

臺南市 108 年度國小學生獨立研究競賽作品

作品名稱：偏光片閃耀世界



編號： (由承辦單位統一填寫)

壹、 摘要（500 字以內）

偏光片是生活常見的物品，如我們每天看的電腦，從不同角度看他可以看到不同的細節；若有兩個偏光片，透過膠帶的折射，可以呈現出不同的顏色。我們的研究主要是探討當條件改變時，哪些因素會影響顏色，哪些因素又不會影響呢？我們的目標是透過科學化的方式，以 RGB 三原色的數值讀取，探討實驗結果到底是顏色的變化或是明暗的改變。透過量化的數值可以更清楚的理解偏光片上的膠帶與顏色的關係。我們也得到幾個寶貴的研究結果，如偏光片與偏光片的夾角會對光源的路徑造成影響、膠帶層數對光折射有影響，進而影響偏光片實驗的顏色結果、光源強弱與兩偏光片距離對呈現顏色的色系不影響...等研究結果。

貳、 研究動機及目的

在四年級的一節自然課中，老師介紹了偏光片這樣好玩的東西，我們也做了關於它的實驗，自製了萬花筒與太陽眼鏡。我們在做實驗時發現在偏光片上貼膠帶會產生各種不同的顏色，因此我們想深入的去了解它為什麼會有不同顏色呢？為了瞭解原因我們查了許多的資料，但都沒有講的很明確，這讓我們更想知道原因，因此我們就展開了對偏光片變色的研究。

- 一、 探討「光源的強弱」對「偏光片顏色明暗」的影響
- 二、 探討「偏光片膠帶旋轉角度」對「偏光片膠帶顏色」的影響
- 三、 探討「偏光片與光源夾角」對「偏光片膠帶顏色」的影響
- 四、 探討「偏光片間隔距離」對「偏光片膠帶顏色」的影響

參、 文獻探討

一、 光的特性：

光是人類可看到的電磁波，它是分子也是波，它可由四面八方照射而來，光不需要任何物質就能傳播到各地，所以光可以在真空中傳遞。光遇到非透明物體時既無法繼續向前就會有反射，亦會在此非透明物體後面形成陰影，而且此陰影形狀是和此物體形狀相同。

二、 光的折射與反射

折射:當光遇到不同介質時會在穿過此介質當中，不同顏色的光因速度不同而有不一樣的轉彎現象。物體形狀不同，反射角度也會有不同。像是光在空氣中比在水中快。

反射:當光照射到非透明物體時會往對稱角移動，當此物體被光反射到眼睛時，我們就能夠看見物體，所以沒有光的話，我們眼睛就看不到任何物體。像是水中的倒影就像鏡子一樣，可以把面前的物體照映出來。

三、 顏色的原理

光是由紅藍綠三個顏色所組成，而不同顏色的光會反射與某個物體相同的顏色，然後吸收其餘不同的顏色，就像是綠光會反射西瓜的綠色表皮，但不會反射蘋果的紅色表皮。物體會吸收和本身不同顏色的光線，像紅色物體會只讓白光中的紅光有反射的作用(參考網站於每日頭條-你知道光是什麼嗎?)。

陽光經過三菱鏡時會出現色散現象，分別有紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫 七種顏色。而不同的色光，在介質中的速率、波長都不完全相同，所以折射程度也不相同。例如光的波長：紅>橙>黃>綠>藍>靛>紫，上述顏色當中，以紅光波長為最長，以致它的折射率最小。以光在介質中的速度來說，依序為紫>靛>藍>綠>黃>橙>紅，紫光的速度最快。但光的折射率不會因速度的快慢而有所改變[參考於網站科學的家庭教師(光與顏色的關係 http://phyworld.idv.tw/Nature/Jun_2/htm/B3_4-5_POINT.html)]。

四、 偏振片原理

偏光片又稱偏振光片，或偏光振片。光源的行進方向是呈現縱向、橫向、直線的不規則型態。偏光片可以讓振動方向不同的電磁波過濾到只剩下單一方振動的電磁波。

偏振光片通常應用在太陽眼鏡、電腦螢幕和電視螢幕…等其他視覺設備。它的設計是可以讓自然光(自然光是全方位與全角度的照射)變成偏振光的光學元件，可以控制光的方向，讓某一光軸的光束通過，其餘與偏振角度不同的光束則會被吸收掉，而留下的光束則與該偏振光片有相同垂直(或相同平行)。

比如：像是三條繩子同時以上下左右不規則的往前方甩動，而偏振光片就像是一個縱軸或橫軸的過濾層，可以只讓這三條不同行進方向的繩子當中的某一條穿過(參考於 LIS 情境科學教材影片

<https://www.youtube.com/watch?v=ifPrzEL5UzU>)。舉例：在液晶螢幕的上層與下層分別有兩張偏振光片貼在玻璃基板的兩面，下層偏振光片用於將背光源所發出的光束轉換為偏振光，上層用來解析液晶電控(電子控制)的偏振光，進而產生明亮或黑暗的互相對比，從畫面顯示出來。所以如果少了任何一張偏光片，螢幕就無法正常顯示影像。

肆、 研究過程與方法

一、 探討「光源的強弱」對「偏光片顏色明暗」的影響

(一) 控制變因說明

為了要控制拍照的亮度，因此設計了一個「大紙箱」蓋住我們的裝置，裡面再放入手電筒，來照亮偏光片，這樣才能確保每次做實驗時能夠排除外在光源的影響，如上午下午窗戶外陽光不同，或晴天陰天的日照亮度不同…等情況。

那我們實驗所需的「大紙箱」設計草圖如下：

偏光片實驗裝置

註:實驗時,會有箱子蓋住本裝置(上方有洞,正好對準偏光片)

材料:偏光片x2,箱子,捲筒,衛生紙



從上往下看時的偏光片!!

