝暗箱：

拍攝螢光時為避免其它光線的干擾，影響拍攝效果，因此需要在暗箱內拍攝。

第一代：把家中廢棄的置物鐵架內外包上黑布做成暗箱，置物平台放置實驗器材成為操作台如左下圖，但體積很大，重量很重，改良成第二代裝置。

第二代：利用影印紙 A4 紙箱內外包上黑布做成暗箱，體積小，重量輕，方便攜帶。

第一代拍攝箱	第二代拍攝箱
	
拍攝螢光用的暗箱外觀(鐵架)	拍攝螢光用的暗箱外觀(紙箱)
	
將要測試的螢光物品放入樣品台，利用雷射筆照射，再透過光柵拍攝發散出的螢光	

2.暗箱內光譜拍攝裝置如下：

A.裝置器材：手機、光柵、手機架、實驗樣品台、雷射筆、雷射筆開關、膠泥。

B.暗箱內拍攝裝置如下：

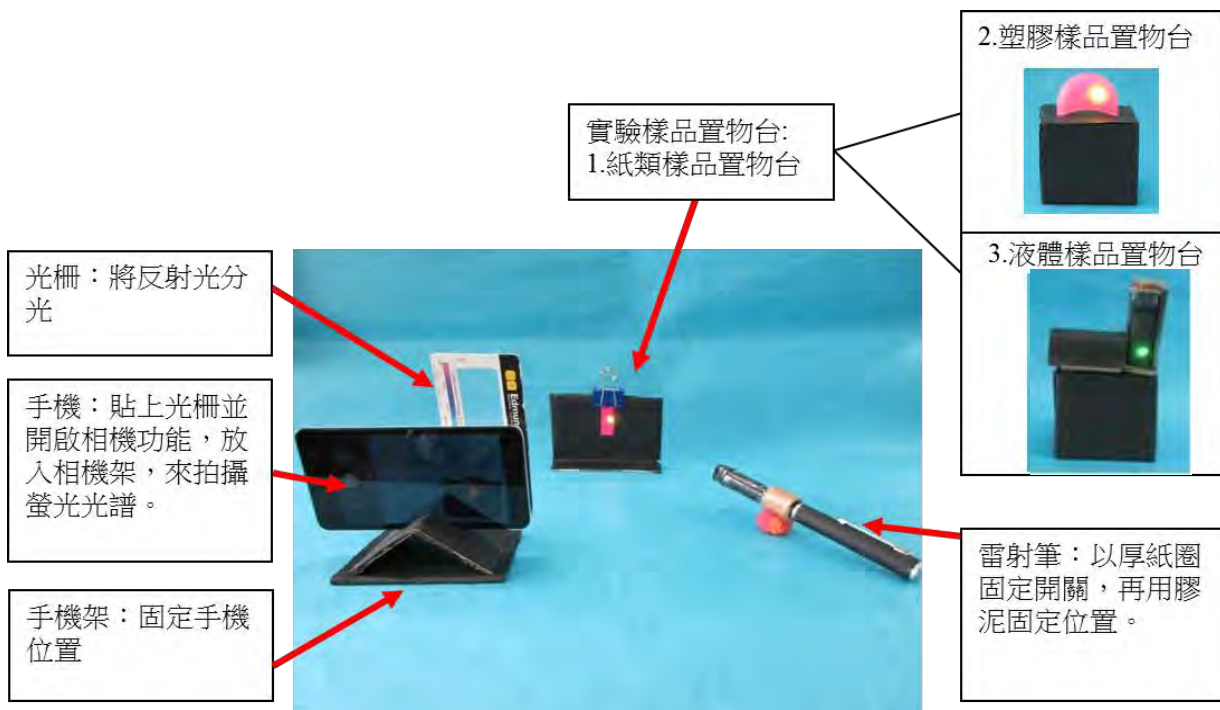
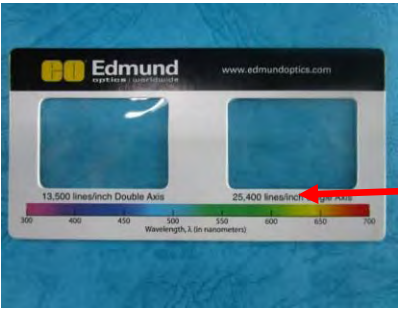
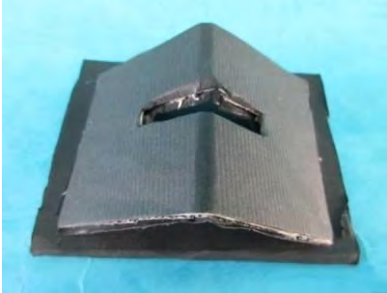


圖 5 暗箱內的拍攝裝置

C.裝置說明與功能：


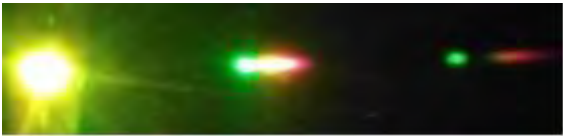
零件名稱	實物	裝置方式	功能
一、 拍攝用具		選擇光柵線條數較多的那一邊黏貼在手機鏡頭上。	光柵的分光效果可以將螢光物質的反射光分出許多顏色光。
		利用厚紙板，折成鈍角，並在鈍角的那一端，剪裁出一個剛好能放下手機的洞。	固定手機，使手機在拍照時避免發生晃動。












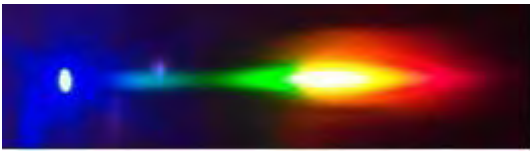

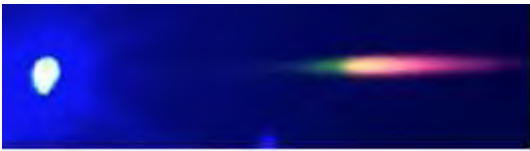


	<p>手機</p>		<p>將手機放入手機固定架上，固定機身，以便拍照。</p>	<p>將透過光柵的光光譜拍攝下來。</p>
<p>二、實驗樣品置物台</p>	<p>紙類樣品置物台</p> <p>置物檯</p>	  	<p>紙類樣品置物檯: 將要拍攝的螢光貼紙用長尾夾夾在固定上。</p> <p>塑膠樣品置物檯： 在放塑膠螢光物品時，直接將塑膠物品放在置物檯上。</p> <p>螢光液體置物檯: 放螢光液體的時候，要用紙板製成正方形的卡軸，讓液體的瓶子能放進去，並挖一個小洞，讓光源能照進去。</p>	<p>紙類樣品置物檯： 可以使紙在照射拍照時，不會因風的吹動而使紙飄動。</p> <p>置物檯可以使要照射的塑膠螢光物品墊高，就不會因樣品高度太低，光源不易照到。</p> <p>置物檯還可以使螢光液體瓶在拍攝的時候，穩住液體瓶，不會因微小的晃動而倒下。</p>




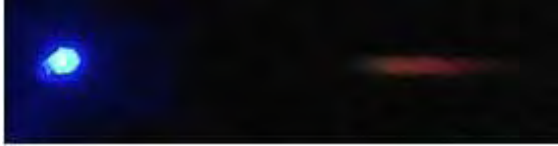

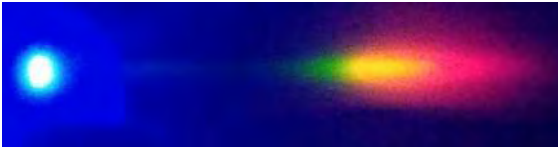






				
三、 光源	雷射筆		雷射筆會用膠泥墊高，並用開關固定紙圈來控制雷射光開關。	雷射筆照射在螢光物品上，使相機透過光柵得以拍出螢光
	雷射筆開關固定紙圈		雷射筆開關固定紙圈是用厚紙板，捲成一圈後，將它套上雷射光的開關上。	雷射筆開關固定紙圈可以使在拍照時，手不用伸進暗箱中。
	雷射筆固定膠泥		把膠泥放置在雷射筆底下墊高雷射光方便調整高度。	膠泥可以墊高雷射光，讓雷射光可以精準照射到螢光物品。

(二)、測試結果：

將會影響拍攝結果的因素整理如下：

拍攝裝置的條件		光譜拍攝結果	說明
光柵線條密度	13500 條/英寸 		這張拍攝出的螢光不成功，因為它散發出的螢光的距離太近，而且分光效果也很差，光譜也會不斷的變弱，光譜中心的光亮也過強。

	<p>25400 條/英吋</p> 		<p>這張拍攝出的螢光就很成功，因為它所呈現的螢光距離並沒有相隔太近。</p>
光柵與手機的距離	<p>與鏡頭分開一段距離</p> 		<p>這張所拍攝出的螢光，由於光柵離手機的距離太遠，因此拍出的螢光不完整，且顏色的分光效果也不好。</p>
	<p>緊密貼合在手機鏡頭上</p> 		<p>這張所拍攝出的螢光，離手機的距離很近，拍出得螢光不但完整，各顏色也分得很明顯。</p>
拍攝器	<p>相機</p> 		<p>用相機拍照時，由於相機它會自控制曝光及濾光功能強，因此拍出的螢光照片光很弱。</p>
	<p>手機</p> 		<p>用低階手機拍時，手機不會過度修正照片品質，反而容易直接呈現光譜特性。</p>
雷射筆與樣品的距離	<p>距離樣品較近</p> 		<p>雷射光離樣品太近會造成拍出的光譜中心過亮，造成整片螢光太強而曝光過度。</p>
	<p>適當距離</p> 		<p>雷射光在適當的距離照射螢光物品，所造成的螢光剛好，並不會太亮。</p>
紙類樣品照光範圍	<p>整面照光</p> 		<p>曝光過度太亮，光譜會過亮。</p>

	只留一個孔洞照光 		貼上圓孔黑紙縮小受光面，光譜不會那麼亮。
塑膠類 樣品照 光範圍	只留一個孔洞照光 		當雷射光照在經過遮光的螢光筆塑膠筆蓋上時，遮光的效果不佳，因為螢光變得很不清楚、很模糊。
	無遮光 		當雷射光照在沒有遮光的螢光筆塑膠筆蓋上時，雖然是照在大範圍的物品上，但因為塑膠的反光效果較差，所以可以拍到較清楚的光譜。
液體樣 品照光 範圍	無遮光 		當雷射光照射在螢光液體上，而且無遮光，會使光源過亮，找不到中心點。
	只留一個孔洞照光 		當雷射光照射遮光後的螢光液體時(用厚紙版遮住，並在紙板上挖一個孔洞)，照出的螢光照片，分光效果佳，光也不會過亮。
是否為 螢光物 品	非螢光物 品		當雷射光照射在不含螢光的物質上，不會產生螢光光譜。
	螢光物品		當雷射光照射在含有螢光的物質上，會產生螢光光譜。

(三)、發現與討論：

- 1.利用雷射光照射在螢光物品上的反射光，透過光柵的分光效果由手機就可以拍到螢光光譜。
- 2.發現可以成功拍出螢光光譜的條件整理如下：

- (1).暗箱中要完全暗，所以要貼上黑布，如果有漏光的情形拍出來的螢光光譜會很弱而且會出現其他來源光的光譜。
- (2).光柵要利用線條數較多的拍攝，分光效果好，拍攝出的效果會較佳。
- (3).光柵要緊貼在鏡頭上才可以拍出較為清晰的螢光光譜，而手機鏡頭可以跟光柵緊貼所以拍攝效果會較佳。
- (4).要調整雷射筆的距離，太近光會太強，使相機拍出的照片會曝光過度，太遠光會太弱，拍出的螢光會很小。
- (5).紙類和液體類的實驗樣品拍攝時要用黑紙遮住樣品，只留一個小部分照光，以免因反射光點太大，而產生螢光範圍的重疊。
- (6).非螢光物質在雷射光照射下幾乎看不見分光光譜，只有一個雷射光點。雷射光是單色光，經過螢光物體反射後出現多色光，可見螢光物質吸收雷射光之後反射的光不是單顏色。

研究二、探討不同螢光物品在不同顏色光照射下的螢光光譜特性

(一)、實驗步驟：

- 1.蒐集不同種的螢光物品，包含各色的螢光色紙、螢光塑膠及螢光液體。
- 2.準備三種不同顏色光的雷射筆來照射螢光物品，包含紅光、綠光、藍光。
- 3.螢光色紙的拍攝方式：

將各種顏色的螢光色紙用長尾夾固定樣品台，分別用紅、綠、藍雷射光照射在色紙上，用手機透過光柵將螢光光譜拍攝下來。

4.螢光塑膠筆蓋的拍攝方式：

把各種顏色的螢光塑膠筆蓋放置於拍攝台上，分別用紅、綠、藍雷射光照射在塑膠筆蓋上，用手機透過光柵將螢光光譜拍攝下來。

5.螢光色筆筆芯製作螢光液體的拍攝方式：

把螢光色筆中的筆芯取出，在燒杯中加入 20 毫升的水，將筆芯放進水裡，等待筆芯中的螢光液體溶入水中，把溶出的螢光液體倒入比色槽中，放置於測量台，分別用紅、綠、藍雷射光照射在比色槽上，用手機透過光柵將螢光光譜拍攝下來。





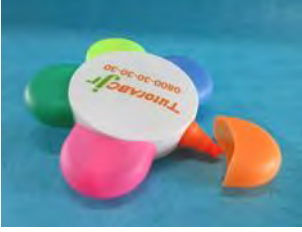



- 6.在小畫家中打開所有拍攝照片，將螢光光譜剪下來，剪貼在實驗結果上。



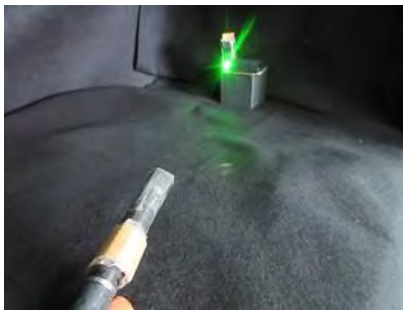


準備紅綠藍三種不同顏色的雷射筆



準備不同材質不同顏色的螢光物品

			
不同螢光色的貼紙	貼紙固定在置物檯上	利用雷射光照射貼紙	利用手機將光譜拍下
			
不同螢光色塑膠筆蓋	筆蓋固定在置物檯上	利用雷射光照射筆蓋	利用手機將光譜拍下

		
取出筆芯	筆芯泡水	將螢光液體倒入比色槽中
		
不同顏色的螢光液體	將比色槽放在置物檯裡	
		
照射雷射光	利用手機將螢光光譜拍下	




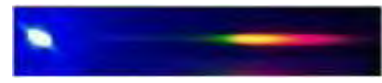



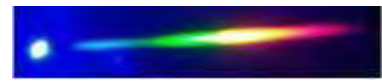



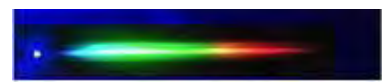



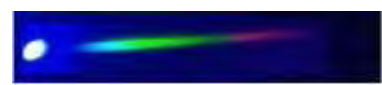




剪貼螢光光譜

<p>利用小畫家打開照片</p>	<p>剪裁螢光光譜</p>	<p>黏貼到實驗結果上</p>

(二)實驗結果

不同顏色的螢光在不同光源照射下的螢光光譜

		雷射光		
		紅光	綠光	藍光
螢光色紙	螢光粉			
	螢光橘			
	螢光黃			
	螢光綠			
	螢光藍			
螢光塑膠	螢光粉			
	螢光橘			
	螢光黃			
	螢光綠			
	螢光藍			

