中華民國第 55 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組　物理科

佳作

080123

色視差眼鏡的 3D 影像成像原理

學校名稱：臺中市龍井區龍海國民小學

作者：	指導老師：
小六 林妙君	紀慶隆
小六 陳彥樺	李義評
小六 洪瑋庭	
小六 林琮凱	

關鍵詞：色視差眼鏡、光柵、繞射

摘要

為什麼色視差眼鏡能將平面圖案變立體，因鏡片為穿透型光柵，光束射入鏡片時，會在紙箱上形成多個等距的干涉點，其中以 m=+1 最亮，為主要影像，其他較弱的光點會形成數個鬼影。當轉動 180 度時會得到另一個鏡像，因此左右眼會看到相同影像卻在不同的水平位置，而造成 3D 效應。以紅、綠、藍光雷射射入鏡片時，以紅光的 m=+1 點偏移最多，綠光次之、藍光最少，因此來自電腦螢幕的光，不論前景或背景光，單色或混色光，都會由個別的單色光獨立繞射偏折後，混合出各種效果。因此才有不同背景時，繞射後最突出顏色不同。同一種顏色的線條在不同背景色下，會繞射出不同顏色的線條。這些複雜的顏色變化都可以顏色位移模型說明，約 90%的準確度。

壹、研究動機

假日和家人前往高雄義大世界遊玩，進入鬼屋前，每位遊客都會拿到一支眼鏡，當踏進遊戲區內，發現有的影像都跑出來，但有的退後，好奇心驅使下，將眼鏡拿開，發現面前都是色彩鮮明的平面圖案，跟科博館立體電影兩個偏光影像不同。在學校彈性課程學過的紅藍 3D 時，發現螢幕中紅藍 3D 的圖案是由兩張影像所組成，這兩張影像必須經過特殊顏色處理，使得紅藍鏡片只能各篩選出其中一張影像，這樣才能形成 3D 影像。不論偏光 3D 或紅藍 3D，皆須兩張不同水平位置的影像，為什麼義大世界中一個平面圖案會有 3D 立體效果，這樣的疑惑一直放在心裡，直到老師拿出一種眼鏡，讓我們戴戴看，在 google 輸入「chromadepth」看到很多圖片如圖 1、圖 2，戴上眼鏡後，很奇怪怎麼會有立體的感覺呢 ？

圖 1 色視差圖片 1[1]

圖 2 色視差圖片 2 [1]

但是這種眼鏡的鏡片，看起就像一般的透明膠片，但一定有什麼道理在裡面做怪，才能將普通圖片看出立體效果。便展開這次的科展研究。

貳、資料收集與文獻閱讀

我們看到的色彩是不同波長的電磁波。人們為了開發便宜和簡易的彩色顯示器，使用紅光、綠光和藍光以不同比例混合，來模擬真實的色彩，例如:電視、電腦、手機…等。

四年級上學期光的世界(南一板)提及光的一些重要特性如:光是直線進行，光遇上物質會反射或折射，光遇到三稜鏡會色散出彩紅…。色散可能是三稜鏡或光柵所造成，不同波長的光對三稜鏡的折射率不同，而形成稜鏡色散。而不同波長的光對光柵的繞射角度不同，而形成光柵色散。光柵色散為多光束色散與稜鏡色散為單光束色散，如圖 3。白光的光柵色散實際影像如下相片 1 經請教老師後，初步認定該鏡片為穿透型光柵片 。

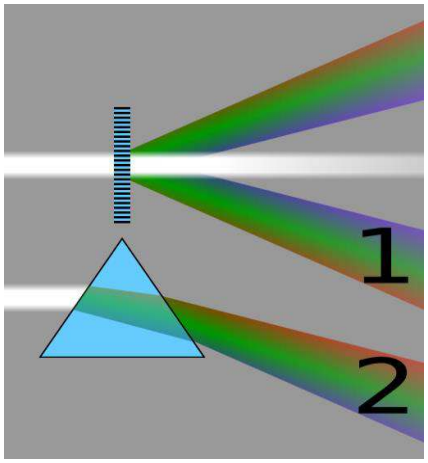


圖 3 光柵色散與稜鏡色散比較[2]

相片 1 白光的光柵色散[2]

參、研究目的

一、為什麼左右鏡片會有不同影像? 為什麼會有鬼影?
二、為什麼黑色背景時，紅色最突出?
三、為什麼白底黑線繞射後會出現洋紅色及青色的線?
四、為什麼背景不同時，最突出的顏色會不同?
五、為什麼旋轉鏡片可見洋紅色及青色的線互相旋轉？

肆、實驗流程圖

動機:
- 用色視差鏡片觀察
- 產生好奇、疑惑

A1 為什麼左右鏡片會有不同影像? 為什麼會有鬼影?
A2 為什麼黑色背景時，紅色最突出?
A3 為什麼白底黑線繞射後會出現洋紅色及青色的線?
A4 為什麼背景不同時,最突出的顏色會不同?
A5 為什麼旋轉鏡片可見洋紅色及青色的線互相旋轉？

文獻閱讀:
- 彩虹、可見光譜:顏色與波長
- 液晶螢幕成像原理:RGB 三色
- 認識紅藍 3d:
  - 左右眼的影像相同
  - 水平位移量

- 色散成因:網路查詢
- 水波繞射
- 光是一種波動
- 光柵特性

鏡片的光學特性:
B1 旋轉鏡片對干涉點的影響
B2 調整光源、鏡片和紙箱的距離對干涉點的影響
B3 不同色光對干涉點的影響
B4 不同鏡片對干涉點的影響

液晶螢幕
C1 黑底白線和白底黑線為何不同
C2 背景顏色對立體效應的影響

結論
1. 多個干涉光點：造成鬼影。
2. 不同色光的繞射角不同，造成
   - 背景不同時，突出的色塊顏色不同。
   - 同一顏色的直線在不同背景色時，會繞射出不同顏色的線條。
   - 旋轉鏡片時，繞射出不同顏色的線條會互相旋轉。
3. 干涉點光點強弱： m=+1 最亮，為主要影像 。
4. 不對稱性：中心光點不會移動，m=+1 最亮，旋轉 180 度使左右眼看到不同影像造成立體效應。

伍、研究設備及器材

1.藍光指示筆*1 支	2.鐵尺*1 支	3.色視差眼鏡*1 支(黑框)
4.綠光指示筆*1 支	5.相機*1 臺	6.色視差眼鏡*1 支(白框)
7.紅光指示筆*2 支	10.膠帶*1 捆	12.色視差眼鏡*1 支(塑膠)

陸、研究結果

實驗一　旋轉鏡片對干涉點的影響

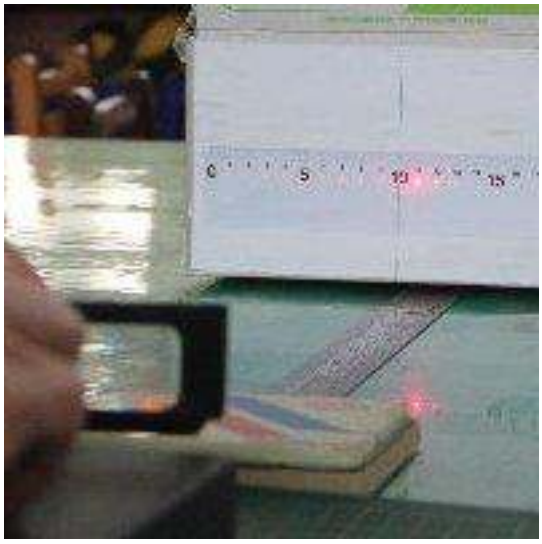
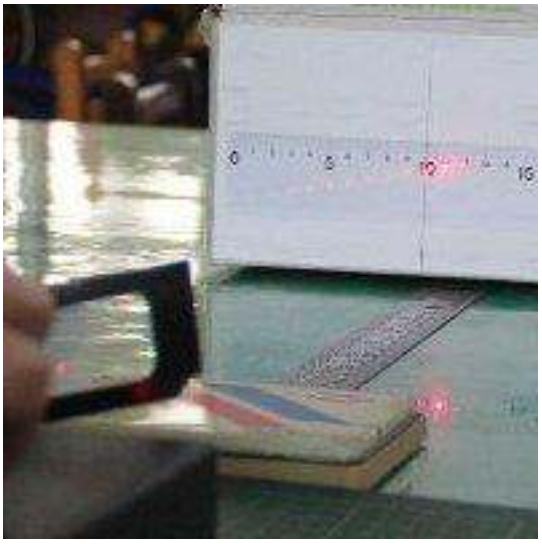
1.方法：