5 4 3 2 1

我們在偏光片上貼上不同層數的膠帶(如左圖)



我們用偏光片的角度以正面的視角來看它,並且偏光片的角度以45°,135°作為操作變透過他們來觀察不同層數膠帶的顏色。



這是最終的架構透視圖

最外層的是一個大箱子,裡面用手電筒照亮,讓我們確定每次實驗亮度都一樣,並且在箱子上挖一個洞(跟手機鏡頭一樣),再用手機從上面拍照。



偏光片x2 (可轉動)

3層衛生紙 (一般都是一張式)

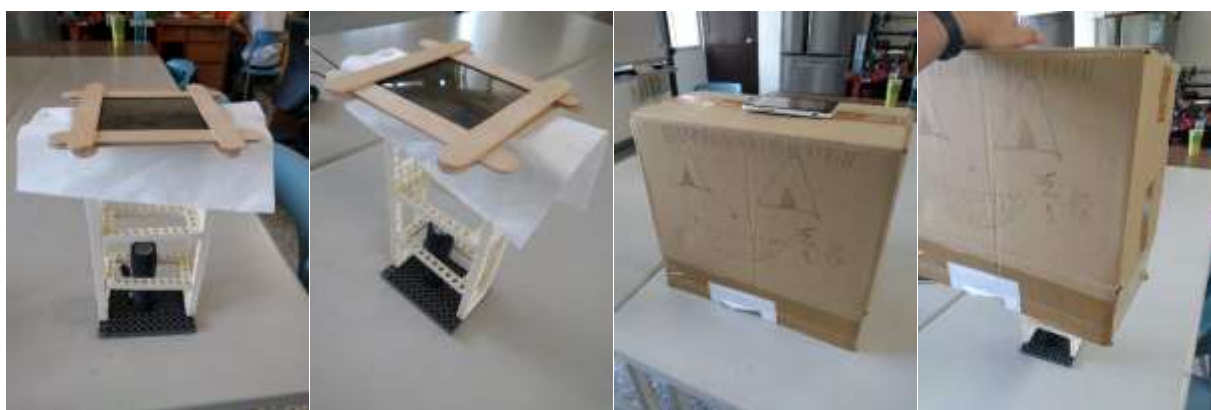
為了不讓捲筒的光太強

原本是拿來放手機,但那size的手機壞掉,後來已放手機筒! QAQ



拿掉了帽子

而下圖是我們依據實際需要使用積木製作完成的實品照：



(二) 操作變因說明

利用不同的手電筒亮度，我們採用勒克斯(lux)為單位，勒克斯越高，亮度越亮，勒克斯越低，亮度越暗。

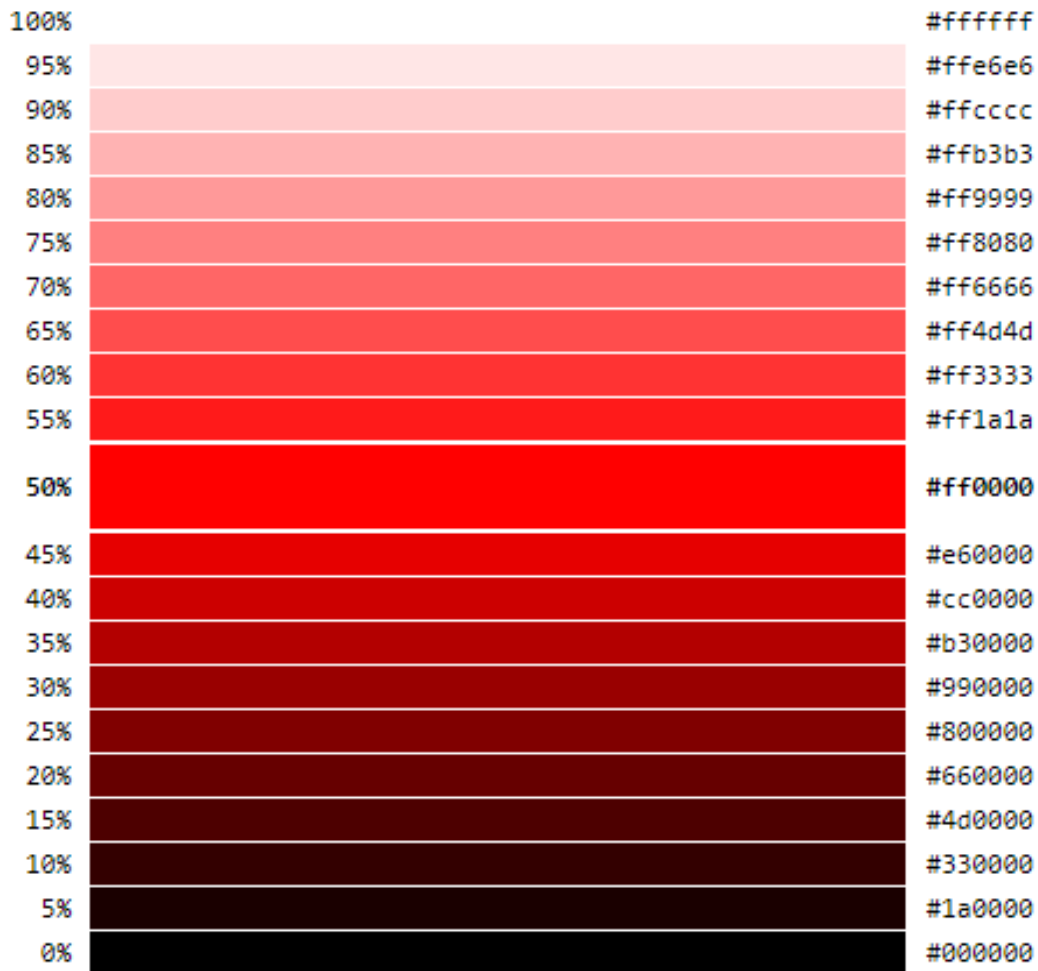
我們測量勒克斯的方法是使用 google 應用程式裡「科學日誌」，他能運用手機的感應器記錄各種資訊，其中我們只利用他的照度功能，以勒克斯作為單位。每一次實驗前，不管選擇手機或手電筒作為光源，我們都會先透過紙箱唯一的孔測試光照度，當勒克斯調整到一致時，才開始進行實驗。