螢 光 液 體	螢光粉				
	螢光橘				
	螢光黃				
	螢光綠				
	螢光藍				

(三)發現與討論：

1.發現不同顏色的雷射光照射在不同螢光物品上，包含紙類、塑膠類、液體類，都得到相同的結果如下：

- (1) 紅光雷射照射在所有的螢光物品，都不會產生螢光光譜
- (2) 綠光雷射照射在紅色、橘色、黃色(少數)的螢光物品上，會產生光譜，而照在綠色、藍色的螢光物品則不會產生光譜。
- (3) 藍光雷射筆照射在紅色、橘色、黃色、綠色四種的螢光物品都會產生螢光光譜
- (4) 用綠光雷射照射的螢光光譜有明顯的紅黃綠三種色光；用藍光雷射照射的螢光光譜包括紅黃綠藍四種色光的範圍。

2.照射光的能量與螢光物質的顏色會影響光譜的形成以及光譜的色光。

歸納上面的現象發現，照射光的能量如果比螢光物質顏色光的能量低的就無法形成光譜。表示螢光物質吸收照射光之後，會放出比照射光的能量還低的螢光。就像

- (1) 紅色雷射光的能量低，所有顏色的螢光物質吸收紅光能量後，發散的螢光能量都在紅光以下，所以無法看見其他可見色光，因此沒有螢光光譜的效果。
- (2) 綠色雷射光的能量只高於紅光和黃光，所以紅色與橘色螢光物質吸收綠光後發散出的螢光是比綠光能量低的紅、黃光，因此無法發散出比綠光能量高的綠、藍光。
- (3) 藍色雷射光的能量高，因此各種螢光物質吸收藍光後發散出的螢光，是比藍光能量低的紅色、橘色、黃色、綠色和藍色的螢光。

3.發現不同螢光色物質的光譜亮度和分布範圍有些差異。

- (1) 一個光譜中都有一個或兩個特別胖，特別亮的地方。
- (2) 有些光譜的紅色部分特別長，有的是綠色特別長。

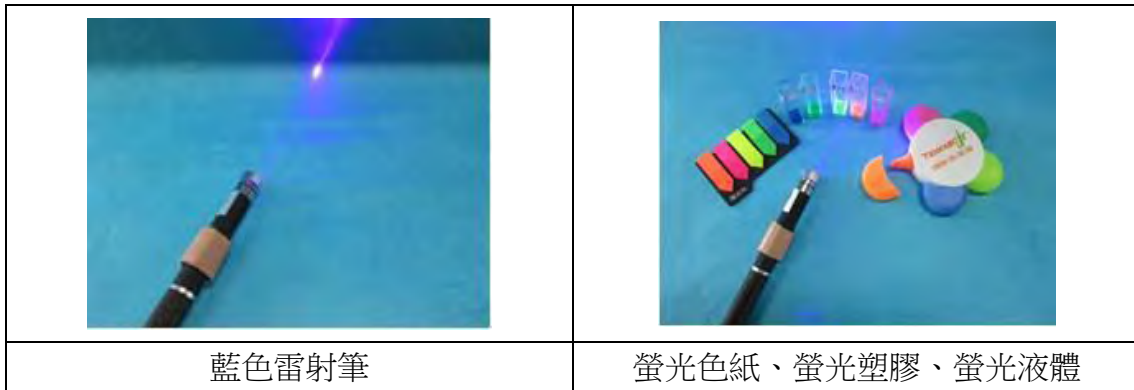
這些現象是不是和螢光的顏色和材質有關呢？我們接著進行下面實驗來探討。

研究三、探討相同材質不同螢光色物品的螢光光譜特性

(一)實驗步驟：

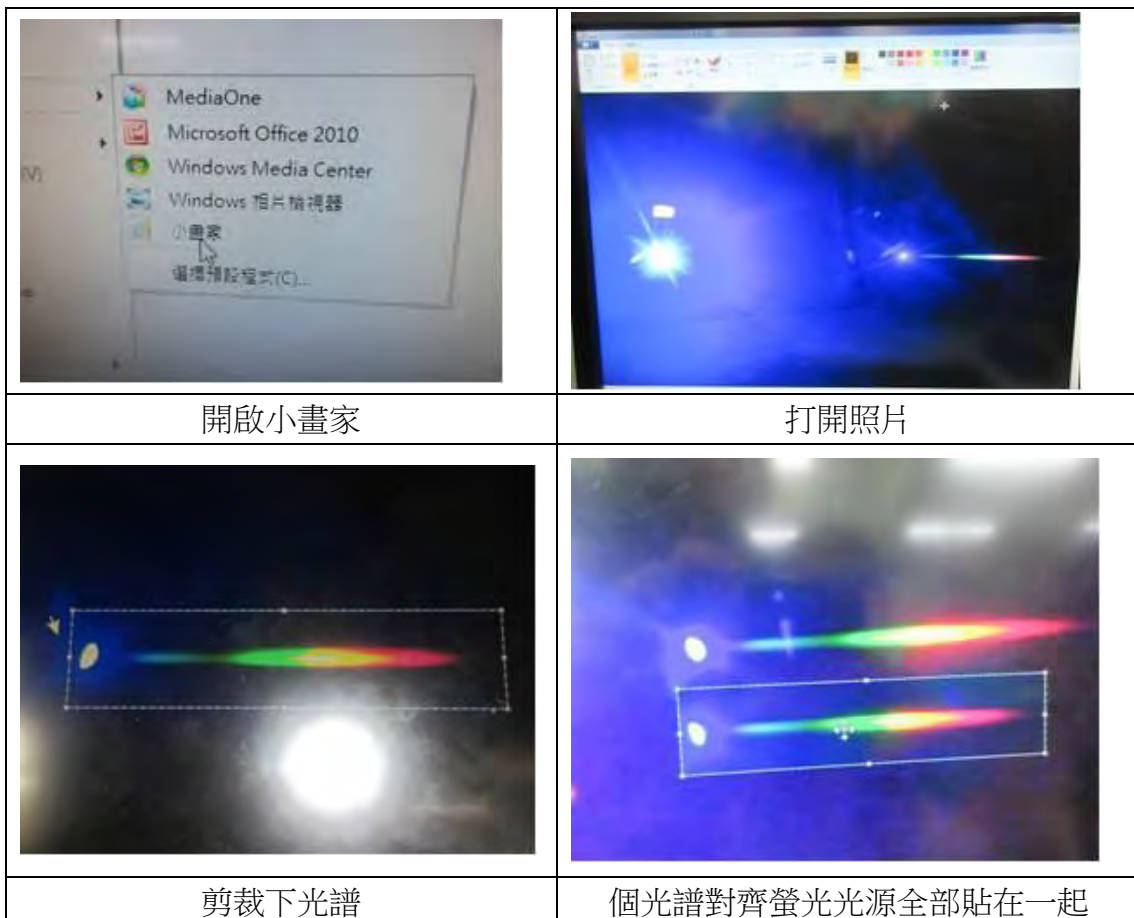
1.拍攝螢光光譜：

(1)利用藍色雷射筆分別照射螢光色紙、螢光塑膠、螢光液體，經過光柵的分光，再利用手機拍攝出它的光譜。每一次拍攝時都要確定實驗樣品、雷射筆和手機三者的距離不變。

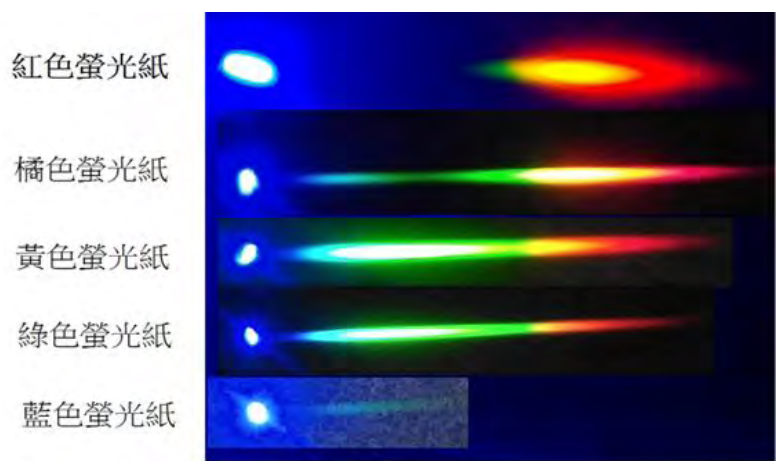


(2)光譜結合圖的作法如下：

- a 把要結合起來的各張光譜圖利用小畫家開啟。
- b 將各張照片調成相同的倍數。
- c 將光譜剪下，把所有的光譜全部貼於同一張上，將所有的光譜對齊，並標上各螢光物品的名稱。



光譜結合圖成品如下圖



2.測量各色光分布範圍：

<p>將拍攝的照片利用 Microsoft office 打開</p>		<p>數位游標尺</p>
<p>測量雷射光源與螢光光源的距離</p>		<p>測量光譜中心的距離</p>

3.測量各色光分布長度的方法



圖 6 螢光光譜圖

圖 6 中各個數值說明如下:

A：雷射光源到螢光光源的距離

B：光譜中心的距離，螢光光源到光譜中心的距離

C：螢光長度

B/A = 光譜中心與雷射光源的相對距離

C/A = 螢光長度與雷射光源的相對距離

註：因為螢光長度和光譜中心距離會因為照片放大比例而改變所以用相對距離來表示

(二)實驗結果

相同材質不同螢光色物品的光譜特性

螢光紙 顏色	藍光照射產生的光譜	光譜中心 相對距離	螢光範圍 相對長度
紅色螢光紙		0.409	0.327
橘色螢光紙		0.405	0.414
黃色螢光紙		0.229	0.514
綠色螢光紙		0.204	0.463
藍色螢光紙		0.147	0.156

註： ↓ 是指明顯亮帶的光譜中心 ↓ 是指第二亮帶的光譜中心

螢光塑膠 顏色	藍光螢光光譜	光譜中心 相對距離	螢光範圍 相對長度
紅色塑膠		0.387	0.36
橘色塑膠		0.382	0.464
黃色塑膠		0.21	0.419
綠色塑膠		0.168	0.28
藍色塑膠		0.165	0.211

螢光水 顏色	藍光螢光光譜	光譜中心 相對距離	螢光範圍 相對長度
紅色液體		0.427	0.318
橘色液體		0.349	0.404
黃色液體		0.182	0.445
綠色液體		0.196	0.402
藍色液體		0.187	0.196

(三)發現與討論

- 從不同螢光色的光譜中看出，有的光譜的中心只有一個，有的有兩個。
- 只有一個光譜中心的是，粉紅色螢光色紙、綠色螢光色紙、藍色螢光色紙的光譜。
- 有兩個光譜中心的是，橘色螢光色紙和黃色螢光色紙的光譜。
- 螢光光譜中心位置隨著色紙紅、橙、黃、綠、藍的順序一直往藍光移動。
- 出現這個現象的原因應該是紅色、綠色、藍色是光的三原色，所以只有一個光譜中心；而橘色、黃色不是三原色，而是由兩種以上的原色合成，所以出現兩個光譜中心。
- 光譜中心的顏色與色紙的顏色不完全相同。
 - 以三原色色紙來看：紅色色紙的光譜中心顏色有點偏黃色，綠色色紙的光譜中心顏色主要是綠色，藍色色紙的光譜中心主要是藍色。
 - 以非三原色色紙來看：橘色色紙的光譜中心顏色是介於紅黃色之間，綠色其次，黃色的光譜中心的顏色是綠色較亮，紅色其次；由此可知，橘色螢光色紙和黃色螢光色紙都是由紅色加綠色所組成，而且橘色色紙的紅色成分多於綠色；黃色螢光色紙的綠色成分多於紅色成分。
- 塑膠類的螢光光譜也呈現和螢光色紙相同的結果。
- 紅色液體、橘色液體、黃色液體、藍色液體的螢光分布結果，都跟螢光色紙和螢光塑膠的光譜中心位置與螢光顏色組成相近。


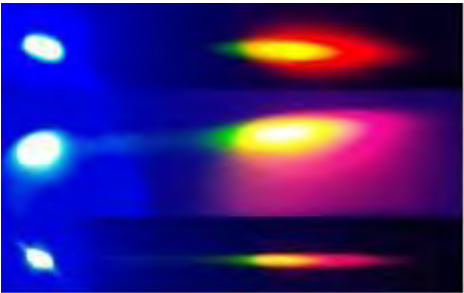











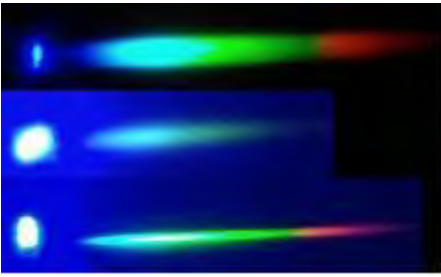


研究四、探討相同螢光色不同材質物品的光譜特性

(一)實驗步驟

- 找出相同的顏色不同的材質有:各色色紙、各色塑膠螢光筆筆蓋、各色螢光液體。
- 以藍光為光源，依據研究二中的光譜取得的步驟來得到光譜，利用光譜分布的測量方法，計算出光譜中心的相對距離數值

(二)實驗結果

相同顏色不同物品的光譜和測量數據

螢光顏色	材質	照片	螢光光譜	光譜中心的相對距離	螢光範圍
螢光粉	紙			0.409	0.327
	塑膠筆蓋			0.413	0.444
	色筆水			0.427	0.318
螢光橘	紙			0.395	0.414
	塑膠筆蓋			0.382	0.464
	色筆水			0.349	0.404
螢光黃	紙			0.229	0.514
	塑膠筆蓋			0.21	0.419
	色筆水			0.182	0.445
螢光綠	紙			0.174	0.471
	塑膠筆蓋			0.168	0.28
	色筆水			0.202	0.462

(三)發現與討論

1. 同顏色的螢光色紙、塑膠、液體的光譜中心位置分布範圍和組成色光相近。從光譜中的色光分布情形，也就是主要色光和次要色光的長度比例，可以大概看出是什麼顏色的物品。
2. 相同顏色不同材質的光譜亮度不同，發現色筆水的螢光光譜會比紙和塑膠筆蓋的螢光光譜還亮，塑膠筆蓋的螢光光譜是三個材質中最暗最模糊的。
3. 有些光譜特別亮除了和材質有關之外是不是和螢光含量有關，進行下面實驗驗證。