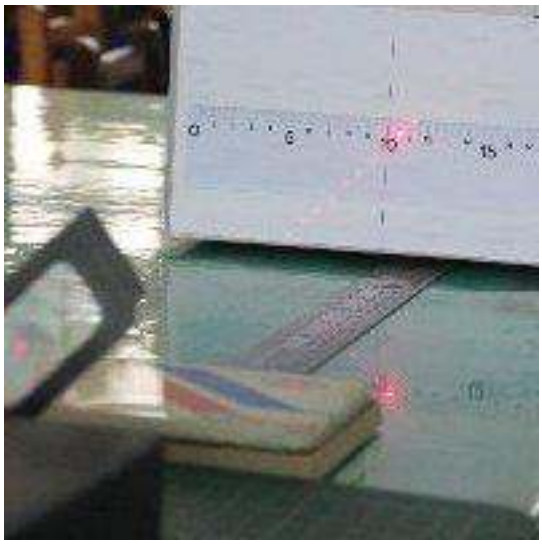
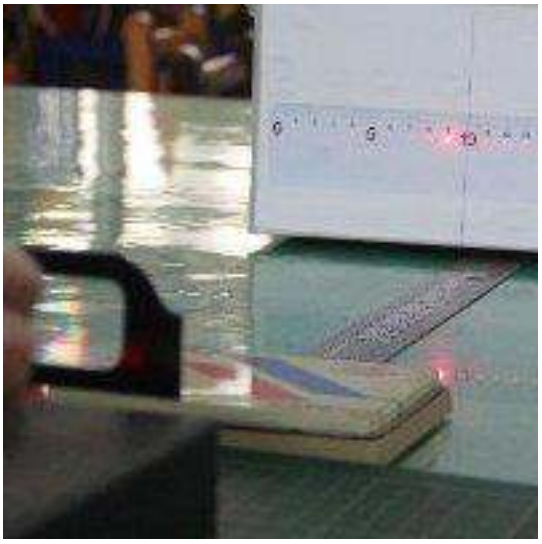
光源為紅光雷射波長 654nm，鏡片為黑紙框色視差眼鏡之左鏡片，鏡片距紙箱 40cm，中心光點照在「10」的紙尺上，旋轉鏡片從 0 度到 180 度，間隔 30 度觀察一次，每種配置進行五次實驗。

2.實驗結果：

以照像紀錄作為實驗結果，如下表所示。

表 1：旋轉鏡片對干涉點影響

	
旋轉 0 度	**旋轉 30 度**

	
旋轉 60 度	**旋轉 90 度**
	
旋轉 120 度	**旋轉 180 度**

3.討論：

當我們旋轉鏡片時，發現整群干涉光點都會跟著旋轉，只有一點不會移動，將這個不動點稱為**中心光點**。中心光點(m=0)不是最亮的點，**最亮點**(m=+1)在中心光點旁，如表一中所示，當旋轉 0 度時，最亮點在中心光點右側，在旋轉 180 度時，最亮點在中心光點左側。命名名稱如下表:

表 2：干涉點命名

					中心光點	最亮點				
m=-5	m=-4	m=-3	m=-2	m=-1	m=0	m=+1	m=+2	m=+3	m=+4	m=+5

實驗二　調整光源與鏡片的距離對干涉點的影響

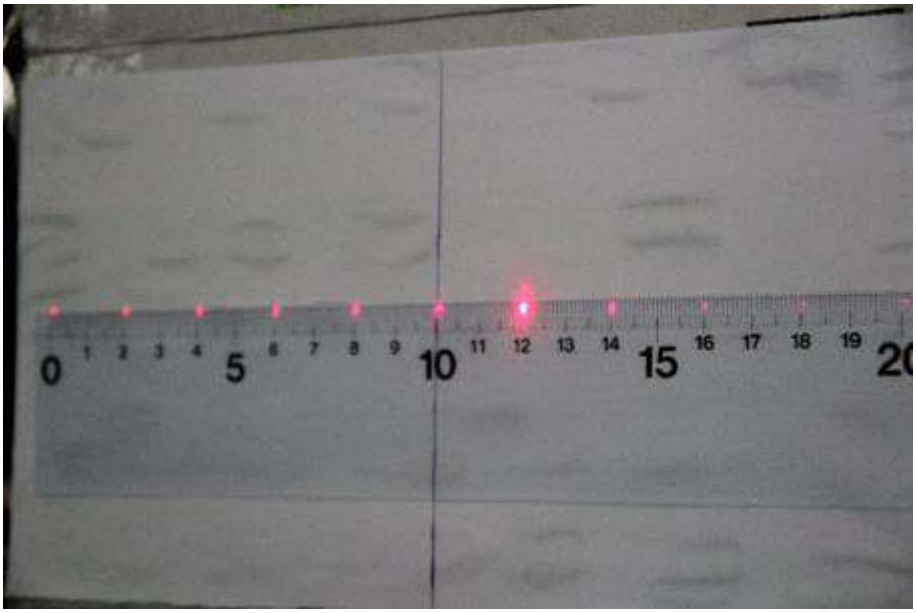
1.方法：

光源為紅光雷射波長 654nm，鏡片為黑紙框色視差眼鏡之左鏡片，鏡片距紙箱 100cm，中心光點照在「10」的紙尺上，改變光源與鏡片的距離，實驗設計如相片 2，光源到鏡片距離為 10、20、30、40 及 50cm。

相片 2　　調整光源與鏡片的實驗情境

2.實驗結果：

繞射影像如相片 3，紀錄干涉點的位置，每一資料都由 5 次重複測量值的平均如表 3



相片 3　　鏡片距紙箱 100cm 的干涉點

表 3　調整光源與鏡片的距離對干涉點的影響					
光源距鏡片 (cm)	m=+1(cm)	m=+2 (cm)	m=+3(cm)	m=+4(cm)	m=+5(cm)
10	2.0	4.1	6.2	8.2	10.2
20	2.0	4.0	6.1	8.1	10.2
30	2.0	4.1	6.1	8.2	10.3
40	2.1	4.2	6.3	8.3	10.5
50	2.0	4.0	6.0	8.1	10.2