紙箱孔到實驗裝置上偏光片的距離要固定在 8.5 公分，我們主要實驗的項目有三個，分別是 12、16、28 勒克斯，總共有 3 種勒克斯。將膠帶夾在兩個偏光片之間，透過後方的光源照射，由外罩紙箱孔拍照，偵測顏色的變化。

(三) 應變變因說明

主要觀察顏色的變化，那我們這裡顏色的變化，是將畫面透過拍照拍攝下來，然後放進電腦裡頭分辨顏色。以 PPT 的選取顏色功能，再以 RGB 列表看出偏光片顏色的明暗。(如下圖)

Lighter / Darker:



我們如果要測以紅光為主的明暗程度，以左圖的 #ffffff 為例：前兩個 ff 代表紅光的比重，中間兩個 ff 代表綠光的比重，後兩個 ff 代表藍光的比重，因此 #ffffff 即為紅、綠、藍光最高(100%)的比重，所混合出來的光線顏色。

相反的，#000000 分別代表紅、綠、藍光皆為 0% 所混合出來的光線顏色，即為黑色。

這裡的每一個數字，都是採用 16 進位，依序由 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F。

二、探討「偏光片膠帶旋轉角度」對「偏光片膠帶顏色」的影響

(一) 控制變因說明

我們主要考量的變因是每次拍照紀錄時，拍照角度與距離要一致，而這個部分可以透過我們設計的實驗裝置固定。



(二) 操作變因說明

主要探討的是兩偏光片的夾角對膠帶顏色顯色的影響，因此我們將實驗的偏光片旋轉角度，以 0 度、45 度、90 度和 135 度四個變因進行實驗。

(三) 應變變因說明

主要觀察方式為：透過肉眼做第一次的顏色判斷並記錄。再將照片裡的顏色透過顏色選取器讀取 RGB 的色碼。然後我們將膠帶範圍切四等分，分別取一次顏色取平均，來減少誤差的產生。