研究五、不同螢光物質含量的光譜特性

(一)、實驗步驟：

1.不同濃度的螢光液體的配製方法：

- (1).將粉、橘色的螢光筆芯，配置出螢光液體，並將各色螢光液體，加入不同量的清水，調配出原液、中濃度、低濃度等三種不同濃度。
- (2).將各液體放置於測量台上分別以綠光和藍光雷射筆照射，並依之前方法得到雷射光源與光譜中心距離和螢光範圍的數據。



2.螢光強度的量測方法：

利用 Microsoft Office 來開啟螢光照片，在編輯圖片功能中將照片亮度慢慢調暗，直到光譜中心亮點消失，這時亮度的衰減值就是螢光中心的亮度。

3.螢光各色光相對波長與強度的畫圖方法：

- (1)利用 Microsoft Office 來開啟螢光照片，在編輯圖片中將照片亮度每次調暗 10%後，測量光譜中，紅光最前端與綠光最末端的相對距離。

		
<p>利用 Microsoft Office 開啟螢光照片，將照片亮度 逐次調降 10%亮度</p>	<p>量測螢光最末端與螢光光源 的距離(即圖 6 中的 D 值)</p>	<p>量測螢光最前端與螢光光源 的距離(即圖 6 中的 E 值)</p>

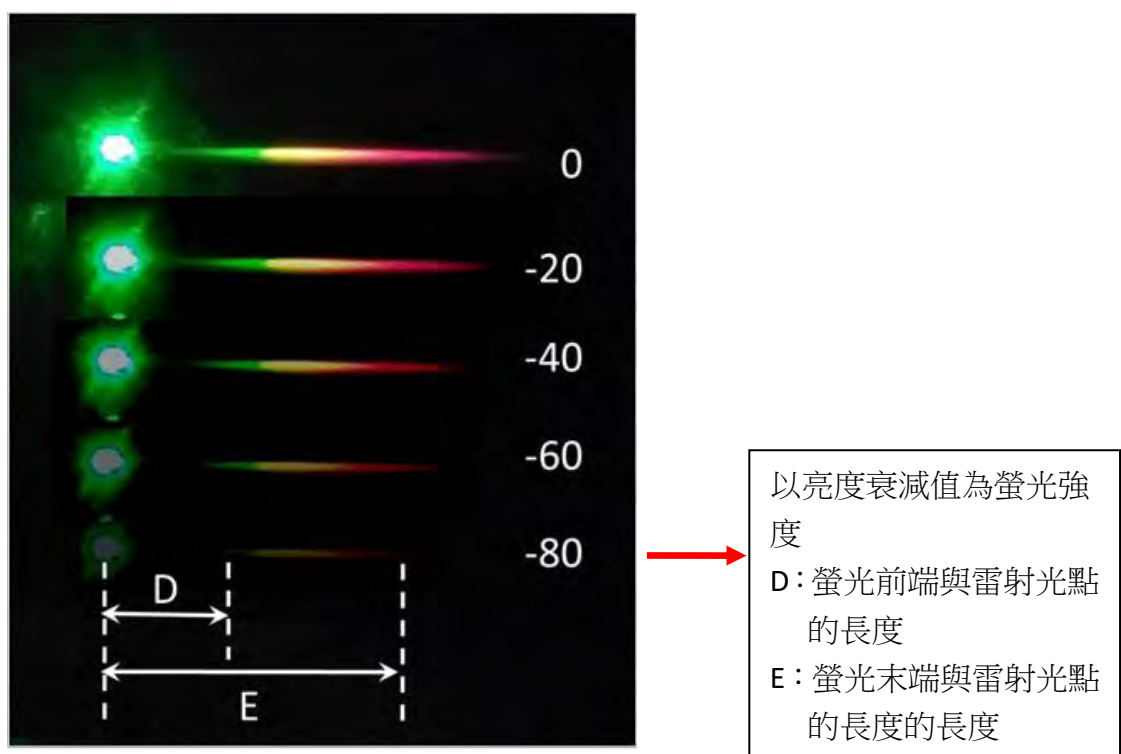

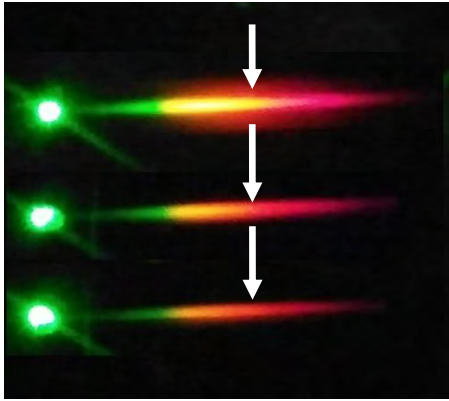
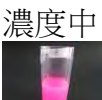


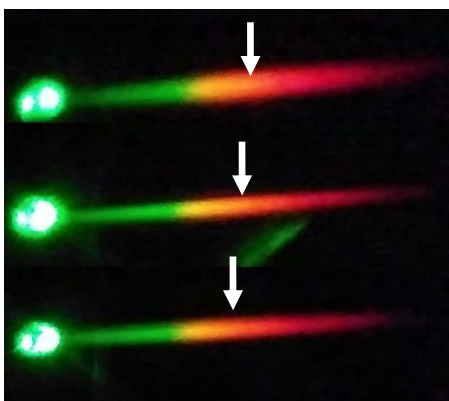




圖 7 在不同亮度衰減值的光譜圖


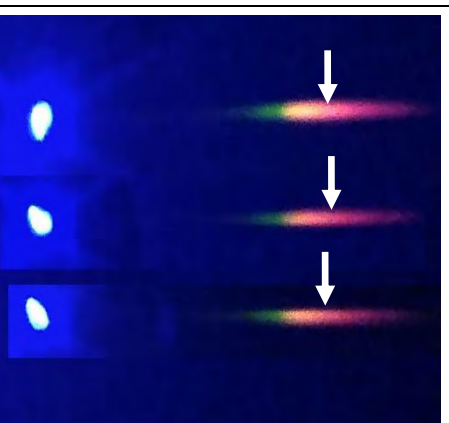


- (2)以亮度衰減值作為螢光的強度值(縱軸);以螢光範圍的相對長度(實際長度除以雷射光源到螢光光源的距離),作為相對波長的位置。例如圖 7 中亮度衰減 80 時的 D 及 E,分別除以圖 5 中的 A 值,就得到相對波長的分布範圍。每個衰減值都測出波長的分布範圍,
- (3)用 Excel 畫出相對波長和光強度的關係圖如圖 8。
- (4)畫出螢光粉三種不同濃度的螢光液體的相對波長位置與螢光強度關係圖,如圖 9。


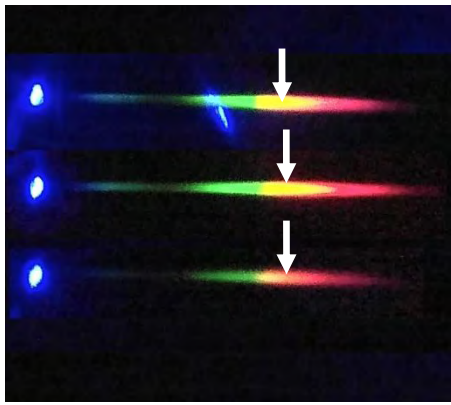



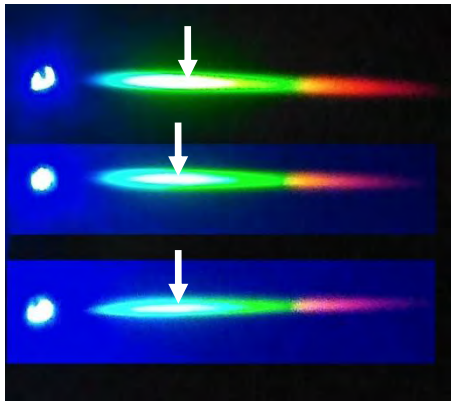



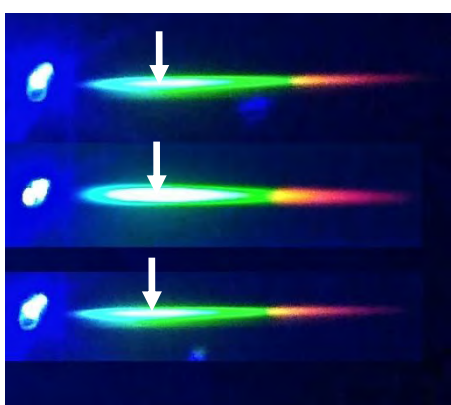


(二)實驗結果

不同濃度螢光液體的光譜(綠光)

名稱	顏色	濃度	螢光光譜	光譜中心亮度(光譜中心衰減率)	光譜中心相對距離	螢光範圍相對長度	
螢光色筆水	螢光粉	濃度高 		93	0.152	0.281	
		濃度中 		87	0.151	0.271	
		濃度低 		84	0.155	0.257	
	螢光橘	濃度高 			84	0.154	0.273
		濃度中 			80	0.152	0.264
		濃度低 			78	0.141	0.229

不同濃度螢光液體的光譜(藍光)

名稱	顏色	濃度	螢光光譜	光譜中心亮度	光譜中心相對距離	螢光範圍相對長度
螢光色筆水	螢光粉	濃度高 		89	0.373	0.28
		濃度中 		73	0.353	0.227
		濃度低 		70	0.375	0.225

螢光橘	濃度高 		92	0.373	0.53
	濃度中 		83	0.37	0.542
	濃度低 		81	0.376	0.505
螢光黃	濃度高 		94	0.191	0.454
	濃度中 		89	0.17	0.433
	濃度低 		84	0.172	0.444
螢光綠	濃度高 		95	0.176	0.454
	濃度中 		93	0.172	0.443
	濃度低 		84	0.167	0.45

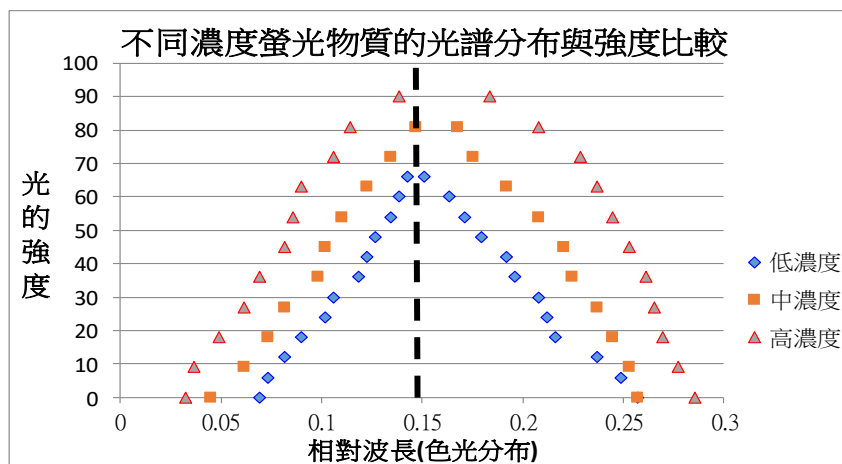


圖 9 不同濃度的螢光粉液體光譜波形圖

(三)發現與討論

1. 同顏色不同濃度的光譜中心分布大致在相同的位置，而螢光長度會隨著螢光濃度的增加而變長，可見螢光物質含量愈高，螢光發出來的強度越大，在同樣的曝光下拍攝出來的螢光範圍就會變大。
2. 液體濃度愈高，所看見的螢光光譜愈亮、愈寬；液體濃度愈低，所看見的螢光光譜愈暗、愈窄。
3. 同顏色不同濃度的光譜中心亮度衰減率，螢光液體濃度愈高，衰減的數值愈大；螢光液體濃度愈低，衰減的數值愈小。
4. 從圖 9 看出：
 - (1)同一種顏色，不同濃度液體的光譜中，最高亮度的相對波長位置很相近。
 - (2)不同濃度的波長範圍不一樣大，濃度高的可以看到的波長範圍比較大。
 - (3)相同波長位置的光強度比較高，表示那個位置的光譜比較亮也就是濃度比較高。

研究六、探討不同比例的螢光色混合物的光譜特性

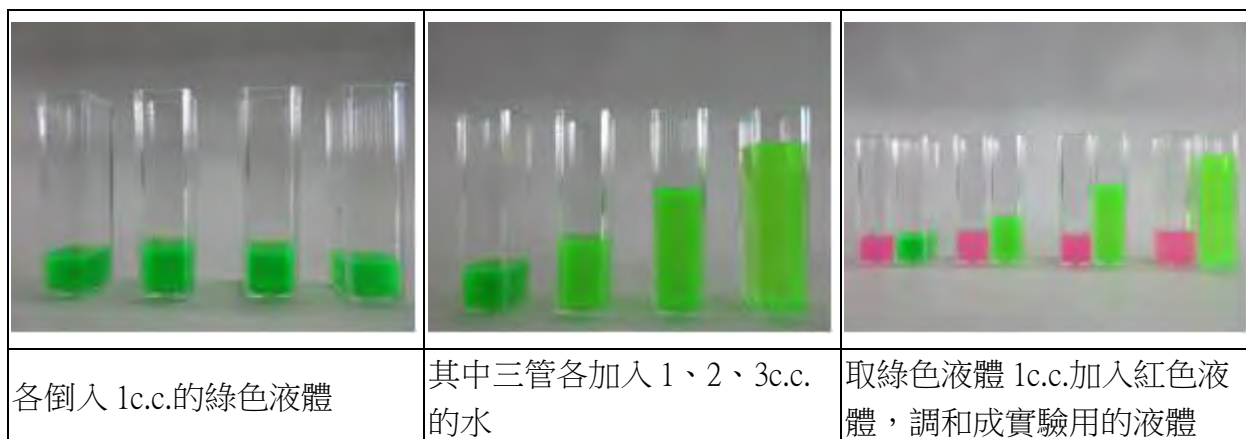
為了驗證光譜的主要色光和次要色光是不同顏色依不同混合而成，進行下面實驗

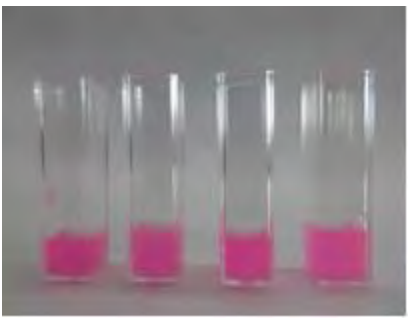
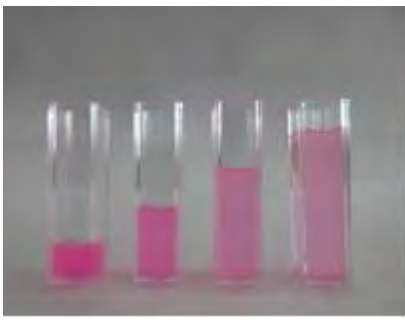
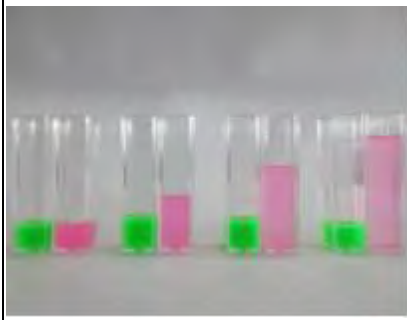
(一)實驗步驟