3.討論：

從實驗結果發現，當光源到鏡片距離改變，對干涉點的位置不會影響。

實驗三　調整鏡片與紙箱的距離對干涉點的影響

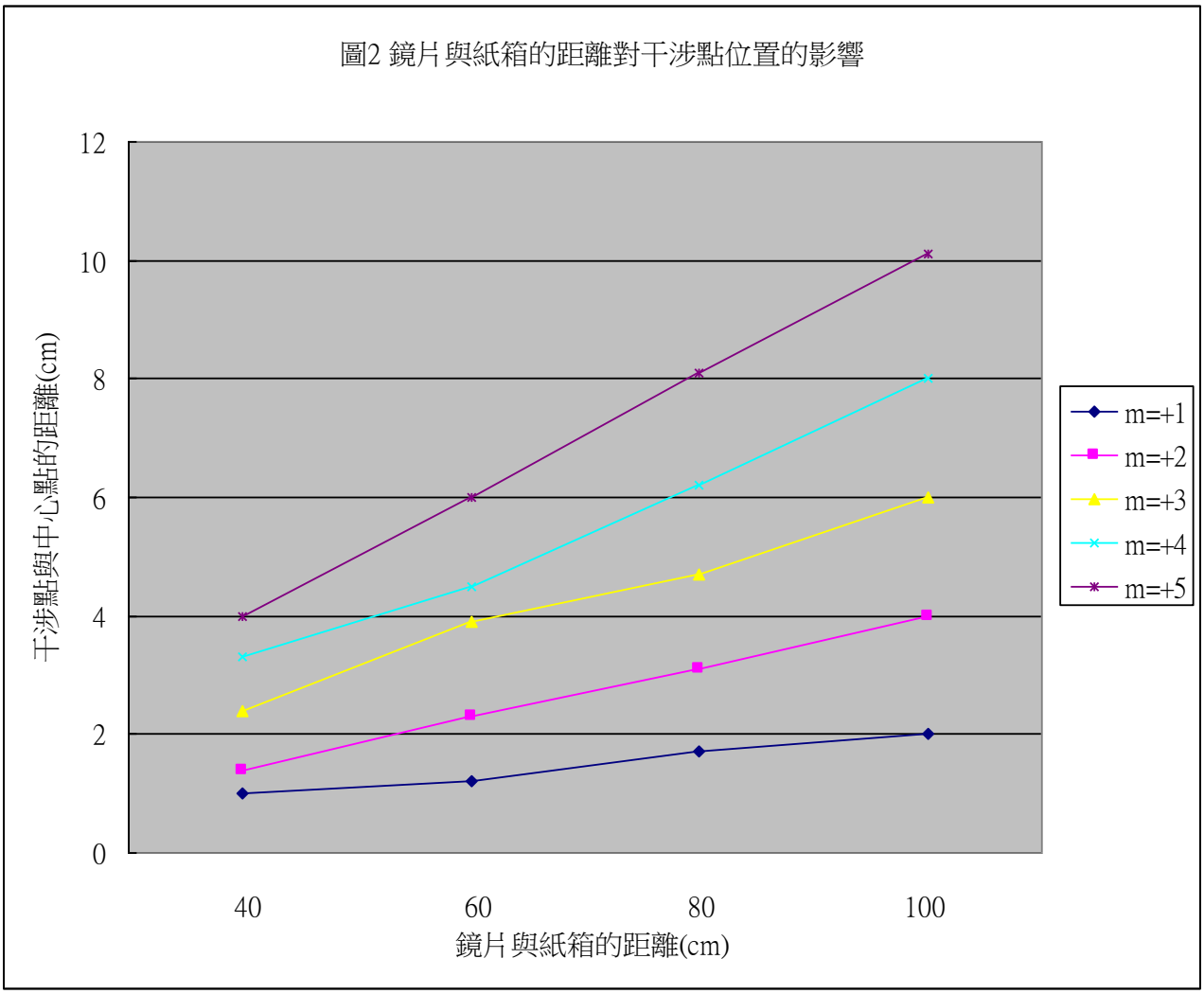
1.方法：

光源為紅光雷射波長 654nm，鏡片為黑紙框色視差眼鏡之左鏡片，光源距鏡片 10cm，只移動紙箱，改變紙箱與鏡片的距離。

2.實驗結果：

紀錄干涉點的位置，每一資料都由 5 次重複測量值的平均如表 4。並做成圖 4。

表 4 調整鏡片與紙箱的距離對干涉點的影響					
鏡片距紙箱(cm)	m=+1(cm)	m=+2 (cm)	m=+3(cm)	m=+4(cm)	m=+5(cm)
40	1	1.4	2.4	3.3	4.0
60	1.2	2.3	3.9	4.5	6.0
80	1.7	3.1	4.7	6.2	8.1
100	2.0	4.0	6.0	8.0	10.1



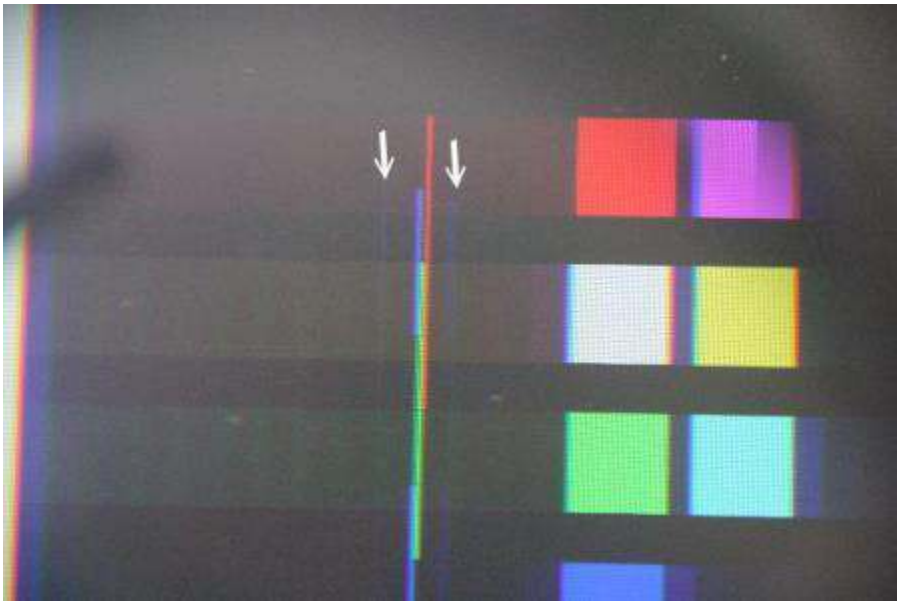
3.討論：

從實驗結果發現，紙箱到鏡片的距離會影響干涉點，人的瞳孔相當於相當於紙箱位置，所以經學生互相測量眼鏡到瞳孔的距離約 1.4cm，將表 4 依比例運算得表 5

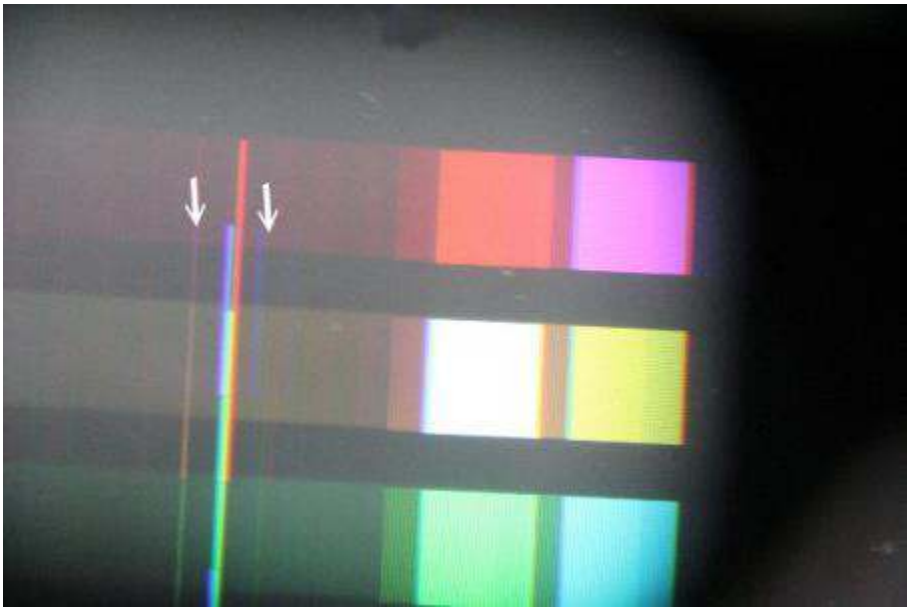
表 5 眼鏡到瞳孔距離對干涉點的影響

眼鏡到瞳孔(cm)	m=+1(cm)	m=+2 (cm)	m=+3(cm)	m=+4(cm)	m=+5(cm)
1.4	0.028	0.056	0.084	0.012	0.14

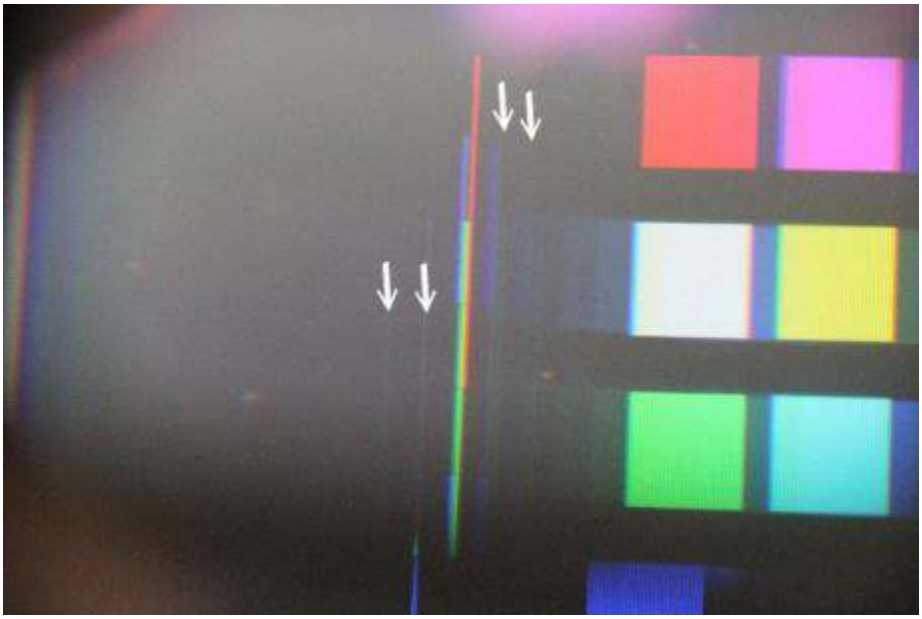
查詢百度百科，得知人的瞳孔直徑約 2-4mm，因此應可同時看到 7-14 個鬼影。但經實際觀察，可見相片 4 塑膠框眼鏡與相片 5 黑紙框眼鏡多了 2 個鬼影(白色箭頭處)，相片 6 白紙框眼鏡多了 4 個鬼影。其他不明顯的鬼影，可能因為亮度太暗所致。