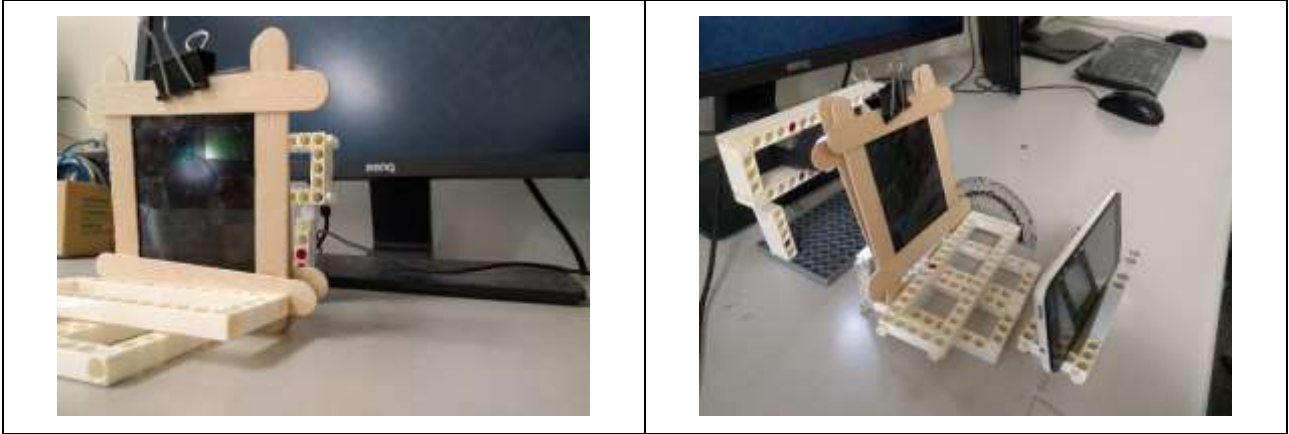
三、探討「偏光片與光源夾角」對「偏光片膠帶顏色」的影響

(一) 控制變因說明

我們利用兩片偏光片上面各貼著一到八層的膠帶，光源要固定在同一個地方，並且光源都是固定的亮度，手機拍照也要固定在同一個地方，搭配偏光片進行試驗。

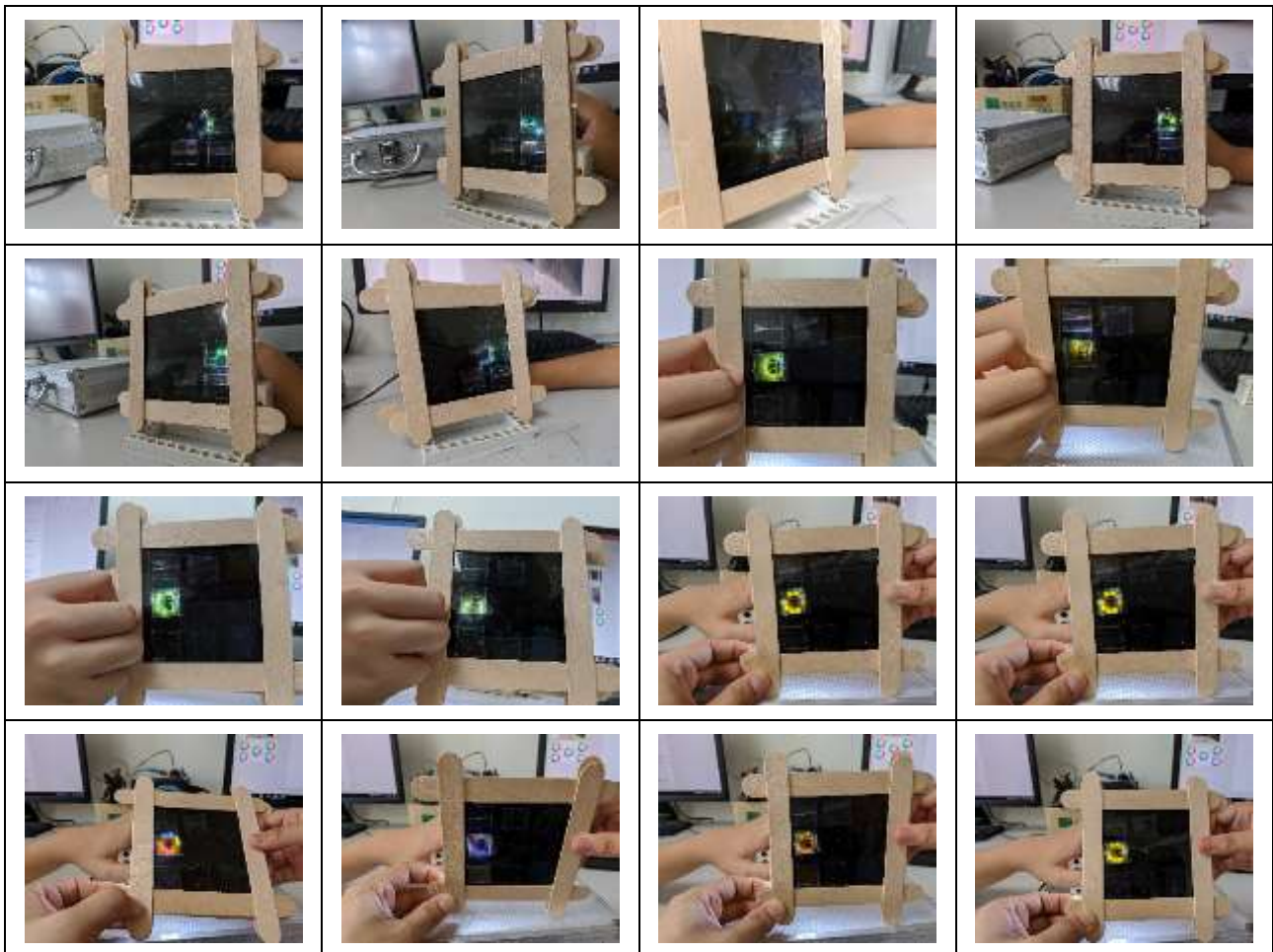
(二)操作變因說明

偏光片要放在一個架子上，架子可以調整 0、45、-45 度(下圖)，再利用我們的裝置(下圖)，就可以進行我們的實驗。






(三)應變變因說明

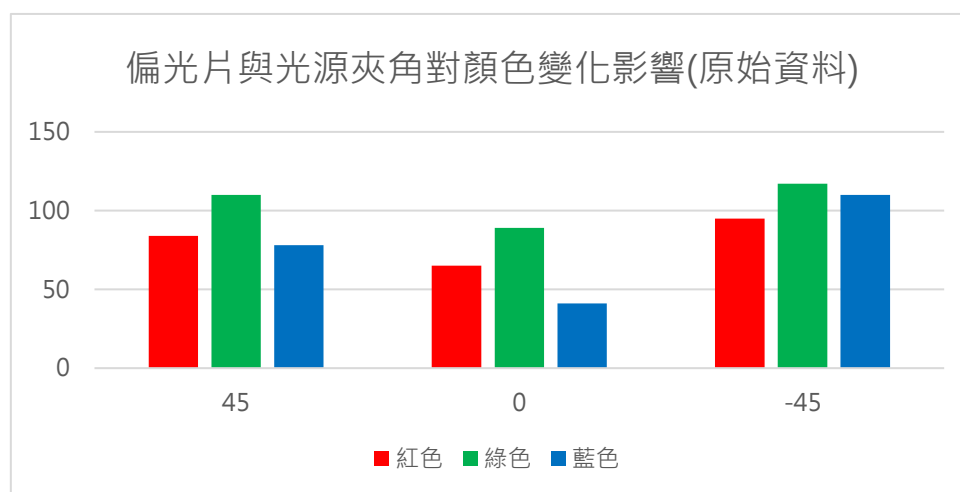
主要觀察呈現的顏色，紀錄結果如下



我們定義，偏光片與光源方向垂直時，角度為 0 度。

夾角-45 度	夾角 0 度	夾角 45 度
		
R : 95 G : 117 B : 110	R : 84 G : 110 B : 78	R : 65 G : 89 B : 41

將上述的資料轉化成表格數據化



由上圖我們可以發現這顏色如果忽略綠色的話，第一個 45 度的圖表紅色跟藍色差不多，0 度的圖表紅色比藍色多，-45 度的圖表藍色比紅色多，若一個顏色比例相同，那其他兩個顏色就看誰比例較高，代表哪個顏色比較多。