A、液體混和方式

1.顏料配置：

- (1)準備紅色螢光液體和綠色螢光液體。
- (2)將步驟 1 中兩種螢光液體配成混合液體，紅色對綠色液體的比例有 4:1，3:1，2:1，1:1，1:2，1:3，1:4 共七種。
- (3)顏料調配不同比例液體的方法
 - a.在比色槽內倒入 1c.c.的綠色液體後，第 1 瓶不加水，其他依序倒入 1、2、3c.c.的水。調配好後，取 1c.c.加入紅色液體即完成。
 - b.在比色槽內倒入 1c.c.的紅色液體後，第 1 瓶不加水，其他依序倒入 1、2、3c.c.的水。調配好後，取 1c.c.加入綠色液體即完成。
- (4)針對純紅色、純綠色及上述七種混和液進行光譜量測。




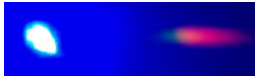
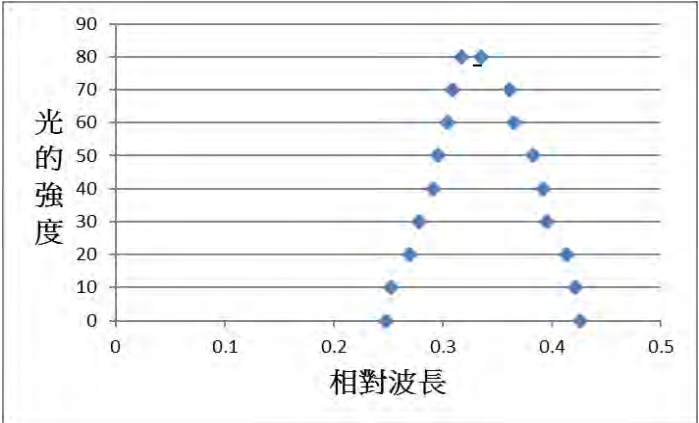
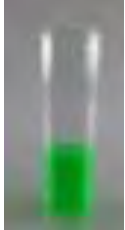
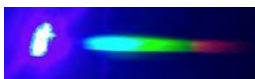
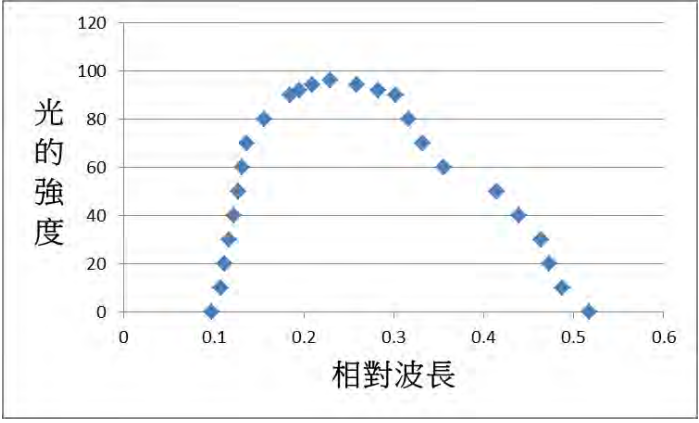
		
倒入 1c.c.的紅色液體	其中三管加入 1、2、3c.c.的水	取紅色液體 1c.c.加入綠色液體，調和成實驗用的液體


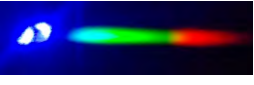
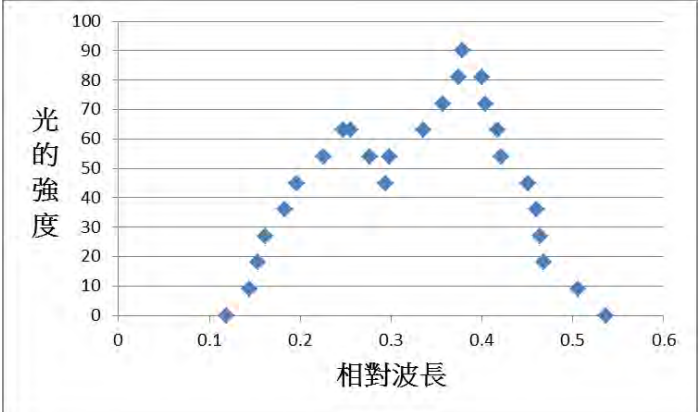

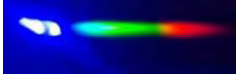
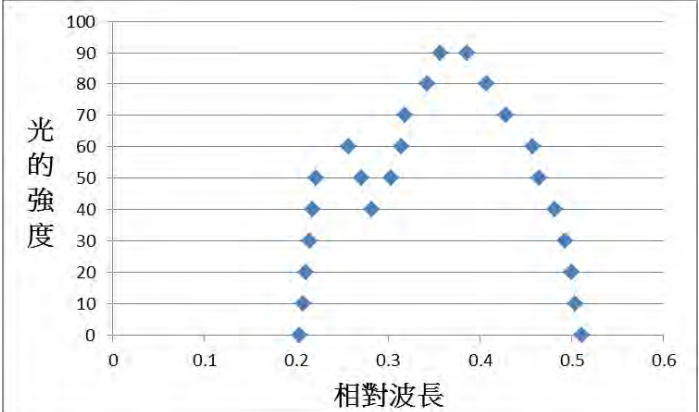

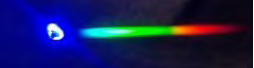
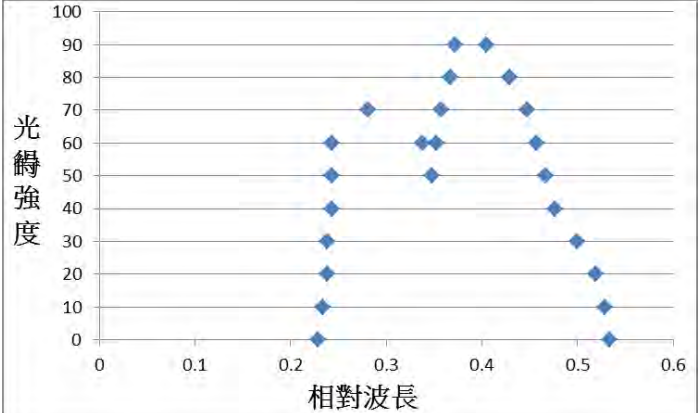

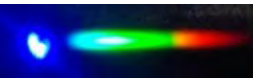
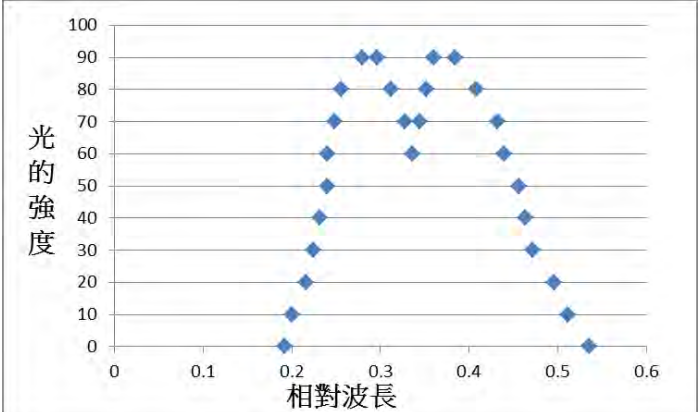
B、相對波長與強度關係圖的繪圖步驟：

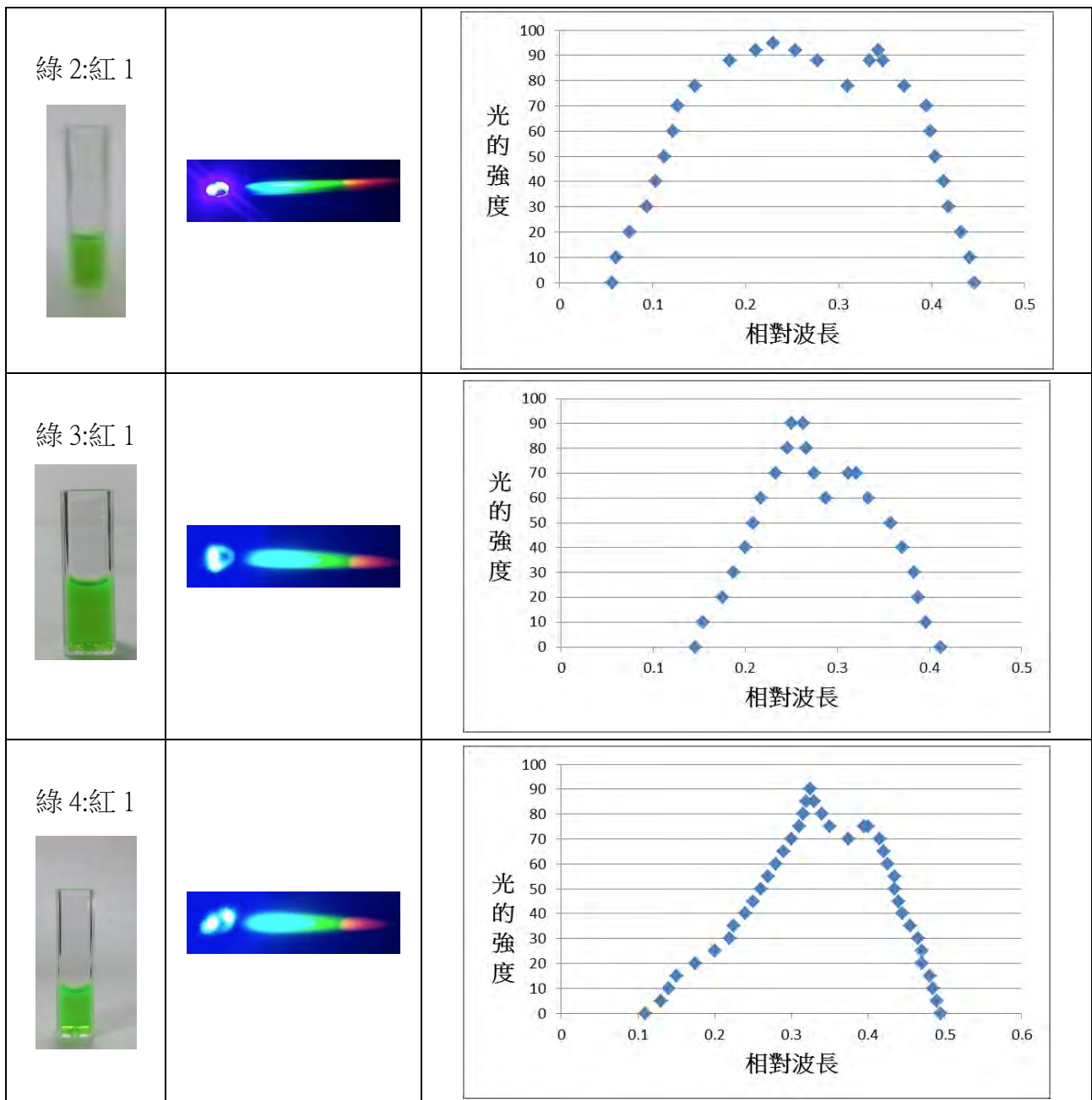
- (1).把七種不同比例的混色液樣品用藍光雷射筆照射，拍成光譜照片。
- (2).依研究五的步驟，將光譜照片轉畫成波形圖。

(二) 實驗結果:

藍光照射混合液光譜波形圖如下：

液體混合比例	光譜影像	相對波長與強度關係圖(光譜波形圖)																																																				
純紅色 		 <table border="1"> <caption>Data for Pure Red Liquid Spectrum</caption> <thead> <tr> <th>相對波長</th> <th>光的強度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.25</td><td>10</td></tr> <tr><td>0.26</td><td>20</td></tr> <tr><td>0.27</td><td>30</td></tr> <tr><td>0.28</td><td>40</td></tr> <tr><td>0.29</td><td>50</td></tr> <tr><td>0.30</td><td>60</td></tr> <tr><td>0.31</td><td>70</td></tr> <tr><td>0.32</td><td>80</td></tr> <tr><td>0.33</td><td>80</td></tr> <tr><td>0.34</td><td>70</td></tr> <tr><td>0.35</td><td>60</td></tr> <tr><td>0.36</td><td>50</td></tr> <tr><td>0.37</td><td>40</td></tr> <tr><td>0.38</td><td>30</td></tr> <tr><td>0.39</td><td>20</td></tr> <tr><td>0.40</td><td>10</td></tr> <tr><td>0.41</td><td>5</td></tr> <tr><td>0.42</td><td>2</td></tr> <tr><td>0.43</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	相對波長	光的強度	0.25	10	0.26	20	0.27	30	0.28	40	0.29	50	0.30	60	0.31	70	0.32	80	0.33	80	0.34	70	0.35	60	0.36	50	0.37	40	0.38	30	0.39	20	0.40	10	0.41	5	0.42	2	0.43	1												
相對波長	光的強度																																																					
0.25	10																																																					
0.26	20																																																					
0.27	30																																																					
0.28	40																																																					
0.29	50																																																					
0.30	60																																																					
0.31	70																																																					
0.32	80																																																					
0.33	80																																																					
0.34	70																																																					
0.35	60																																																					
0.36	50																																																					
0.37	40																																																					
0.38	30																																																					
0.39	20																																																					
0.40	10																																																					
0.41	5																																																					
0.42	2																																																					
0.43	1																																																					
純綠色 		 <table border="1"> <caption>Data for Pure Green Liquid Spectrum</caption> <thead> <tr> <th>相對波長</th> <th>光的強度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.10</td><td>0</td></tr> <tr><td>0.11</td><td>10</td></tr> <tr><td>0.12</td><td>25</td></tr> <tr><td>0.13</td><td>40</td></tr> <tr><td>0.14</td><td>55</td></tr> <tr><td>0.15</td><td>70</td></tr> <tr><td>0.16</td><td>80</td></tr> <tr><td>0.17</td><td>90</td></tr> <tr><td>0.18</td><td>95</td></tr> <tr><td>0.19</td><td>98</td></tr> <tr><td>0.20</td><td>100</td></tr> <tr><td>0.21</td><td>98</td></tr> <tr><td>0.22</td><td>95</td></tr> <tr><td>0.23</td><td>90</td></tr> <tr><td>0.24</td><td>80</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>70</td></tr> <tr><td>0.26</td><td>60</td></tr> <tr><td>0.27</td><td>50</td></tr> <tr><td>0.28</td><td>40</td></tr> <tr><td>0.29</td><td>30</td></tr> <tr><td>0.30</td><td>20</td></tr> <tr><td>0.31</td><td>10</td></tr> <tr><td>0.32</td><td>5</td></tr> <tr><td>0.33</td><td>2</td></tr> <tr><td>0.34</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	相對波長	光的強度	0.10	0	0.11	10	0.12	25	0.13	40	0.14	55	0.15	70	0.16	80	0.17	90	0.18	95	0.19	98	0.20	100	0.21	98	0.22	95	0.23	90	0.24	80	0.25	70	0.26	60	0.27	50	0.28	40	0.29	30	0.30	20	0.31	10	0.32	5	0.33	2	0.34	1
相對波長	光的強度																																																					
0.10	0																																																					
0.11	10																																																					
0.12	25																																																					
0.13	40																																																					
0.14	55																																																					
0.15	70																																																					
0.16	80																																																					
0.17	90																																																					
0.18	95																																																					
0.19	98																																																					
0.20	100																																																					
0.21	98																																																					
0.22	95																																																					
0.23	90																																																					
0.24	80																																																					
0.25	70																																																					
0.26	60																																																					
0.27	50																																																					
0.28	40																																																					
0.29	30																																																					
0.30	20																																																					
0.31	10																																																					
0.32	5																																																					
0.33	2																																																					
0.34	1																																																					