相片 4 塑膠框眼鏡的鬼影



相片 5 黑紙框眼鏡的鬼影



相片 6　白紙框眼鏡的鬼影

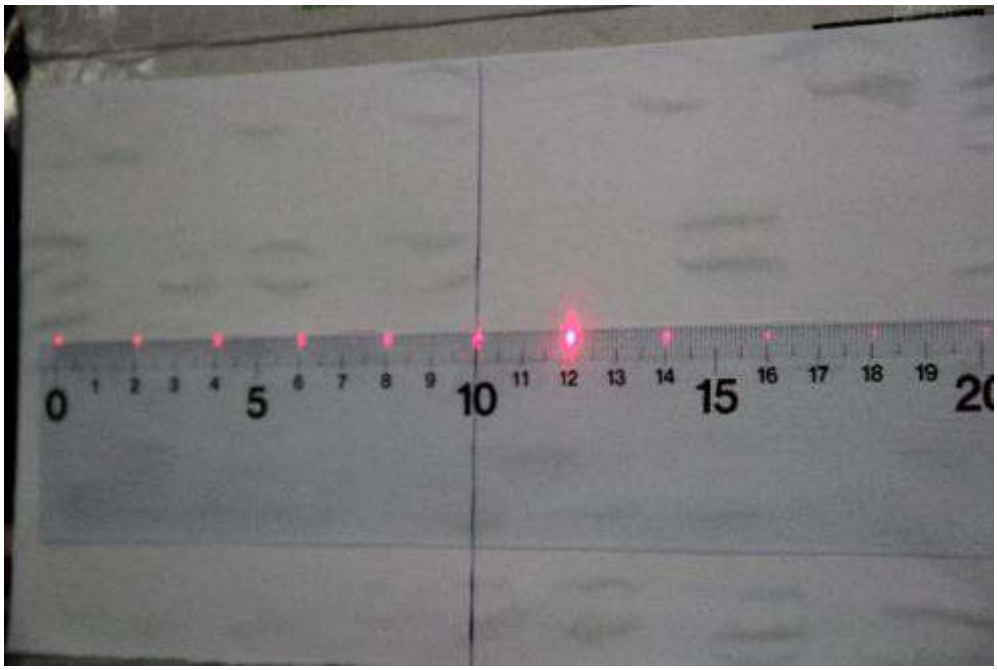
實驗四　干涉點的分布

1.方法：

以黑紙框眼鏡的左鏡片作為試驗鏡片，調整鏡片距離紙箱 100cm，以紅光雷射筆照射鏡片，重覆 3 次並紀錄紙箱上干涉點距離中心光點的距離，

2.實驗結果：

實驗結果如相片 7 所示，將量測數據整理如表 6 所示。



相片 7　紅光 100cm 干涉點的分布

表 6　干涉點距離中心光點的距離(cm)											
	m=-5	m=-4	m=-3	m=-2	m=-1	m=0 中心光點	m=+1 最亮點	m=+2	m=+3	m=+4	m=+5
平均	10.0	8.0	6.0	4.0	2.0	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0

3.討論：

當用紅光雷射時，發現各光點的間隔都相等為 2cm。

實驗五　不同色光對干涉點的影響

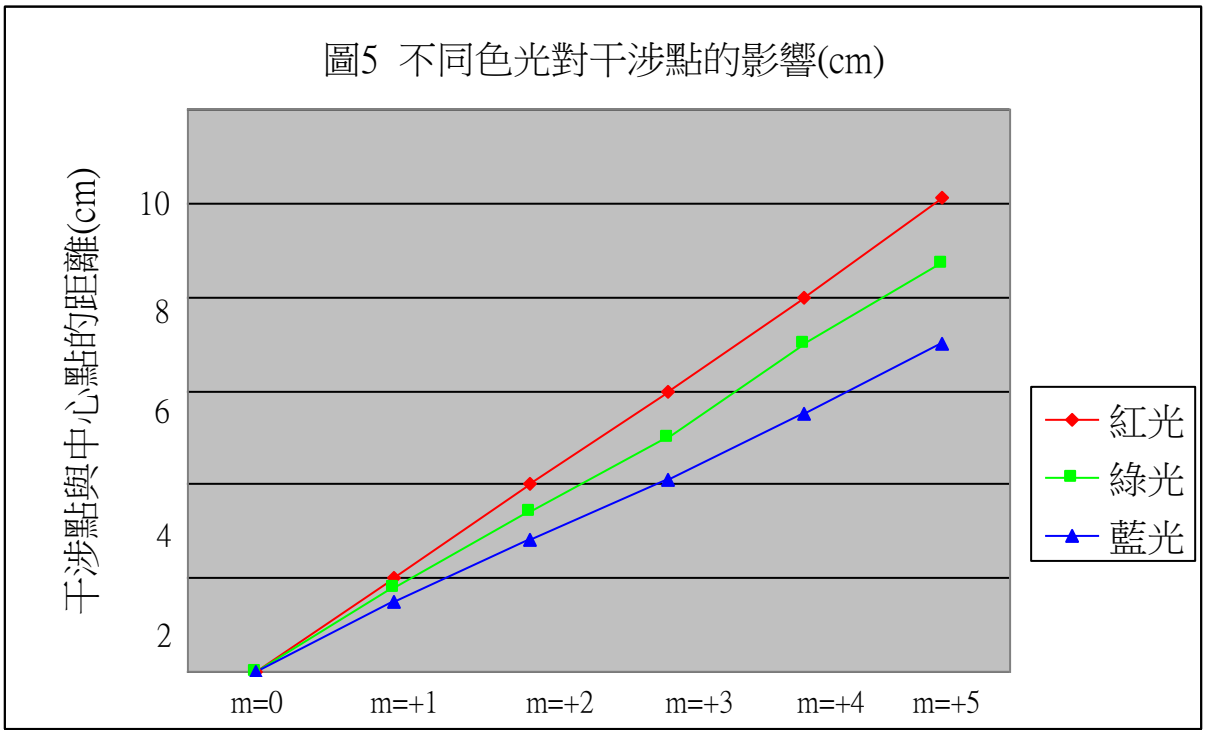
1.方法：

以黑紙框眼鏡的左鏡片作為試驗鏡片，調整鏡片距離紙箱 100cm，以紅光 654nm、綠光 532nm、及藍光 448nm 雷射筆照射鏡片，並紀錄紙箱上干涉點距離中心光點的距離，每一數值都由 5 次測量值平均求得。

2.實驗結果：

不同色光對干涉點影響，量測平均值如表 7 及圖 5。

表 7　不同色光干涉點的分布(cm)							
	m=0	m=+1	m=+2	m=+3	m=+4	m=+5	平均間隔
紅光	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	2.00
綠光	0.0	1.7	3.3	4.8	6.5	8.1	1.62
藍光	0.0	1.3	2.6	4.0	5.4	6.8	1.36



3.討論：

紅光干涉點平均間隔 2.00cm，綠光干涉點平均間隔 1.62cm，藍光干涉點平均間隔 1.36cm，除了 m=0 外，每一級分布的平均間隔 紅光>綠光>藍光。

實驗六 不同鏡片對干涉點的影響

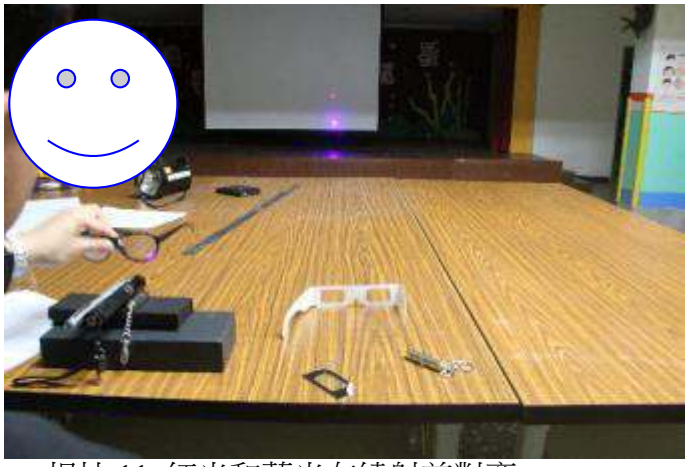
1.方法：

使用塑膠框、黑紙框、白紙框、三種不同眼鏡，為了讓每個干涉點分散開來，避免測量光度時互相干擾，調整鏡片距離銀幕 7m，光度以 Lutron LX-103 光度計測量，紅光、綠光、及藍光雷射筆照射鏡片，並紀錄銀幕上干涉點距離 m=-1 光點的距離，每一數值都由 3 次測量值平均求得。