從這裡就可以觀察，當我們的偏光片與光源夾角改變時，從 RGB 三原色的比例是否隨著改變，來探討偏光片與光源夾角是否影響顏色。

四、探討「偏光片間隔距離」對「偏光片膠帶顏色」的影響

(一)控制變因說明

製作一個裝置可以固定角度要控制在 90 度，光也要固定在白色 91 勒克斯，手機和偏光片固定距離為 11 公分。



(二)操作變因說明

夾住兩片偏光片測量中間的距離後放上手機拍照，我們在兩片偏光片的距離分別選擇了 2 公分與 4 公分。

(三)應變變因說明

將拍下來顏色透過 PPT 的滴管工具讀取顏色之後，再將顏色的編碼透過 EXCEL 表格做數據化紀錄。以下是 RGB 顏色的表格紀錄。


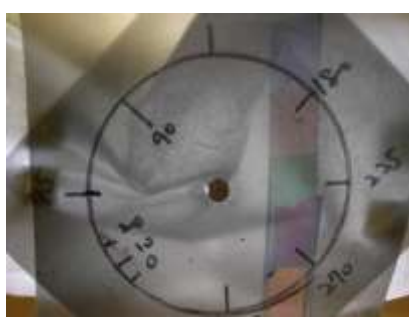
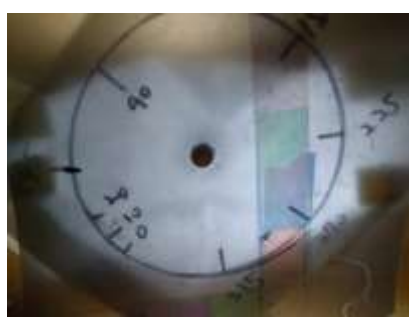


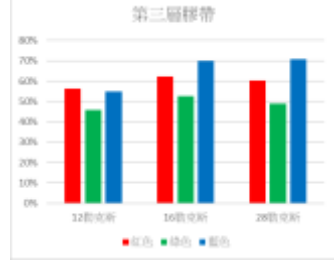
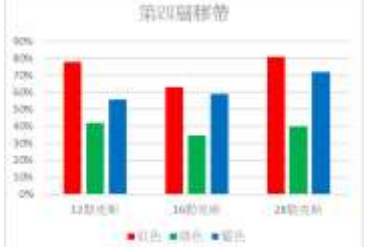
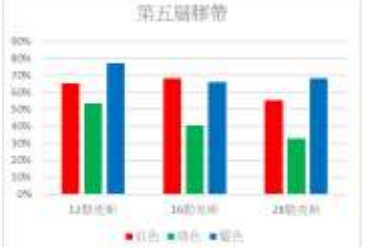
距離	RGB色彩記錄格式(比例)			膠帶層數	RGB色彩記錄格式(值)		
	紅色比例	綠色比例	藍色比例		紅	綠	藍
2公分	27%	26%	24%	2	70	66	61
2公分	18%	23%	23%	3	45	58	58
2公分	20%	19%	22%	4	51	48	56
4公分	33%	31%	29%	2	83	80	73
4公分	22%	31%	30%	3	57	78	77
4公分	28%	38%	32%	4	71	96	82

伍、 結果與討論

一、 探討「光源的強弱」對「偏光片顏色明暗」的影響

從下圖實驗結果可以看出，我們使用 12 勒克斯、16 勒克斯以及 28 勒克斯三種光源對偏光片貼膠帶產生出來的顏色。

我們在每一層膠帶透過顏色選取器隨機取三個點讀取 RGB 色彩，在透過平均取得一個比較公平的 RGB 顏色，紀錄如下：
















		
<p>12 勒克斯的情況中</p> <p>1 層 RGB=21 . 31 . 34</p> <p>2 層 RGB=105. 93 . 109</p> <p>3 層 RGB=144. 160. 155</p> <p>4 層 RGB=199. 162. 207</p> <p>5 層 RGB=167. 174. 141</p>	<p>16 勒克斯的情況中</p> <p>1 層 RGB=90 . 91 . 101</p> <p>2 層 RGB=114. 104. 102</p> <p>3 層 RGB=117. 135. 125</p> <p>4 層 RGB=108. 89 . 102</p> <p>5 層 RGB=137. 104. 84</p>	<p>28 勒克斯的情況中</p> <p>1 層 RGB=83 . 74 . 64</p> <p>2 層 RGB=141. 139. 153</p> <p>3 層 RGB=140. 179. 181</p> <p>4 層 RGB=143. 151. 184</p> <p>5 層 RGB=198. 169. 175</p>
<p>第一層膠帶</p> 	<p>第二層膠帶</p> 	<p>第三層膠帶</p> 
<p>第四層膠帶</p> 		<p>第五層膠帶</p> 