<p>紅 4:綠 1</p> 		 <table border="1"> <caption>Estimated data for 4:1 Red:Green ratio</caption> <thead> <tr> <th>相對波長</th> <th>光的強度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.12</td><td>0</td></tr> <tr><td>0.14</td><td>10</td></tr> <tr><td>0.16</td><td>25</td></tr> <tr><td>0.18</td><td>40</td></tr> <tr><td>0.20</td><td>55</td></tr> <tr><td>0.22</td><td>65</td></tr> <tr><td>0.24</td><td>60</td></tr> <tr><td>0.26</td><td>55</td></tr> <tr><td>0.28</td><td>50</td></tr> <tr><td>0.30</td><td>45</td></tr> <tr><td>0.32</td><td>60</td></tr> <tr><td>0.34</td><td>70</td></tr> <tr><td>0.36</td><td>80</td></tr> <tr><td>0.38</td><td>90</td></tr> <tr><td>0.40</td><td>80</td></tr> <tr><td>0.42</td><td>65</td></tr> <tr><td>0.44</td><td>50</td></tr> <tr><td>0.46</td><td>35</td></tr> <tr><td>0.48</td><td>20</td></tr> <tr><td>0.50</td><td>10</td></tr> <tr><td>0.52</td><td>5</td></tr> <tr><td>0.54</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	相對波長	光的強度	0.12	0	0.14	10	0.16	25	0.18	40	0.20	55	0.22	65	0.24	60	0.26	55	0.28	50	0.30	45	0.32	60	0.34	70	0.36	80	0.38	90	0.40	80	0.42	65	0.44	50	0.46	35	0.48	20	0.50	10	0.52	5	0.54	0
相對波長	光的強度																																															
0.12	0																																															
0.14	10																																															
0.16	25																																															
0.18	40																																															
0.20	55																																															
0.22	65																																															
0.24	60																																															
0.26	55																																															
0.28	50																																															
0.30	45																																															
0.32	60																																															
0.34	70																																															
0.36	80																																															
0.38	90																																															
0.40	80																																															
0.42	65																																															
0.44	50																																															
0.46	35																																															
0.48	20																																															
0.50	10																																															
0.52	5																																															
0.54	0																																															
<p>紅 3:綠 1</p> 		 <table border="1"> <caption>Estimated data for 3:1 Red:Green ratio</caption> <thead> <tr> <th>相對波長</th> <th>光的強度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.20</td><td>0</td></tr> <tr><td>0.22</td><td>10</td></tr> <tr><td>0.24</td><td>30</td></tr> <tr><td>0.26</td><td>45</td></tr> <tr><td>0.28</td><td>55</td></tr> <tr><td>0.30</td><td>50</td></tr> <tr><td>0.32</td><td>60</td></tr> <tr><td>0.34</td><td>70</td></tr> <tr><td>0.36</td><td>80</td></tr> <tr><td>0.38</td><td>90</td></tr> <tr><td>0.40</td><td>90</td></tr> <tr><td>0.42</td><td>80</td></tr> <tr><td>0.44</td><td>70</td></tr> <tr><td>0.46</td><td>60</td></tr> <tr><td>0.48</td><td>50</td></tr> <tr><td>0.50</td><td>40</td></tr> <tr><td>0.52</td><td>30</td></tr> <tr><td>0.54</td><td>20</td></tr> <tr><td>0.56</td><td>10</td></tr> <tr><td>0.58</td><td>5</td></tr> <tr><td>0.60</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	相對波長	光的強度	0.20	0	0.22	10	0.24	30	0.26	45	0.28	55	0.30	50	0.32	60	0.34	70	0.36	80	0.38	90	0.40	90	0.42	80	0.44	70	0.46	60	0.48	50	0.50	40	0.52	30	0.54	20	0.56	10	0.58	5	0.60	0		
相對波長	光的強度																																															
0.20	0																																															
0.22	10																																															
0.24	30																																															
0.26	45																																															
0.28	55																																															
0.30	50																																															
0.32	60																																															
0.34	70																																															
0.36	80																																															
0.38	90																																															
0.40	90																																															
0.42	80																																															
0.44	70																																															
0.46	60																																															
0.48	50																																															
0.50	40																																															
0.52	30																																															
0.54	20																																															
0.56	10																																															
0.58	5																																															
0.60	0																																															
<p>紅 2:綠 1</p> 		 <table border="1"> <caption>Estimated data for 2:1 Red:Green ratio</caption> <thead> <tr> <th>相對波長</th> <th>光強度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.22</td><td>0</td></tr> <tr><td>0.24</td><td>10</td></tr> <tr><td>0.26</td><td>20</td></tr> <tr><td>0.28</td><td>30</td></tr> <tr><td>0.30</td><td>40</td></tr> <tr><td>0.32</td><td>50</td></tr> <tr><td>0.34</td><td>60</td></tr> <tr><td>0.36</td><td>70</td></tr> <tr><td>0.38</td><td>80</td></tr> <tr><td>0.40</td><td>90</td></tr> <tr><td>0.42</td><td>90</td></tr> <tr><td>0.44</td><td>80</td></tr> <tr><td>0.46</td><td>70</td></tr> <tr><td>0.48</td><td>60</td></tr> <tr><td>0.50</td><td>50</td></tr> <tr><td>0.52</td><td>40</td></tr> <tr><td>0.54</td><td>30</td></tr> <tr><td>0.56</td><td>20</td></tr> <tr><td>0.58</td><td>10</td></tr> <tr><td>0.60</td><td>5</td></tr> <tr><td>0.62</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	相對波長	光強度	0.22	0	0.24	10	0.26	20	0.28	30	0.30	40	0.32	50	0.34	60	0.36	70	0.38	80	0.40	90	0.42	90	0.44	80	0.46	70	0.48	60	0.50	50	0.52	40	0.54	30	0.56	20	0.58	10	0.60	5	0.62	0		
相對波長	光強度																																															
0.22	0																																															
0.24	10																																															
0.26	20																																															
0.28	30																																															
0.30	40																																															
0.32	50																																															
0.34	60																																															
0.36	70																																															
0.38	80																																															
0.40	90																																															
0.42	90																																															
0.44	80																																															
0.46	70																																															
0.48	60																																															
0.50	50																																															
0.52	40																																															
0.54	30																																															
0.56	20																																															
0.58	10																																															
0.60	5																																															
0.62	0																																															
<p>紅 1:綠 1</p> 		 <table border="1"> <caption>Estimated data for 1:1 Red:Green ratio</caption> <thead> <tr> <th>相對波長</th> <th>光的強度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.20</td><td>0</td></tr> <tr><td>0.22</td><td>10</td></tr> <tr><td>0.24</td><td>20</td></tr> <tr><td>0.26</td><td>30</td></tr> <tr><td>0.28</td><td>40</td></tr> <tr><td>0.30</td><td>50</td></tr> <tr><td>0.32</td><td>60</td></tr> <tr><td>0.34</td><td>70</td></tr> <tr><td>0.36</td><td>80</td></tr> <tr><td>0.38</td><td>90</td></tr> <tr><td>0.40</td><td>90</td></tr> <tr><td>0.42</td><td>80</td></tr> <tr><td>0.44</td><td>70</td></tr> <tr><td>0.46</td><td>60</td></tr> <tr><td>0.48</td><td>50</td></tr> <tr><td>0.50</td><td>40</td></tr> <tr><td>0.52</td><td>30</td></tr> <tr><td>0.54</td><td>20</td></tr> <tr><td>0.56</td><td>10</td></tr> <tr><td>0.58</td><td>5</td></tr> <tr><td>0.60</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	相對波長	光的強度	0.20	0	0.22	10	0.24	20	0.26	30	0.28	40	0.30	50	0.32	60	0.34	70	0.36	80	0.38	90	0.40	90	0.42	80	0.44	70	0.46	60	0.48	50	0.50	40	0.52	30	0.54	20	0.56	10	0.58	5	0.60	0		
相對波長	光的強度																																															
0.20	0																																															
0.22	10																																															
0.24	20																																															
0.26	30																																															
0.28	40																																															
0.30	50																																															
0.32	60																																															
0.34	70																																															
0.36	80																																															
0.38	90																																															
0.40	90																																															
0.42	80																																															
0.44	70																																															
0.46	60																																															
0.48	50																																															
0.50	40																																															
0.52	30																																															
0.54	20																																															
0.56	10																																															
0.58	5																																															
0.60	0																																															



(三)發現與討論

1.我們在光譜波形圖中發現：

- (1) 純紅色液體的光譜波形圖只有一個強度較大的波長位置，大約位於 0.33 處，是較常波長的位置；純綠色液體也只有一個強度較大的波長位置，位於 0.21 處，是較短波長的位置。
- (2) 當紅色液體的含量增加時，位於較長波長處代表紅色波長的峰就會增高，位於較短波長處代表綠色波長的峰就會降低。
- (3) 綠色液體含量增加時，位於較低波長處代表綠色波長的峰相對的也會較高。如紅色和綠色 4:1 的混和液體的光譜，紅色的波長位置的強度較大，因為紅色液體含量較多，綠色波長位置的強度較小，因為紅色液體的含量較少。

- (4) 當紅色液體的含量和綠色液體的含量相當時，如綠色液體和紅色液體的比是 1：1 時，就會出現兩個相同高度的峰。
- (5) 從波形圖可以看出橘色到黃色的液體是由不同比例的紅色和綠色液體調配出來的，而且從相對波長位置的強度，可以看出調色時是紅色液體的比例多，還是綠色液體的多。

2. 以上研究我們可以得到兩種結論。

- a. 光譜可以讓我們來探測螢光濃度的比例。
- b. 經由紅色與綠色螢光液體比例的調配，可以產生橘色至黃色的螢光顏色。

柒、研究結論

一、螢光光譜拍攝裝置和影響拍攝效果的因素

1. 自製螢光拍攝暗箱，用雷射光照射在螢光物品上，把光柵貼合在手機鏡頭上，透過光柵的分光效果，就可以拍到螢光物質發出來的螢光分布，也就是螢光光譜。
2. 要成功拍攝到光譜的條件有，光柵的線條密度小、光柵與手機鏡頭緊密貼合、雷射光的強度適中，樣品照光範圍適中。
3. 非螢光物質在雷射光照射下幾乎看不見分光光譜，可見螢光物質吸收單色雷射光之後反射的光不是單一顏色。

二、不同顏色螢光物品會因為光源顏色的不同，而影響光譜的形成以及光譜的色光分布

1. 用紅光雷射照射在所有的螢光物品，都不會產生螢光；綠光雷射只有照射在紅色、橘色、黃色(少數)的螢光物品上，會產生螢光；藍光雷射筆照射在所有顏色的螢光物品都會產生螢光。
2. 以上的現象說明，照射光的能量如果比螢光物質的顏色光的能量低的話，就無法形成光譜了。
3. 用綠光雷射照射的螢光光譜有明顯的紅黃綠三種色光；用藍光雷射照射的螢光光譜有明顯的紅黃綠藍四種色光。

三、螢光物質的顏色會影響光譜中心的位置、個數以及色光分布的範圍

1. 光譜中有一個或兩個特別胖，特別亮的地方，我們稱做光譜的「光譜中心」。光譜中心可能在紅色、綠色或藍色而且光譜中心的個數也不同。當螢光物品的顏色是三原色時，如紅色、綠色、藍色色紙的螢光光譜只有一個光譜中心；當螢光物品的顏色不是三原色時，如橘色和黃色色紙的螢光光譜就有兩個光譜中心，一個較亮一個較暗。
2. 光譜的紅色光與綠色光的長短與螢光物質的顏色有關。例如紅色螢光物質的光譜中，紅光範圍比較長、比較寬也比較亮。

四、相同螢光顏色不同材質物品的光譜亮度不同

- 1.相同顏色不同材質的螢光光譜亮度不同，但是光譜中心位置和色光的組成及分布情形相近。也就是光譜中主要色光和次要色光的長度比例相近。

五、不同含量螢光物質的螢光光譜特性

- 1.同顏色不同濃度螢光液體的光譜中心位置很相近，但是亮度和螢光長度不同；濃度愈高，光帶愈亮，愈長、愈粗。
- 2.不同濃度的光譜波長範圍不一樣大，濃度高的可以看到的波長範圍比較大，也就是分光效果比較好。螢光物質含量愈高，螢光發出來的強度越大，在同樣的曝光下拍攝出來的螢光範圍就會變大。

六、從螢光光譜的特性可以探測出混合液體中的顏色比例關係

- 1.經由紅色與綠色螢光液體不同比例的調配液所拍攝的光譜，用 Excel 轉畫成相對波長與強度的關係曲線圖，也形成光譜波形圖，可以看出混合液體中的顏色比例關係。
- 2.混合液中顏色比例比較高的，相對波長的波峰就比較高。
- 3.從光譜波形圖可以看出橘色到黃色的液體是由不同比例的紅色和綠色液體調配出來的。
- 4.用簡單的器材就可以從光譜色帶的外觀與量測的各項數值看出三原色調配的比例。

捌、參考資料

- 1.顏世枋等(2016)。奇妙的光。自然與生活科技四上。台南市：南一。
- 2.螢光光譜 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%8D%A7%E5%85%89%E5%85%89%E8%B0%B1>
- 3.光的定義
<http://www.tnu.edu.tw/ee/upimages/file/Std-98/2005/%E6%96%87%E7%8D%BB%E6%8E%A2%E8%A8%8E.htm>
- 4.小牛頓科學百科(4)。牛頓出版股份有限公司
- 5.國民中學自然與生活科技 2 上。南一書局。
- 6.雷射 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%BF%80%E5%85%89>