相片 8 實驗情境

相片 9 測量干涉點的位置

相片 10 測量干涉點的亮度



相片 11 紅光和藍光在繞射前對齊

相片 12 紅光繞射後比藍光偏間隔更大

2.實驗結果：

實驗資料整理如表 8 及表 9

表 8 不同鏡片對干涉點的影響(cm)

	紅光					綠光					藍光				
	m=-1	m=0	m=+1	m=+2	m=+3	m=-1	m=0	m=+1	m=+2	m=+3	m=-1	m=0	m=+1	m=+2	m=+3
塑膠框	0	15	30	45	59	0	12	24	36	48	0	11	20	30	40
黑紙框	0	15	30	44	59	0	12	24	36	48	0	10	21	31	42
白紙框	0	15	30	45	60	0	12	24	36	47	0	10	20	30	40

表 9 不同色光干涉點的分布及亮度(lux)						
		m=-1	m=0	m=+1	m=+2	m=+3
塑膠框	R 亮度	6	14	155	4	3
	R **亮度%**	3.87%	9.03%	100.00%	2.58%	1.94%
	G 亮度	10	73	1735	380	120
	G 亮度%	0.58%	4.21%	100.00%	21.90%	6.92%
	B 亮度	3	6	102	17	5
	B 亮度%	2.94%	5.88%	100.00%	16.67%	4.90%
黑紙框	R 亮度	5	21	110	10	3
	R 亮度%	4.55%	19.09%	100.00%	9.09%	2.73%
	G 亮度	2	17	1794	14	8
	G 亮度%	0.11%	0.95%	100.00%	0.78%	0.45%
	B 亮度	2	4	81	10	5
	B 亮度%	2.47%	4.94%	100.00%	12.35%	6.17%
白紙框	R 亮度	3	5	104	3	3
	R 亮度%	2.88%	4.81%	100.00%	2.88%	2.88%
	G 亮度	23	45	1983	80	36
	G 亮度%	1.16%	2.27%	100.00%	4.03%	1.82%
	B 亮度	5	7	75	37	11
	B 亮度%	6.67%	9.33%	100.00%	49.33%	14.67%