以上三種不同照度的結果顯示，當照度越高，可以從 RGB 三原色比例的結果發現幾乎是同時等比例的增加，也就是說若 RGB 三原色比例不同，就會呈現出另一種顏色。

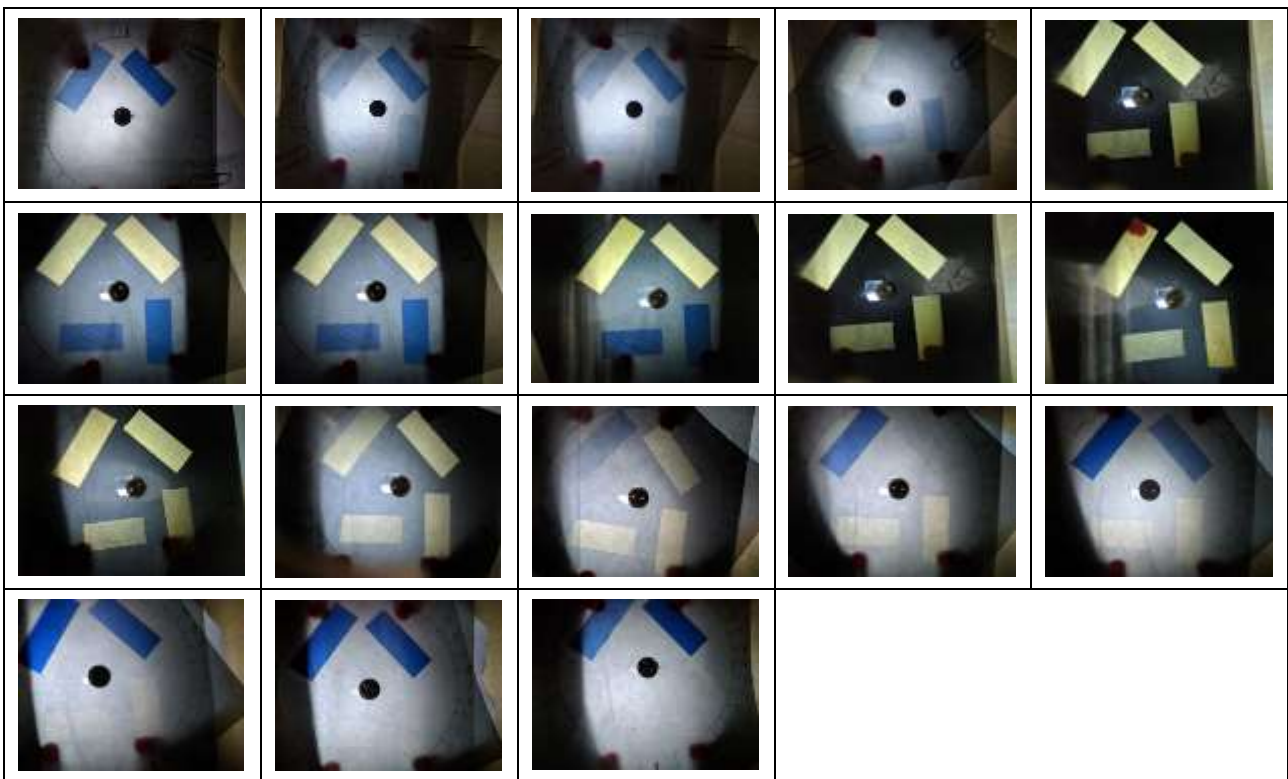
因此，當照度增加，顏色並不會改變，但會改變顏色的明暗。且隨著光源照度越高，顏色的明度也越高。

二、 探討「偏光片膠帶旋轉角度」對「偏光片膠帶顏色」的影響

以下是不同旋轉角度中，偏光片膠帶顏色的變化紀錄

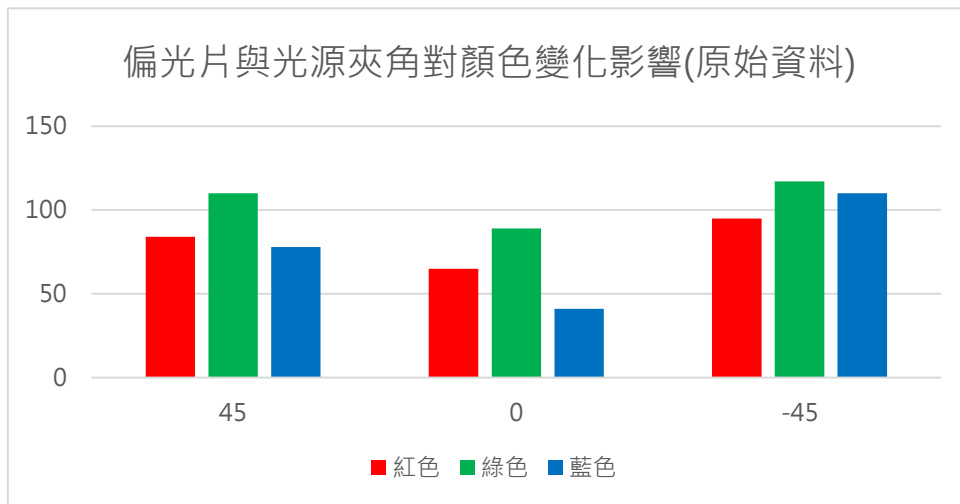
12 勒克斯的實驗結果				
				
角度 0 度	角度 45 度	角度 90 度	角度 135 度	角度 180 度
16 勒克斯的實驗結果				
				
角度 0 度	角度 45 度	角度 90 度	角度 135 度	角度 180 度
28 勒克斯的實驗結果				
				
角度 0 度	角度 45 度	角度 90 度	角度 135 度	角度 180 度

從上述實驗記錄結果可以發現，顏色的呈現會隨著兩偏光片夾角的變化跟著改變。且從顏色的變化中，可以發現顏色從 45 度到 90 度的改變最為明顯，以三、四層膠帶的變化可以更清楚發現。在夾角 45 度時，第三層的颜色是藍綠色，但是轉變到夾角 90 度時，會改變成紫紅色。那我們進一步將其中一個照度的實驗在細分成每 10 度記錄一次。觀察顏色的變化