【評語】 080103

1. 本作品從事螢光探究。以鏡頭貼有光柵的手機，拍攝受雷射光照射的螢光物之螢光光譜分析發光特性。用 Excel 畫波長與強度關係，分析混合液體中的顏色比例。
2. 這個工作利用不同波長的雷射光，探究了不同顏色的螢光物，進行光譜波長和光強度分布的分析。由於，市售的彩色筆汁液是利用多種材料進行不同比率的調配，而組成人們視覺上所需的色調，最關鍵是不同廠牌的彩色筆汁液配方皆不同，也因此，這項工作較不易統整出一個結論。
3. 能使用相關軟體輔助實驗成果分析。

摘要

為了探討螢光物品的發光特性，我們自製簡易的螢光拍攝裝置來拍攝光譜影像，並分析光譜特性。把貼有光柵的手機鏡頭對著被雷射光照射的螢光物品，就可以拍攝到螢光物品所發散出來的螢光光譜。從光譜照片中測量出的螢光中心與螢光範圍的相對距離，分析歸納後發現，不同雷射光源、不同螢光物質的顏色、材質、濃度都會影響光譜的亮度和色光的分布情形。我們將不同比例的紅色與綠色螢光混合液體的光譜，用 Excel 軟體畫出相對波長與強度關係的波形圖，可以看出混合液體中的顏色比例，也驗證了橘色與黃色是由三原色中的紅色與綠色組合而成的特性。

壹、研究動機

有一次用綠光雷射筆照射到紅色紙盒上和螢光紅的筆蓋上，發現紙盒上的光點仍然是綠光，但是在螢光色物品上的光點卻不是綠光，而是變為橘黃色的光，這個現象引起我們的好奇，是不是螢光物質在光源照射下會發出不同顏色的光呢？因此我們研究以一個簡易拍攝螢光光譜的方法，並針對不同光源、螢光顏色、材質、濃度以及不同顏色比例混和液體等實驗條件，進行光譜的分析，以了解影響螢光物質發光的特性。

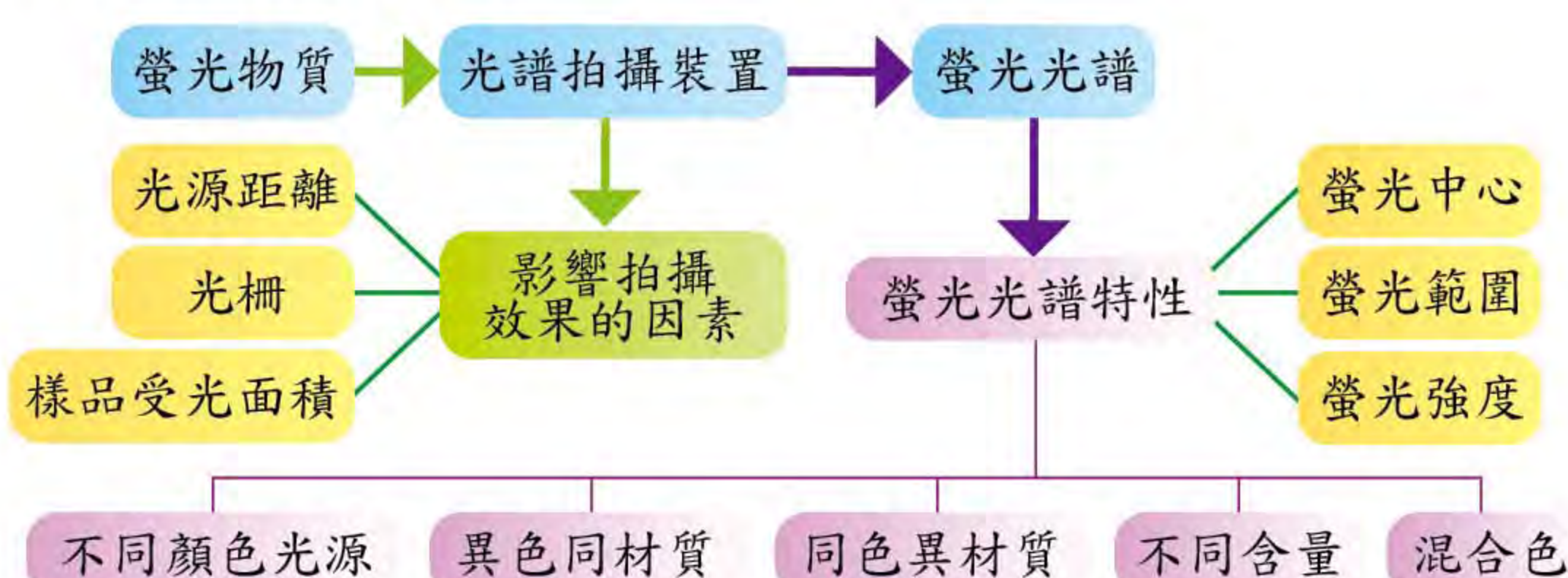


圖 1 不同物品在雷射筆照射下的光點

貳、研究目的

- 一、研究拍攝螢光光譜的裝置
- 二、探討不同螢光物品在不同顏色雷射光照射的光譜特性
- 三、探討相同材質不同螢光色物品的光譜特性
- 四、探討相同顏色不同材質螢光物品的光譜特性
- 五、探討不同螢光物質含量的光譜特性
- 六、探討不同比例的螢光色混合物的光譜特性

參、研究架構圖



肆、研究原理

(一) 螢光光譜：

不同的顏色光代表了不同的能量，光的能量按照紅、橙、黃、綠、藍、紫由低到高來排，當顏色能量較高的光源照到具有螢光特性的物質，發出較低能量顏色的光，就稱為螢光，螢光的發光分布就是螢光光譜。

例如：綠光照到紅色的螢光物質上就會產生螢光；但如果是綠光照到藍色螢光物質就不會產生螢光了。不同螢光物質會有不同的發光分布，因此可以藉由發光分布現象來了解物質的螢光特性。

(二) 光柵：

光柵和稜鏡的不同是光經過光柵後會產生週期性的分光，如圖 3，中間的兩片透明片，將光源照射過後在牆上就會產生週期性的亮點，這些亮點的距離也相近，所以我們利用這些等距離來作為我們的光譜測量的基準，所以我們可以藉由光柵分光和週期性的性質，來得到螢光的光譜分布。



圖 2-1 實驗中使用的光柵



圖 2-2 光柵上的隱形線條



圖 3 經光柵照射的週期性分光

伍、研究設備和材料

- 一、實驗設備：測量台、黑布、手機、照相機、光柵、雷射筆、比色槽、電腦及軟體。
- 二、實驗材料：螢光標籤紙、螢光塑膠、螢光膠水、螢光液體、黏土。

陸、研究過程與結果

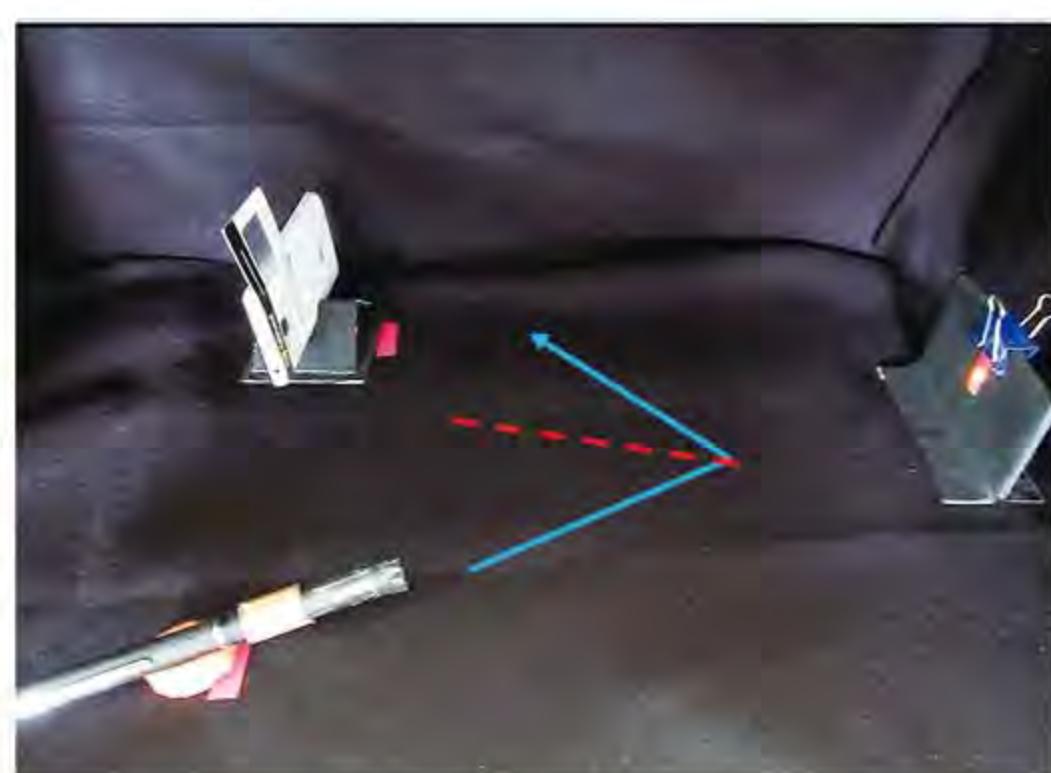
研究一 研究拍攝螢光光譜的裝置。

(一)、實驗步驟：

1. 設計螢光光譜拍攝暗箱：



拍攝螢光用的暗箱外觀(紙箱)



將要測試的螢光物品放入樣品台，利用雷射筆照射，再透過光柵拍攝發散的螢光

2. 暗箱內光譜拍攝裝置如下：

1. 紙類樣品置物台
2. 塑膠樣品置物台
3. 液體樣品置物台

光柵：將反射光分光

手機：貼上光柵並開啟相機功能，放入相機架，來拍攝螢光光譜。

手機架：固定手機位置



雷射筆：以厚紙圈固定開關，再用膠泥固定位置。

(二)、測試結果：

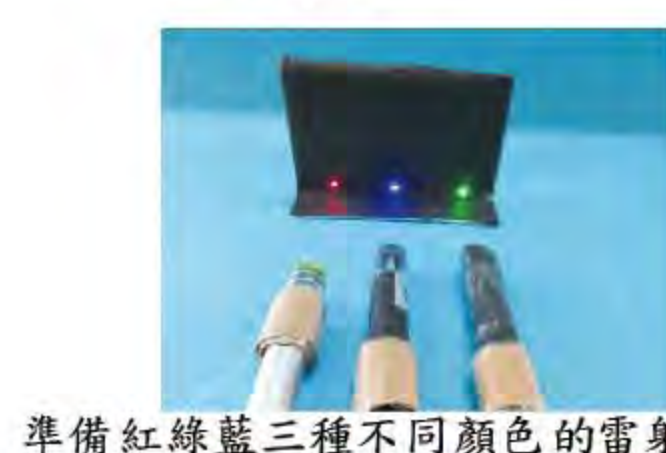
將會影響拍攝結果的因素整理如下：

拍攝裝置的條件	光譜拍攝結果	說明
光柵線條密度 13500 條 / 英寸		這張拍攝出的螢光不成功，因為它發出的螢光的距離太近，而且分光效果也很差，光譜也會不斷的變弱，光譜中心的光亮也過強。
光柵線條密度 25400 條 / 英寸		這張拍攝出的螢光就很成功，因為它所呈現的螢光距離並沒有相隔太近。
光柵與手機的距離 與鏡頭分開一段距離		這張所拍攝出的螢光，由於光柵離手機的距離太遠，因此拍出的螢光不完整，且顏色的分光效果也不好。
光柵與手機的距離 緊密貼合在手機鏡頭上		這張所拍攝出的螢光，離手機的距離很近，拍得出螢光不但完整，各顏色也分得很明顯。
拍攝器 相機		用相機拍照時，由於相機它會自動控制曝光及濾光功能強，因此拍出的螢光照片每一張的相異不大。
拍攝器 手機		用手機拍照時，手機不會自動減光，因此造成拍攝出的照片，不會過暗。
雷射光與樣品的距離 距離樣品較近		雷射光離樣品太近會造成雷射光點範圍太大，螢光分光效果不好。
雷射光與樣品的距離 適當距離		雷射光在適當的距離照射螢光物品，所造成的螢光剛好，並不會太亮。
紙類樣品照光範圍 無遮光 照光範圍大		整面螢光紙的反射光太強，分光不明顯。
紙類樣品照光範圍 只留一個孔洞照光		貼上圓孔黑紙縮小受光面，光譜不會那麼亮。
塑膠類樣品照光範圍 只留一個孔洞照光		當雷射光照在經過遮光的螢光筆塑膠筆蓋上時，遮光的效果不佳，因為螢光變得很不清楚、很模糊。
塑膠類樣品照光範圍 無遮光		當雷射光照在沒有遮光的螢光筆塑膠筆蓋上時，雖然是照在大範圍的物品上，但因為塑膠的反光效果較差，所以可以拍到較清楚的光譜。
液體樣品照光範圍 無遮光		當雷射光照在螢光液體上，而且無遮光，會使光源過亮，找不到中心點，透過光柵拍出的螢光照片短暫且分光效果不佳。
液體樣品照光範圍 只留一個孔洞照光		當雷射光照在遮光後的螢光液體時(用厚紙版遮住，並在紙板上挖一個孔洞)，照出的螢光照片，分光效果佳，光也不會過亮。
是否為螢光物品 非螢光物品		當雷射光照在不含螢光的物質上，不會產生螢光光譜。
是否為螢光物品 螢光物品		當雷射光照在含有螢光的物質上，會產生螢光光譜。

研究二 探討不同螢光物品在不同顏色光照射下的螢光光譜特性

(一)、實驗步驟：

1. 蒐集不同種的螢光物品，包含各色的螢光色紙、螢光塑膠及螢光液體。
2. 準備三種不同顏色光的雷射筆來照射螢光物品，包含紅光、綠光、藍光。
3. 在小畫家中打開所有拍攝照片，將螢光光譜剪下來，剪貼在實驗結果上。



準備紅綠藍三種不同顏色的雷射筆



準備不同材質不同顏色的螢光物品



不同螢光色的貼紙



貼紙固定在置物檯上



利用雷射光照射貼紙



利用手機將光譜拍下



不同螢光色塑膠筆蓋



筆蓋固定在置物檯上



利用雷射光照射筆蓋



利用手機將光譜拍下



取出筆芯



筆芯泡水



將螢光液體倒入比色槽中



不同顏色的螢光液體



將比色槽放在置物檯裡



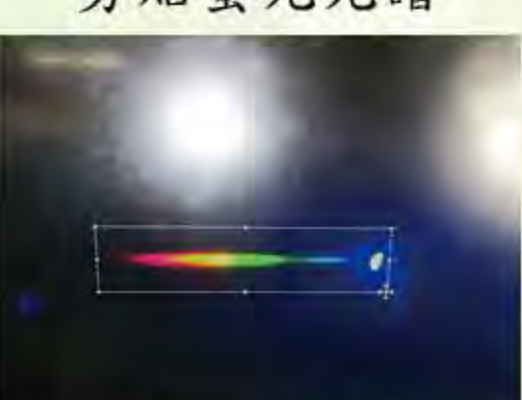
照射雷射光



利用手機將螢光光譜拍下



利用小畫家打開照片



剪貼螢光光譜

剪裁螢光光譜



黏貼到實驗結果上

(二)、實驗結果：

不同顏色光照射下的螢光光譜

螢光色	雷射光	紅光	綠光	藍光
螢光色紙	螢光粉			
	螢光橘			
	螢光黃			
	螢光綠			
	螢光藍			
	螢光塑膠	螢光粉		
螢光橘				
螢光黃				
螢光綠				
螢光藍				
螢光液體		螢光粉		
	螢光橘			
	螢光黃			
	螢光綠			
	螢光藍			