三種不同眼鏡的干涉點分布很接近。

亮度%=各別亮度÷最大亮度　例如：3.87%=6 ÷ 155

由表 9 得知最亮點都是 m=+1，次亮點可能是 m=0 或 m=+2。

3.討論：

本實驗從兩個層面進行不同鏡片影響，發現干涉點位置幾乎一致，沒有顯著差異。但亮度部分，發現亮度分佈比率有相當大差異。

實驗七　黑底白線和白底黑線繞射後為何不同

1.方法：

使用 Word 軟體的繪圖功能繪製以下 8 張圖，如圖 6-圖 13，提供觀察，每張圖的背景進行顏色變換，包括黑、藍、綠、青、白色、黃色、紅色、洋紅色。

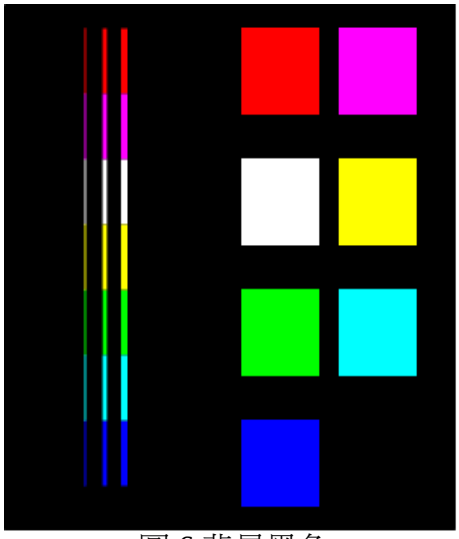


圖 6 背景黑色

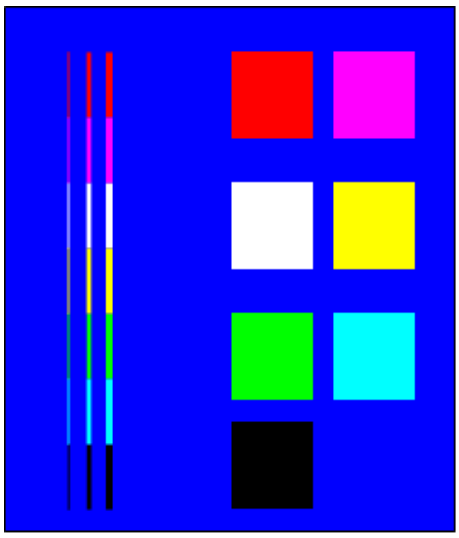


圖 7 背景藍色

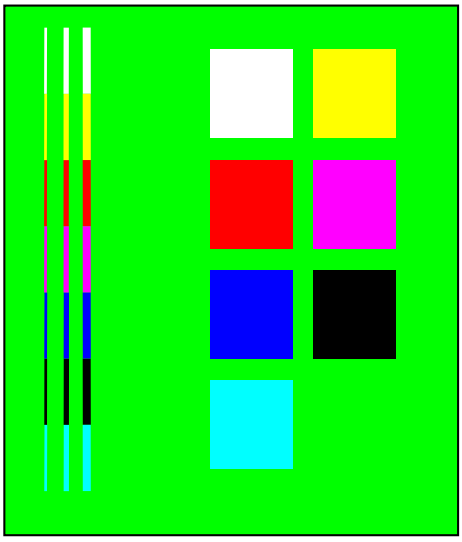


圖 8 背景綠色

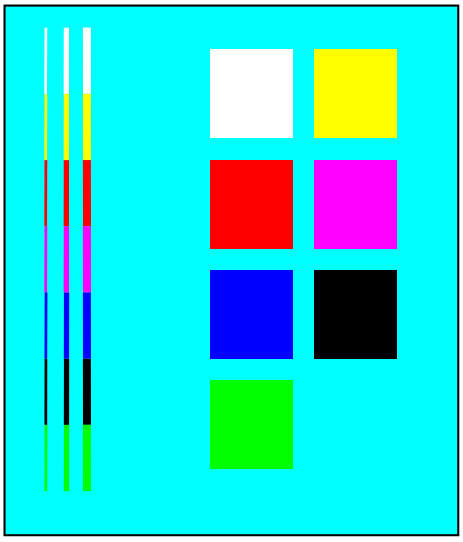


圖 9 背景青色

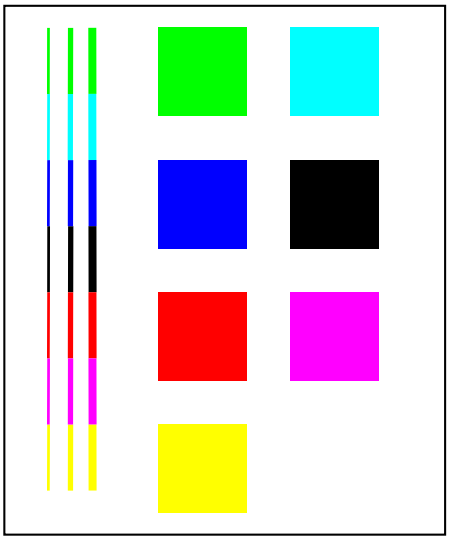


圖 10 背景白色

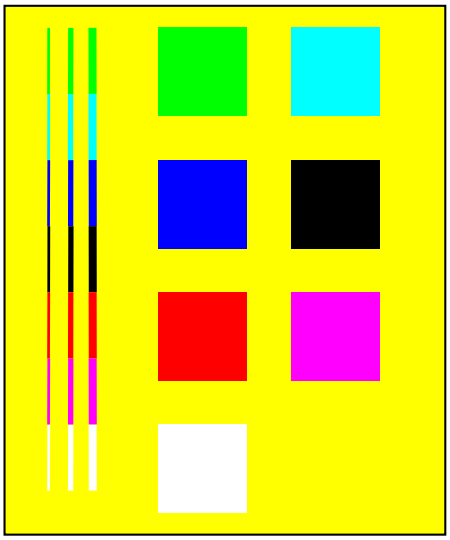


圖 11 背景黃色

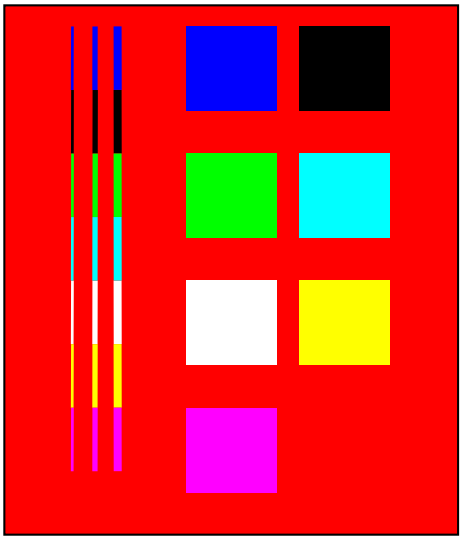


圖 12 背景紅色

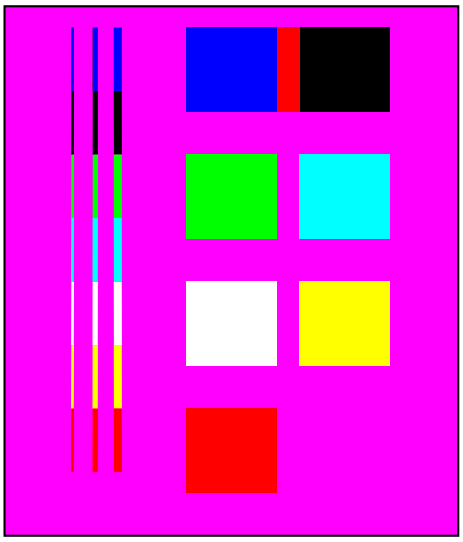
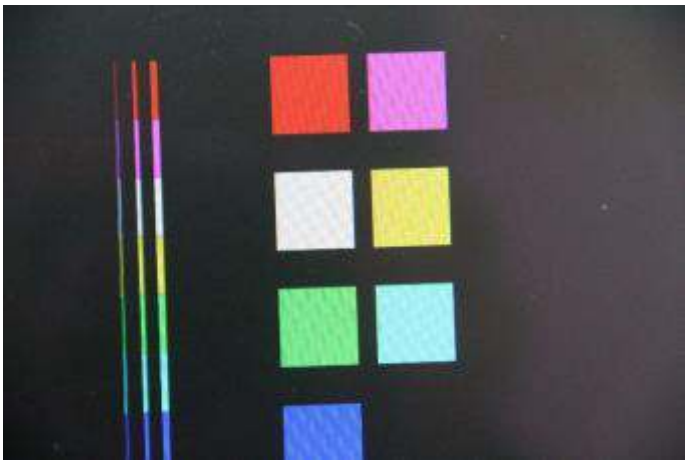
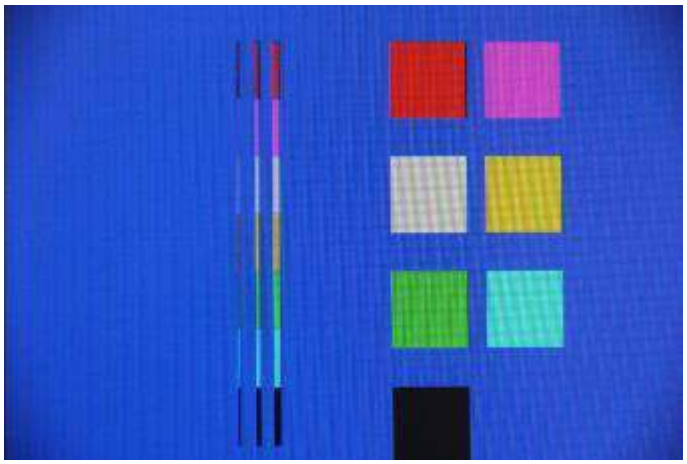


圖 13 背景洋紅色

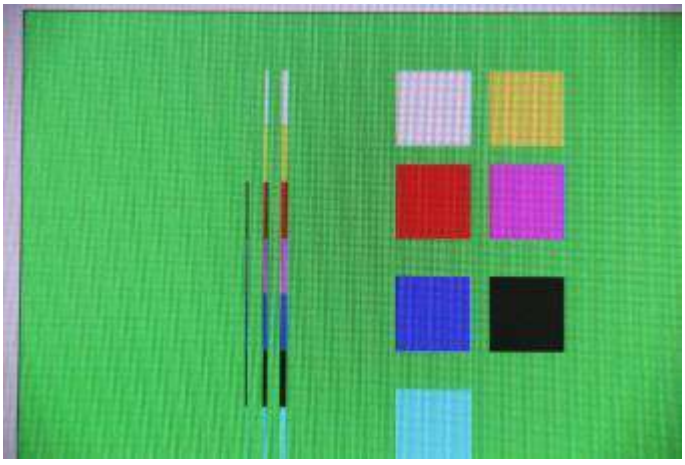
線條厚度分 1pt 2pt 3pt ；有紅色、洋紅色、綠色、青色、藍色、黑色、白色、黃色共 8 種顏色。使用塑膠鏡框色視差鏡片之左眼鏡片觀察與照相，繞射前 8 張相片如相片 13-20 所示。