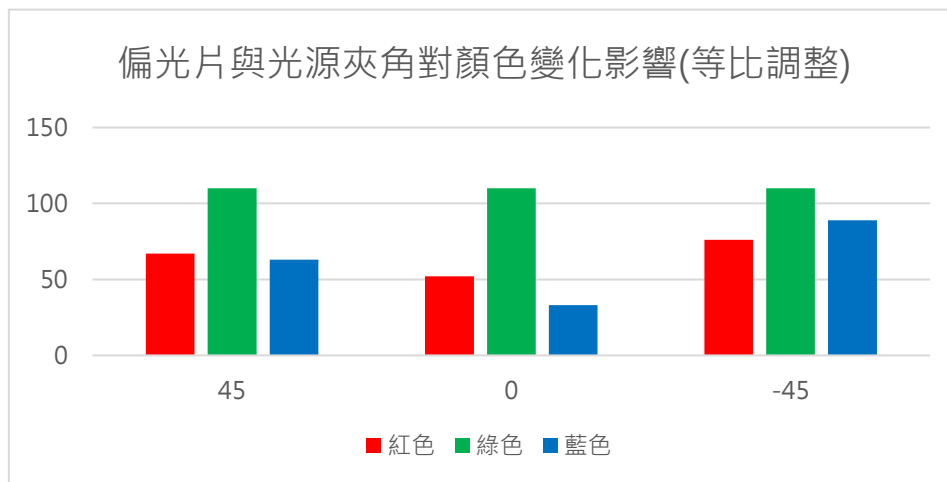


我們發現膠帶在任何一種層數只會出現兩種顏色，而且這兩種顏色是隨著兩偏光片夾角的增加，而有明暗的變化，但改變角度若超過 45 度，則會變成他的互補色。

三、 探討「偏光片與光源夾角」對「偏光片膠帶顏色」的影響



從原始資料可以看出，當夾角是 0 度時，整體亮度較低，代表偏光片遮光較多。另一方面，若從顏色比例來看，確實在不同角度時顏色的組成不同。



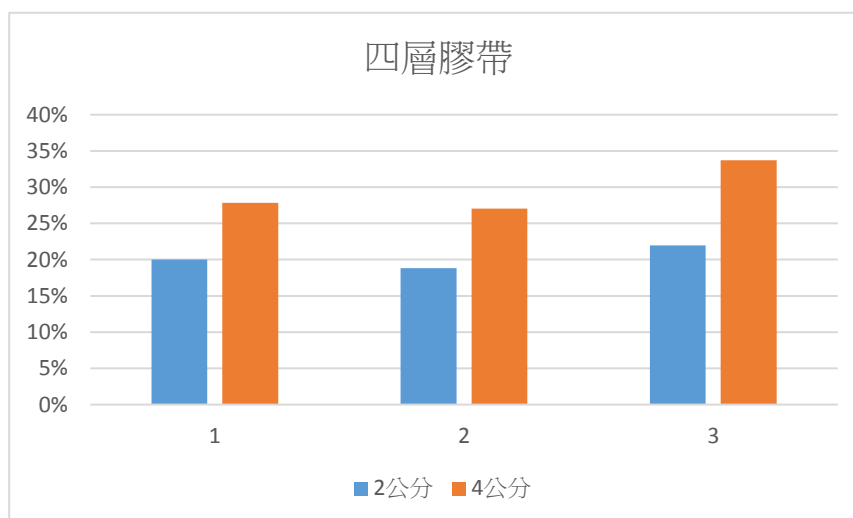
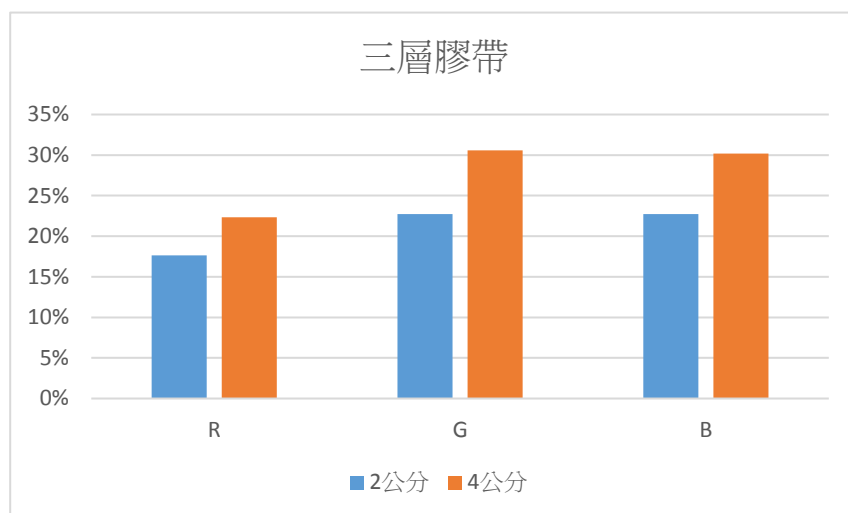
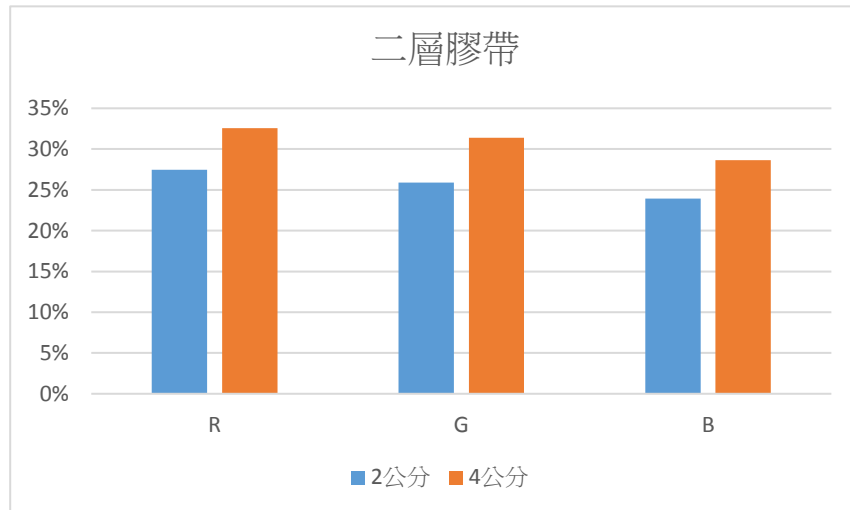
我們特別將資料等比調整，以綠色為主，等比例縮放紅與藍色。可以更清楚發現顏色確實有不同。以下我用圖表來表示。