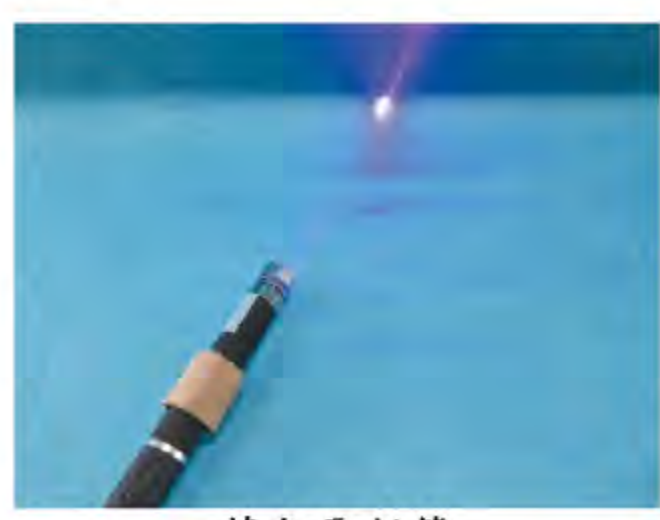
(三)、發現與討論：

- 照射光的能量與螢光物質的顏色會影響光譜的形成以及光譜的色光。照射光的能量如果比螢光物質顏色光的能量低就無法形成光譜。
 - 紅色雷射光的能量低，所有顏色的螢光物質吸收紅光能量後，發散的螢光能量都在紅光以下，所以無法看見其他可見色光，因此沒有螢光光譜的效果。
 - 綠色雷射光的能量只高於紅光 and 黃光，所以紅色與橘色螢光物質吸收綠光後發散的螢光是比綠光能量低的紅、黃光，因此無法發散出比綠光能量高的綠、藍光。
 - 藍色雷射光的能量高，因此各種螢光物質吸收藍光後發散的螢光，是比藍光能量低的紅色、橘色、黃色、綠色和藍色的螢光。
- 發現不同螢光色物質的光譜亮度和分布範圍有些差異。
 - 一個光譜中都有一個或兩個特別胖，特別亮的地方。
 - 有些光譜的紅色部分特別長，有的是綠色特別長。這些現象是不是和螢光的顏色和材質有關呢？我們接著進行下面實驗來探討。

研究三 探討相同材質不同螢光色物品的螢光光譜特性

(一) 實驗步驟：

- 拍攝螢光光譜：利用藍色雷射筆分別照射螢光色紙、螢光塑膠、螢光液體，經過光柵的分光，再利用手機拍攝出它的光譜。每一次拍攝時都要確定實驗樣品、雷射筆和手機三者的距離不變。



藍色雷射筆



螢光色紙、螢光塑膠、螢光液體

2. 測量各色光分布範圍：



將拍攝的照片利用 Microsoft office 打開



數位游標尺



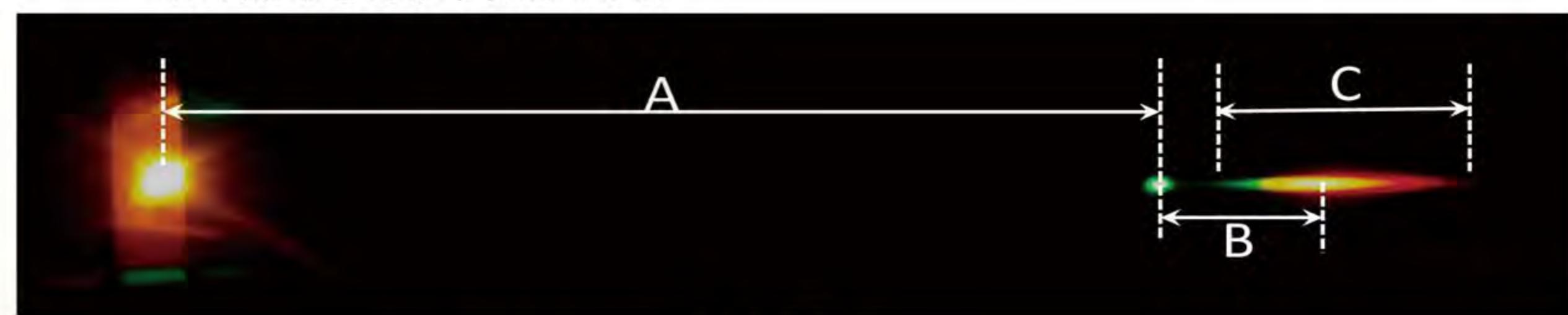
測量雷射光源與螢光光源的距離



測量光譜中心的距離



3. 測量各色光分布長度的方法



螢光光譜圖

- A：雷射光源到螢光光源的距離
 B：光譜中心的距離，螢光光源到光譜中心的距離
 C：螢光長度
 B/A = 光譜中心與雷射光源的相對距離
 C/A = 螢光長度與雷射光源的相對距離
 註：因為螢光長度和光譜中心距離會因為照片放大比例而改變所以用相對距離來表示

(二) 實驗結果

相同材質不同螢光色物品的光譜特性

螢光紙顏色	藍光照射產生的光譜	光譜中心相對距離	螢光範圍相對長度
紅色螢光紙		0.409	0.327
橘色螢光紙		0.405	0.414
黃色螢光紙		0.229	0.514
綠色螢光紙		0.204	0.463
藍色螢光紙		0.147	0.156

註：↓是指明顯亮帶的光譜中心 ↓是指第二亮帶的光譜中心

螢光塑膠顏色	藍光照射產生的光譜	光譜中心相對距離	螢光範圍相對長度
紅色塑膠		0.387	0.36
橘色塑膠		0.382	0.464
黃色塑膠		0.21	0.419
綠色塑膠		0.168	0.28
藍色塑膠		0.165	0.211

螢光水顏色	藍光照射產生的光譜	光譜中心相對距離	螢光範圍相對長度
紅色液體		0.427	0.318
橘色液體		0.349	0.404
黃色液體		0.182	0.445
綠色液體		0.196	0.402
藍色液體		0.187	0.196

(三)、發現與討論：

- 紅色、綠色、藍色是光的三原色，所以只有一個光譜中心；而橘色、黃色不是三原色，而是由兩種以上的原色合成，所以出現兩個光譜中心。
- 光譜中心的顏色與色紙的顏色不完全相同。
 - 以三原色色紙來看：紅色色紙的光譜中心顏色有點偏黃色，綠色色紙的光譜中心顏色主要是綠色，藍色色紙的光譜中心主要是藍色。
 - 以非三原色色紙來看：橘色色紙的光譜中心顏色是介於紅黃色之間，綠色其次，黃色的光譜中心的顏色是綠色較亮，紅色其次；由此可知，橘色螢光色紙和黃色螢光色紙都是由紅色加綠色所組成，而且橘色色紙的紅色成分多於綠色；黃色螢光色紙的綠色成分多於紅色成分。
- 不論是什麼材質，相同顏色的螢光光譜中心位置與顏色組成會相近

研究四 探討相同螢光色不同材質物品的光譜特性

(一) 實驗步驟

- 找出相同的顏色不同的材質有：各色色紙、各色塑膠螢光筆筆蓋、各色螢光液體。
- 以藍光為光源，依據研究二中的光譜取得的步驟來得到光譜，利用光譜分布的測量方法，計算出光譜中心的相對距離數值

(二) 實驗結果

相同顏色不同物品的光譜和測量數據

螢光顏色	材質	照片	螢光光譜	光譜中心的相對距離	螢光範圍相對長度
螢光粉	紙			0.409	0.327
	塑膠筆蓋			0.413	0.444
	色筆水			0.427	0.318
螢光橘	紙			0.395	0.414
	塑膠筆蓋			0.382	0.464
	色筆水			0.349	0.404
螢光黃	紙			0.229	0.514
	塑膠筆蓋			0.21	0.419
	色筆水			0.182	0.445
螢光綠	紙			0.174	0.471
	塑膠筆蓋			0.168	0.28
	色筆水			0.202	0.462

(三)、發現與討論：

- 同顏色的螢光色紙、塑膠、液體的光譜中心位置分布範圍和組成色光相近。從光譜中的色光分布情形，也就是主要色光和次要色光的長度比例，可以大概看出是什麼顏色的物品。
- 相同顏色不同材質的光譜亮度不同，發現色筆水的光譜亮度會比紙和塑膠筆蓋的螢光光譜還亮，塑膠筆蓋的螢光光譜是三個材質中最暗最模糊的。
- 有些光譜特別亮除了和材質有關之外是不是和螢光含量有關，進行下面實驗驗證

研究五 不同螢光物質含量的光譜特性

(一) 實驗步驟

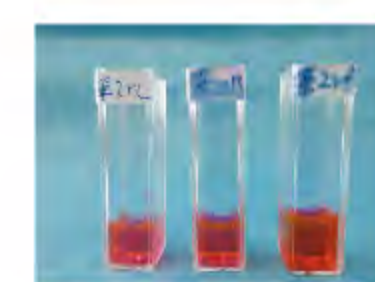
- 將粉、橘色的螢光筆芯，配置出螢光液體，並將各色螢光液體，加入不同量的清水，調配出原液、中濃度、低濃度等三種不同濃度。
- 將各液體放於測量台上分別以綠光和藍光雷射筆照射，並依之前方法得到雷射光源與光譜中心距離和螢光範圍的數據。



取出筆芯



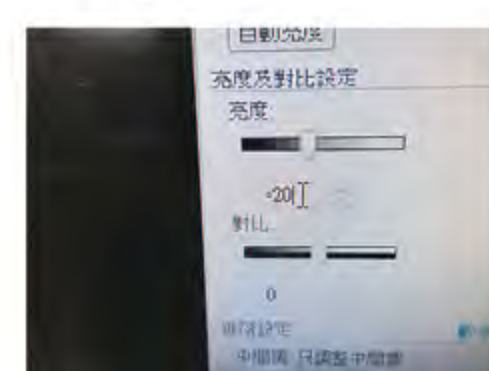
筆芯泡水



稀釋成低中高三種濃度

3. 相對波長與強度關係圖的繪圖步驟

(1).



利用 Microsoft Office 開啟螢光照片，將照片亮度逐次調降 10% 亮度



量測螢光最末端與螢光光源的距離(即圖5中的D值)



量測螢光最前端與螢光光源的距離(即圖5中的E值)

(2).

- 以亮度衰減值作為各個分光的強度值；以各分光的相對長度(實際長度除以雷射光源到螢光光源的距離)，作為相對波長的位置

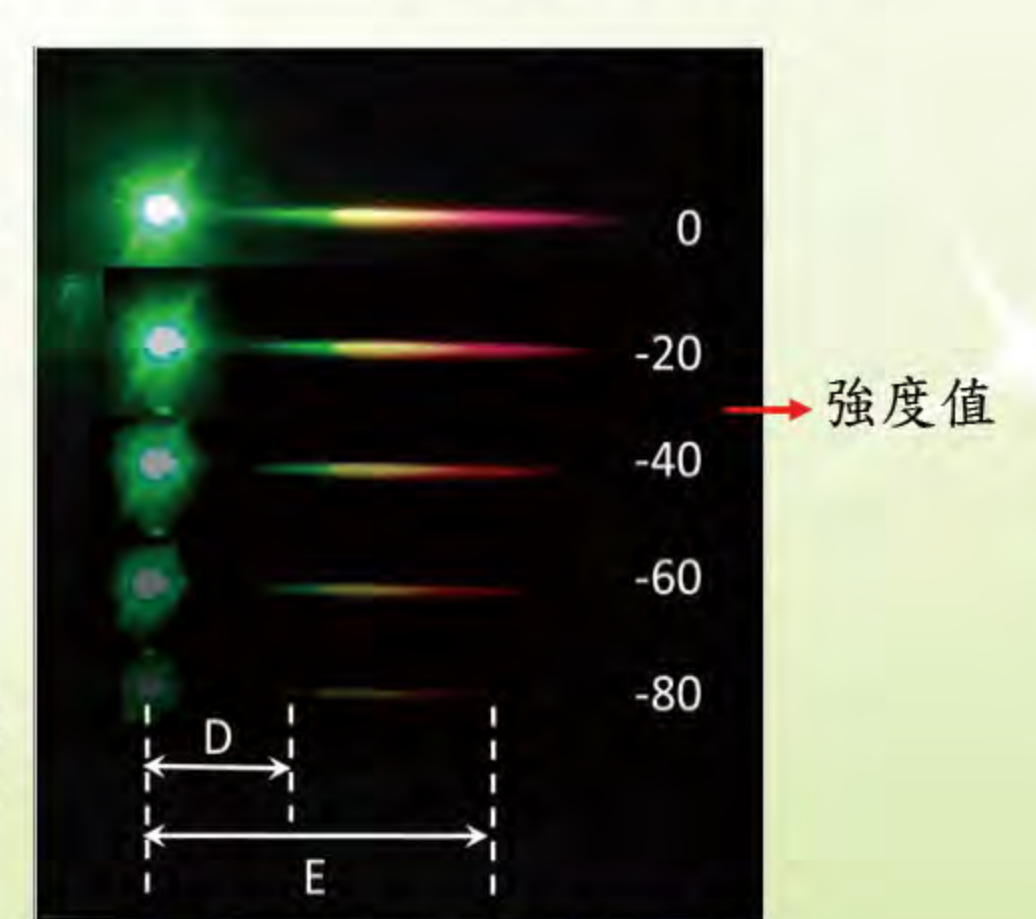


圖5 不同光衰減強度的光譜圖

D：螢光末端的長度
 E：螢光前端的長度

(3). 用 Excel 畫出相對波長和光強度的關係圖。(如圖 6)