夾角 45	夾角 0	夾角 -45
紅=藍	紅 > 藍	藍 > 紅

可以從紅色與藍色的比例發現當偏光片與光源夾角不同時，對偏光片上膠帶呈現出來的顏色確實會影響。

四、 探討「偏光片間格距離」對「偏光片膠帶顏色」的影響

根據實驗結果，我們可以得出，偏光片間格距離對顏色的影響不大。



以二層膠帶的實驗結果來看，我們可以發現有一個重點：不管距離為何，RGB 的比例都是一樣的。例如：以 2 層的距離來看，紅色的比例大概是 20 幾，以 2 公分、4 公分來看，也都大概 20 幾，以此類推，基本上大家相對長度都一樣，應該顏色在四公分時要比較暗但有外在光源沒遮住所以比較亮。

實驗結果發現間隔距離不會影響顏色的變換。但間隔距離拉長之後，會影響進光量。

陸、 結論

一、 偏光片與偏光片的夾角會對光源的路徑造成影響：

當偏光片與偏光片夾角旋轉的過程中，我們發現可以通過的光是不同的。若要讓顏色呈現出來更方便於我們觀察，透過膠帶使光線折射，再透過偏光片而使最後的光源呈現某一個極性的光源，在根據不同波長的光對於折射的反應不同，因此會呈現出不同的顏色。若兩偏光片之間夾角旋轉超過 90 度，顏色就會變為互補色。

二、 膠帶層數對光折射有影響，進而影響偏光片實驗的顏色結果：

當兩偏光片夾角旋轉超過九十度之後，顏色是互補色之間進行變化，但每一個膠帶層數組合只會出現一種互補色的組合，因此膠帶層數確實對光的折射產生影響了，在透過偏光片之後，就出了兩偏光片相同夾角確不同顏色的結果。

三、 光源強弱與兩偏光片距離對呈現顏色不影響：

光源強弱影響了實驗結果的亮度，但透過兩偏光片夾膠帶呈現出各種顏色

的結果不改變。另一方面兩偏光間隔距離遠近對顏色結果也不影響，但也是影響了呈現顏色的明暗。三原色的組成都是等比例的改變。

柒、 參考文獻

1. 國立台中教育大學NTCU科學教育與應用學系，篇名：科學遊戲實驗室。

<http://scigame.ntcu.edu.tw/light/light-012.html>

2. 謝宏榮，2009。顏色偏光效應，Journal of China Institute of Technology Vol.40-2009.061.

3. 網路藝名探索之子，(2018-12-15 發表)，篇名：光不需要任何介質就可以傳播，可是光是能量，沒有物質，能量怎麼傳播出去？。每日頭條。取自

<https://kknews.cc/news/q48vv4r.html>

4. 南一書局，篇名：光的折射和折射定律。取自

https://www.nani.com.tw/nani/jlearn/natu/ability/a1/3_a1_4_4.htm

5. 南一書局，篇名：光的反射現象。取自

https://www.nani.com.tw/nani/jlearn/natu/ability/ability_list.js

[p?file=a1/3_a1_4_2.htm&p_page=ability_3.jsp6.](https://www.nani.com.tw/nani/jlearn/natu/ability/ability_list.js?p=file=a1/3_a1_4_2.htm&p_page=ability_3.jsp6)

7. 南一書局，篇名：光源與物體的顏色。取自

https://www.nani.com.tw/nani/jlearn/natu/ability/ability_list.js

p?file=a1/3_a1_4_8.htm&p_page=ability_3.jsp

8. 翼報，篇名：色彩原理，三基色原理。取自

https://www.ebaomonthly.com/window/photo/lesson/color_01.htm9.

10. 科學的家庭教師，篇名：4－5光與顏色的關係。取自

http://phyworld.idv.tw/Nature/Jun_2/htm/B3_4-5_POINT.html

11. 網路藝名探索光的半徑，(2017-07-16 發表)，篇名：你們知道光是什麼嗎？。每日頭條。取自

<https://kknews.cc/science/53xyzm2.html>

12. 維基百科，(2018年8月6日最後修訂)。偏光片。取自

<https://zh.wikipedia.org/wiki/偏振片>

13. 網路藝名圖像處理與機器視覺，(2018-12-06 發表)，篇名：偏振片、偏光片。每日頭條。取自

<https://kknews.cc/zh-tw/news/qvmyggy.html>

14. 嚴天浩，(2018-10-25 發布)，LIS 情境科學教材，影片名稱：膠帶做隱形藏寶圖!?-神奇偏光片【LIS 實驗室】 - YouTube。取自

<https://www.youtube.com/watch?v=ifPrzEL5UzU>

捌、 附件(如無附件本項可自行刪除)

探討光源強度對顏色影響的原始紀錄表格

	第一層			第二層			第三層			第四層			第五層		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
12勒克斯	21	22	26	101	88	104	145	161	147	201	161	210	166	175	138
	29	31	38	95	86	103	134	139	149	181	155	192	166	173	142
	36	40	39	120	106	120	153	179	168	215	169	219	170	175	144
平均	29	31	34	105	93	109	144	160	155	199	162	207	167	174	141
RGB百分比	11%	12%	13%	41%	36%	43%	56%	62%	60%	78%	63%	81%	65%	68%	55%
16勒克斯	87	87	97	112	101	99	119	139	128	109	90	109	134	99	80
	84	87	96	103	93	92	119	132	122	112	92	101	134	106	85
	100	100	110	128	117	115	114	134	125	102	85	97	143	106	88
平均	90	91	101	114	104	102	117	135	125	108	89	102	137	104	84
RGB百分比	35%	36%	39%	45%	40%	40%	46%	53%	49%	42%	35%	40%	54%	40%	33%
28勒克斯	83	74	65	155	154	168	135	174	177	147	156	189	198	168	175
	89	79	69	112	110	123	137	175	178	137	140	173	203	176	182
	77	67	58	155	154	168	149	187	189	144	157	191	192	162	168
平均	83	73	64	141	139	153	140	179	181	143	151	184	198	169	175
RGB百分比	32%	29%	25%	55%	54%	60%	55%	70%	71%	56%	59%	72%	77%	66%	68%