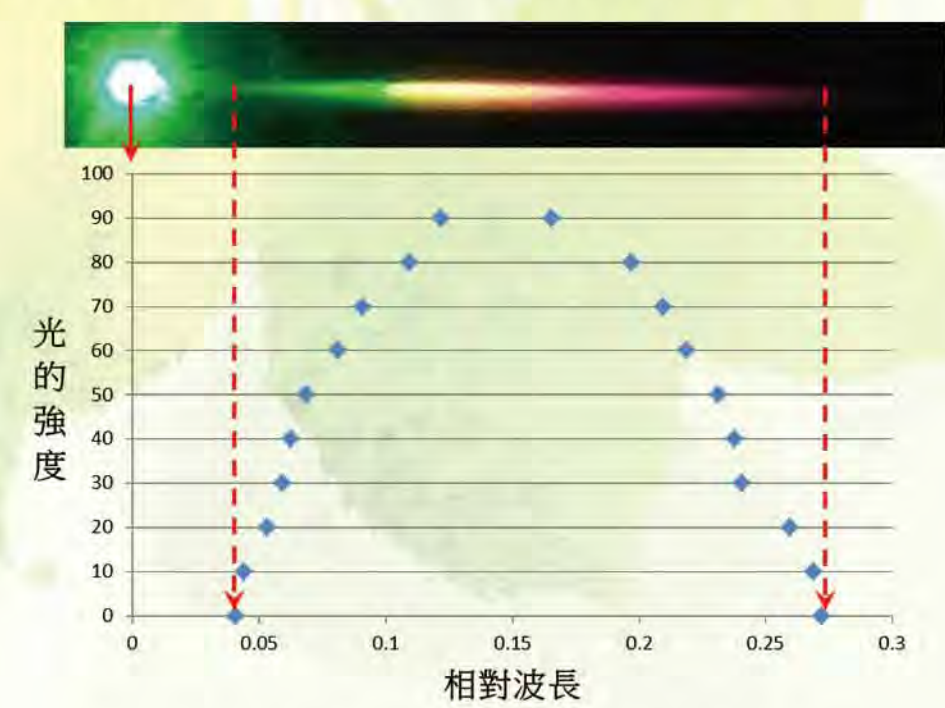


圖 6 相對波長與光強度的關係圖

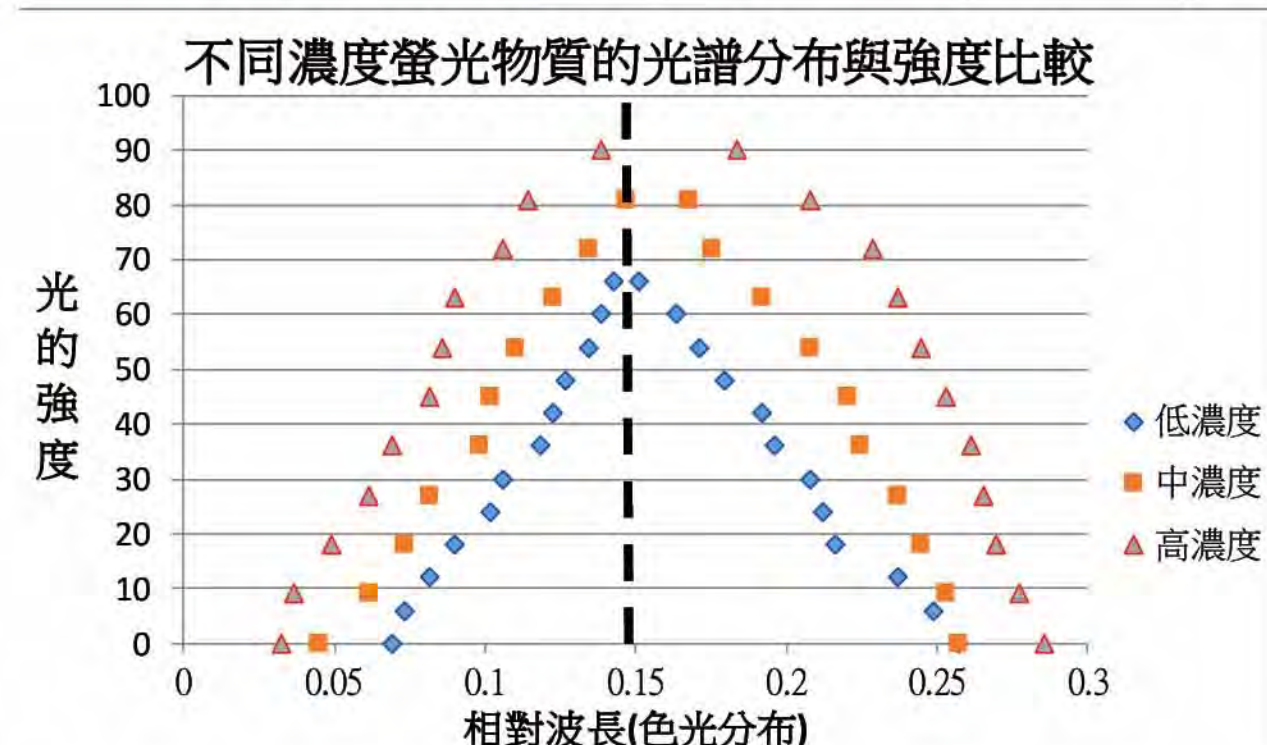
(二) 實驗結果

不同濃度螢光液體的光譜 (綠光)

名稱	顏色	濃度	螢光光譜	亮度 (光譜中心衰減率)	光譜中心相對距離	螢光範圍相對長度
螢光粉		濃度高		93	0.152	0.281
		濃度中		87	0.151	0.271
		濃度低		84	0.155	0.257
螢光橘		濃度高		84	0.154	0.273
		濃度中		80	0.152	0.264
		濃度低		78	0.141	0.229

不同濃度螢光液體的光譜 (藍光)

名稱	顏色	濃度	螢光光譜	亮度 (光譜中心衰減率)	光譜中心相對距離	螢光範圍相對長度
螢光粉		濃度高		93	0.152	0.281
		濃度中		87	0.151	0.271
		濃度低		84	0.155	0.257
螢光橘		濃度高		84	0.154	0.273
		濃度中		80	0.152	0.264
		濃度低		78	0.141	0.229
螢光黃		濃度高		94	0.191	0.454
		濃度中		89	0.17	0.433
		濃度低		84	0.172	0.444
螢光綠		濃度高		95	0.176	0.454
		濃度中		93	0.172	0.443
		濃度低		84	0.167	0.45



(三)、發現與討論：

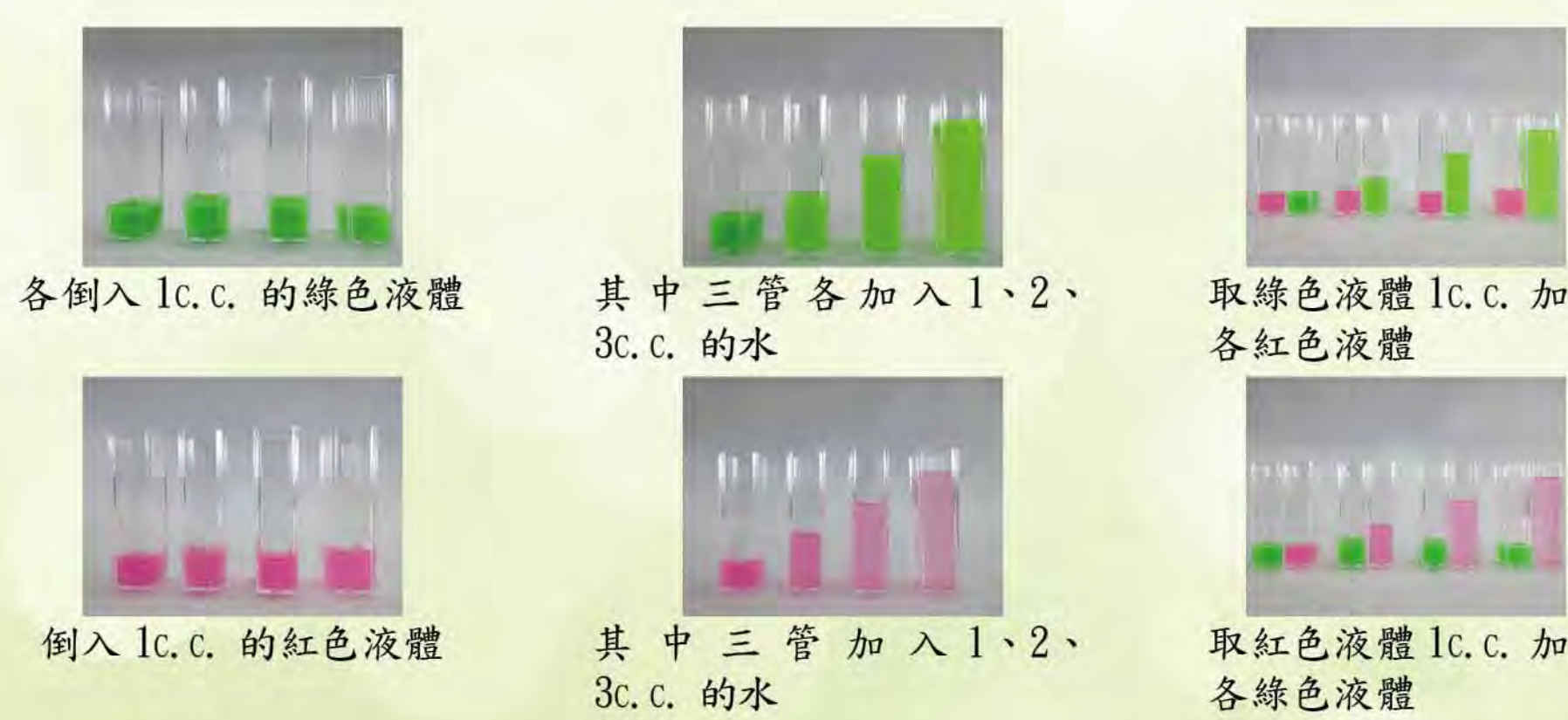
- 同顏色不同濃度的光譜中心分布大致在相同的位置，而螢光長度會隨著螢光濃度的增加而變長，可見螢光物質含量愈高，螢光發出來的強度越大，在同樣的曝光下拍攝出來的螢光範圍就會變大。
- 液體濃度愈高，所看見的螢光光譜愈亮、愈寬；液體濃度愈低，所看見的螢光光譜愈暗、愈窄。
- 同顏色不同濃度的光譜中心亮度衰減率，螢光液體濃度愈高，衰減的數值愈大；螢光液體濃度愈低，衰減的數值愈小。
- 從圖 4 看出：
 - 不同螢光含量的光譜中心的相對波長位置相近，代表液體顏色是相同的。
 - 不同濃度的波長範圍不一樣大，濃度高的可以看到的波長範圍比較大。
 - 相同波長位置的光強度比較高，表示那個位置的光譜比較亮也就是濃度比較高。
 - 同一種顏色不同濃度液體的光譜中，最高亮度的相對波長位置很相近。

研究六 不同顏色比例混合的螢光液體光譜中色光

為了驗證光譜的主要色光和次要色光是不同顏色依不同混合而成，進行下面實驗

(一) 實驗步驟

1. 液體混和方式



各倒入 1c.c. 的綠色液體

其中三管各加入 1、2、3c.c. 的水

取綠色液體 1c.c. 加入各紅色液體

倒入 1c.c. 的紅色液體

其中三管加入 1、2、3c.c. 的水

取紅色液體 1c.c. 加入各綠色液體

(二) 實驗結果： 不同比例混合液的光譜波形圖

液體調配方式	光譜影像	相對波長與強度關係圖 (光譜波形圖)
純紅色		
純綠色		
紅 4: 綠 1		
紅 3: 綠 1		
紅 2: 綠 1		
紅 1: 綠 1		
綠 2: 紅 1		
綠 3: 紅 1		
綠 4: 紅 1		

(三)、發現與討論：

- 純紅色液體的光譜折線圖只有一個強度較大的波長位置 純綠色液體也只有一個強度較大的波長位置。
- 含量增加的颜色，峰就會增高；含量减少的颜色，峰就會降低；兩種颜色含量相當時，兩個峰的高度會相同。
- 橘色到黄色的液體是由不同比例的紅色和綠色液體調配出來的。

柒、結論

一、不同顏色螢光物品會因為光源顏色的不同，而影響光譜的形成以及光譜的色光分布

- 用紅光雷射照射在所有的螢光物品，都不會產生螢光；綠光雷射只有照射在紅色、橘色、黃色（少數）的螢光物品上，會產生螢光；藍光雷射筆照射在所有顏色的螢光物品都會產生螢光。
- 以上的現象說明，照射光的能量如果比螢光物質的颜色光的能量低的話，就無法形成光譜了。
- 用綠光雷射照射的螢光光譜有明顯的紅黃綠三種色光；用藍光雷射照射的螢光光譜有明顯的紅黃綠藍四種色光。

二、螢光物質的颜色會影響光譜中心的位置、個數以及色光分布的範圍

- 光譜中有一個或兩個特別胖，特別亮的地方，我們稱做光譜的「光譜中心」。光譜中心 可能在紅色、綠色或藍色而且光譜中心的個數也不同。當螢光物品的颜色是三原色時，如紅色、綠色、藍色色紙的螢光光譜只有一個光譜中心；當螢光物品的颜色不是三原色時，如橘色和黄色色紙的螢光光譜就有兩個光譜中心，一個較亮一個較暗。
- 光譜的紅色光與綠色光的長短與螢光物質的颜色有關。例如紅色螢光物質的光譜中，紅光範圍比較長、比較寬也比較亮。

三、相同螢光颜色不同材質物品的光譜亮度不同

相同顏色不同材質的螢光光譜亮度不同，但是光譜中心位置和色光的組成及分布情形相近。也就是光譜中主要色光和次要色光的長度比例相近。

四、不同含量螢光物質的螢光光譜特性

- 同顏色不同濃度螢光液體的光譜中心位置很相近，但是亮度和螢光長度不同；濃度愈高，光帶愈亮，愈長、愈寬。
- 不同濃度的光譜波長範圍不一樣大，濃度高的可以看到的波長範圍比較大，也就是分光效果比較好。螢光物質含量愈高，螢光發出來的強度越大，在同樣的曝光下拍攝出來的螢光範圍就會變大。

五、從螢光光譜的特性可以探測出混合液體中的顏色比例關係

- 經由紅色與綠色螢光液體不同比例的調配液所拍攝的光譜，用 Excel 轉畫成相對波長與強度的關係曲線圖，也形成光譜波形圖，可以看出混合液體中的顏色比例關係。
- 混合液中顏色比例比較高的，相對波長的波峰就比較高。
- 從光譜波形圖可以看出橘色到黄色的液體是由不同比例的紅色和綠色液體調配出來的。
- 用簡單的器材就可以從光譜色帶的外觀與量測的各項數值看出三原色調配的比例。

捌、參考資料

- 顏世枋等 (2016)。奇妙的光。自然與生活科技 4 上。台南市：南一。
- 螢光光譜 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%8D%A7%E5%89%A5%E5%89%A8%E5%89%A9%E5%89%AC%E5%89%AD%E5%89%AE%E5%89%B0%E5%89%B1>
- 光的定義 <http://www.tnu.edu.tw/ee/upimages/file/Std-98/2005/%E6%96%87%E7%8D%B3%E6%8E%A2%E8%A8%E>
- 小牛頓科學百科 (4)。牛頓出版股份有限公司
- 國民中學自然與生活科技 2 上。南一書局。
- 雷射 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%8F%80%E5%85%B9>