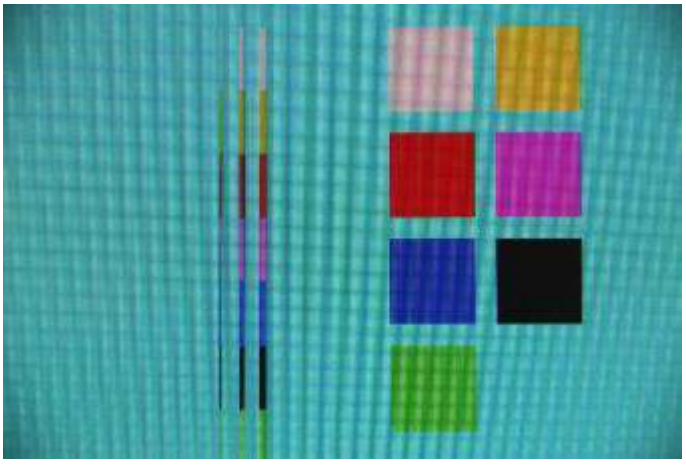
相片 13 背景黑色 繞射前



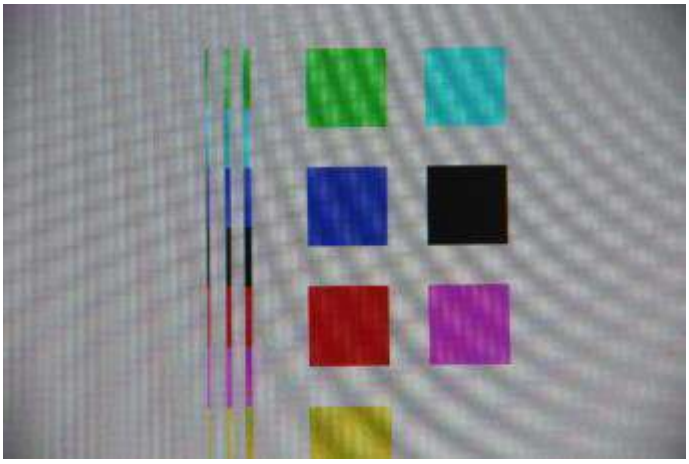
相片 14 背景藍色 繞射前



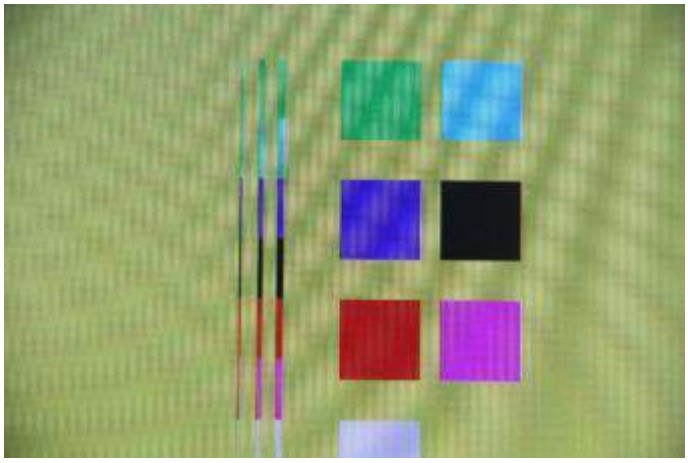
相片 15 背景綠色 繞射前



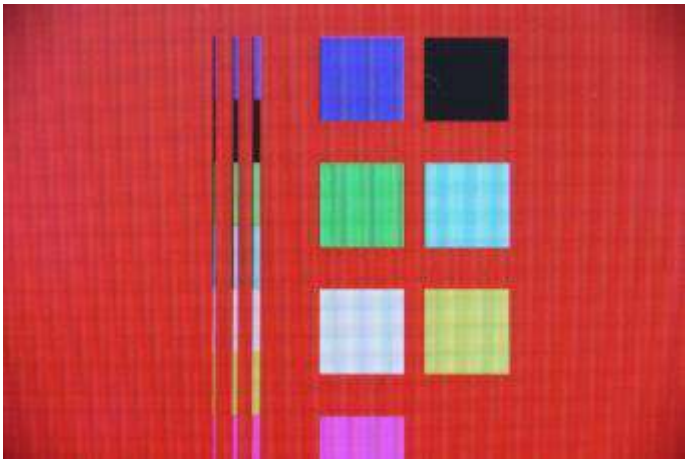
相片 16 背景青色 繞射前



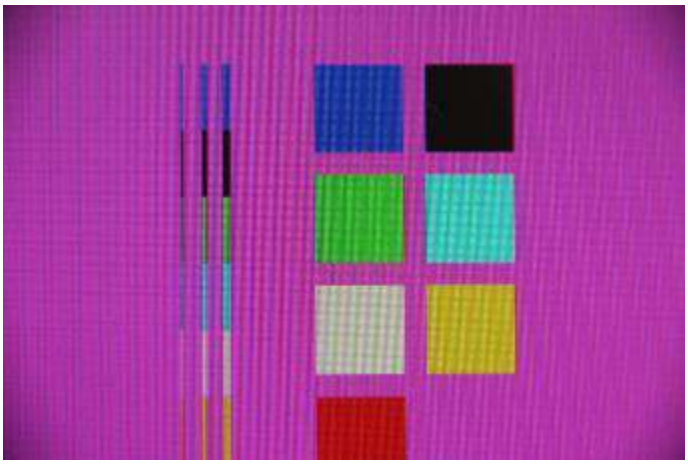
相片 17 背景白色 繞射前



相片 18 背景黃色 繞射前



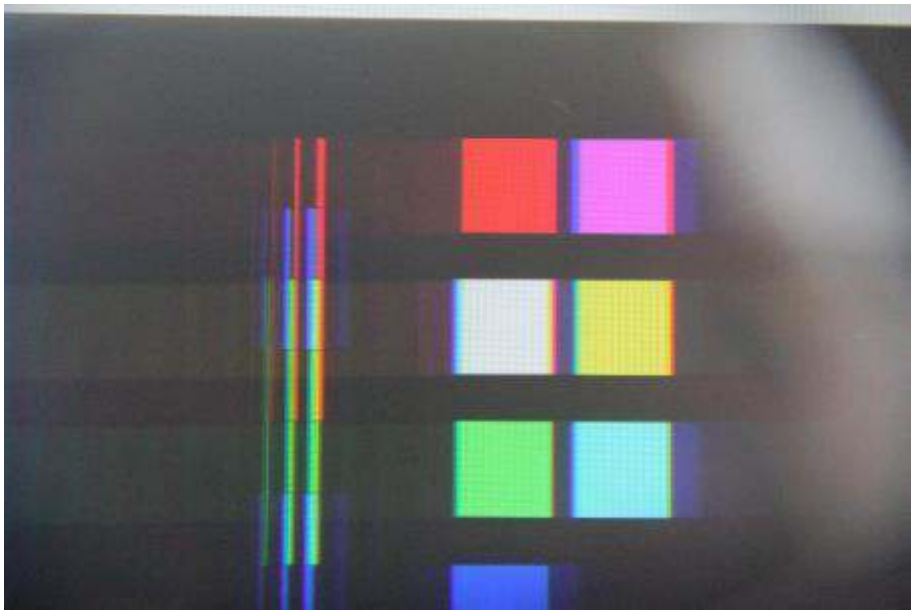
相片 19 背景紅色 繞射前



相片 20 背景洋紅色 繞射前

2.實驗結果：

因須運用相片代表人眼睛所呈現的景象，為了解繞射後圖形所產生的微細變化，所以繞射後相片須放大，便於實驗結果比對。與繞射後相片，如相片 21-28，加上直接觀察螢幕來進行分析。



相片 21 背景黑色 繞射後

表 10　背景黑色

左鏡片繞射前			左鏡片繞射後						模型繞射前 RGB 值						模型繞射後 RGB 值					
編號	背景	線條顏色	**1**	**2**	**3**	**4**	預測準確度	突出量	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	黑色	紅色				紅色	100%	K4	K	K	R	R	R	K	K	K		R	R	R
									K	K				K	K	K				K
									K	K				K	K	K				K
2	黑色	洋紅	藍色			紅色	80%	K4	K	K	R	R	R	K	K	K		R	R	R
									K	K	B	B	B	K	K	B	B	B		K
									K	K				K	K	K				K
3	黑色	白色	藍色	青色	白色	紅色	80%	K3	K	K	R	R	R	K	K	K		R	R	R
									K	K	G	G	G	K	K	K	G	G	G	K
									K	K	B	B	B	K	K	B	B	B		K
4	黑色	黃色		綠色	黃色	紅色	100%	K3	K	K	R	R	R	K	K	K		R	R	R
									K	K	G	G	G	K	K	K	G	G	G	K
									K	K				K	K	K				K
5	黑色	綠色		綠色			100%	K2	K	K	G	G	G	K	K	K	G	G	G	K
									K	K				K	K	K				K
									K	K				K	K	K				K
6	黑色	青色	藍色	青色			75%	K2	K	K	G	G	G	K	K	K	G	G	G	K
									K	K	B	B	B	K	K	B	B	B		K
									K	K				K	K	K				K
7	黑色	藍色	藍色				100%	K1	K	K	B	B	B	K	K	K	B	B	B	K
									K	K				K	K	K				K
									K	K				K	K	K				K

左鏡片繞射後:由相片和直接觀察液晶螢幕得之。

1 2 3 4:表示繞射後影像的位置，1 最左，4 最右。

預測準確度:將 1234 欄位的顏色與繞射後 RGB 值的顏色比對。例如:背景黑色，洋紅色的線條繞射後在最左處有藍線，在最右處有紅線。但在**繞射後 RGB 值**有藍、藍、洋紅、紅、紅，其中 5 欄顏色有 4 欄被觀測到，4÷5=80%

突出量:線條(或色塊)繞射後的突出順序，實驗中共 8 種顏色，其中 1 種為背景，其他 7 種為前景(線條或色塊)，經觀察後歸納突出量分 4 個等級，1 凸出最少，4 凸出最多，K4 表在黑色背景下凸出最多。

依實驗五和實驗七的結果歸納的**顏色位移模型**如下:

1.前景、背景的色光皆會發生繞射。

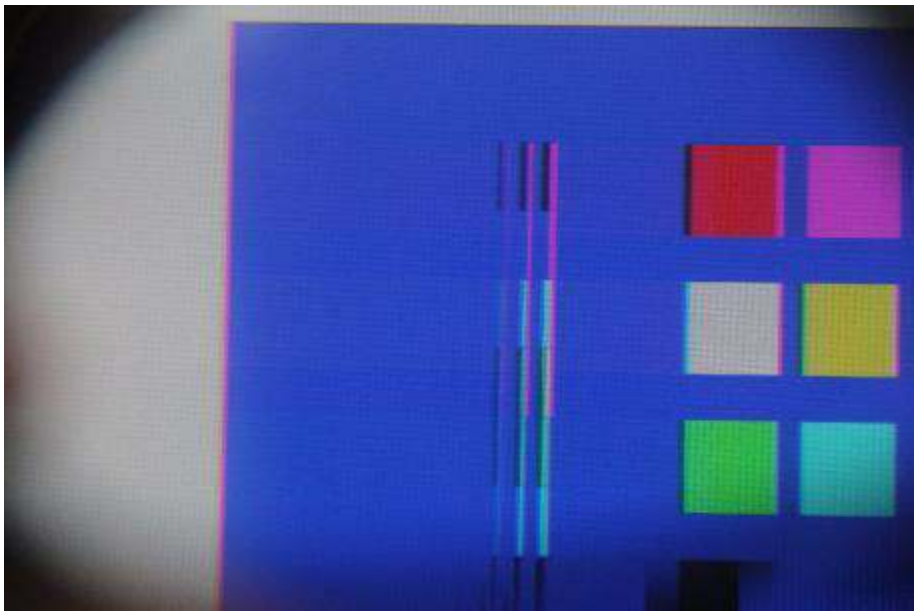
2.每一色光繞射結果都可由其組成的三原色光的繞射所致。

3.依據光柵繞射結果，紅光偏移最多，綠光次之，藍光偏移最少。依位移相對位置，假設綠光不動，藍光左移，紅光右移。

4.位移後，再分析其 RGB 成分，既可推測出繞射後的線條顏色。

模型繞射前 RGB 值及**模型繞射後 RGB 值**由**顏色位移模型**推導得之

將繞射後的顏色分析如表 10，並以顏色位移模型推測，準確度約 91%

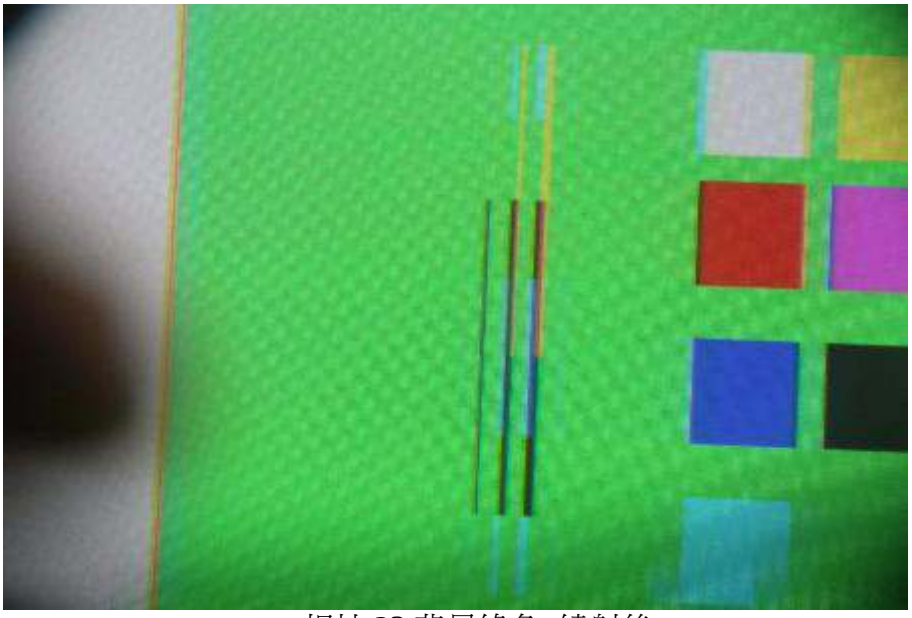


相片 22 背景藍色 繞射後

表 11　背景藍色

左鏡片繞射後果									繞射前 RGB 值						繞射後 RGB 值					
編號	背景	線條顏色	1	2	3	4	預測準確度	突出量	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	藍色	紅色	黑色			洋紅色	80%	B4	B	B	R	R	R	B	B			R	RB	RB
									B	B	R	R	R	B	B			R	RB	RB
									B	B	R	R	R	B	B			R	RB	RB
2	藍色	洋紅色				洋紅色	100%	B4	B	B	R	R	R	B	B			R	RB	RB
									B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
									B	B				B	B				B	B
3	藍色	白色		青色	白色	洋紅色	100%	B3	B	B	R	R	R	B	B			R	RB	RB
									B	B	G	G	G	B	B		G	G	GB	B
									B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
4	藍色	黃色	黑色	綠色	黃色	洋紅色	100%	B3	B	B	R	R	R	B	B			R	RB	RB
									B	B	G	G	G	B	B		G	G	GB	B
									B	B				B	B				B	B
5	藍色	綠色	黑色	綠色			75%	B2	B	B	G	G	G	B	B		G	G	GB	B
									B	B	G	G	G	B	B		G	G	GB	B
									B	B	G	G	G	B	B		G	G	GB	B
6	藍色	青色		青色			100%	B2	B	B	G	G	G	B	B		G	G	GB	B
									B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
									B	B				B	B				B	B
7	藍色	黑色	黑色				100%	B1	B	B	K	K	K	B	B		K	K	B	B
									B	B	K	K	K	B	B		K	K	B	B
									B	B	K	K	K	B	B		K	K	B	B

將繞射後的顏色分析如表 11，並以顏色位移模型推測，準確度約 94%。其中紅色、黃色、綠色直線繞射後產生的黑線，可能因紅光右移，藍光左移，造成無光帶　(黑線)。

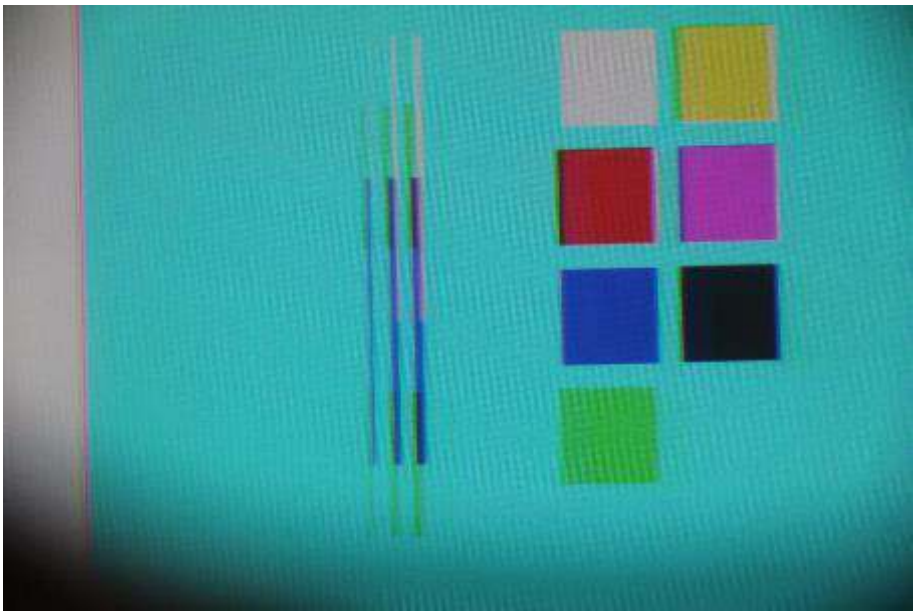


相片 23 背景綠色 繞射後

表 12　背景綠色

左鏡片繞射後果									繞射前 RGB 值						繞射後 RGB 值					
編號	背景	線條顏色	1	2	3	4	預測準確度	突出量	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	綠色	白色	青色			黃色	80%	G4	G	G	R	R	R	G	G	G		R	R	RG
									G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
									G	G	B	B	B	G	G	GB	B	B		G
2	綠色	黃色				黃色	100%	G4	G	G	R	R	R	G	G	G		R	R	RG
									G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
									G	G				G	G	G				G
3	綠色	紅色		黑色	紅色	黃色	100%	G3	G	G	R	R	R	G	G	G		R	R	RG
									G	G	R	R	R	G	G	G		R	R	RG
									G	G	R	R	R	G	G	G		R	R	RG
4	綠色	洋紅	青色	黑色	紅色	黃色	50%	G3	G	G	R	R	R	G	G	G		R	R	RG
									G	G	B	B	B	G	G	GB	B	B		G
									G	G				G	G	G				G
5	綠色	藍色	青色	藍紫色		黑色	75%	G2	G	G	B	B	B	G	G	GB	B	B		G
									G	G	B	B	B	G	G	GB	B	B		G
									G	G	B	B	B	G	G	GB	B	B		G
6	綠色	黑色	黑色				100%	G2	G	G	K	K	K	G	G	G	K	K	K	G
									G	G	K	K	K	G	G	G	K	K	K	G
									G	G	K	K	K	G	G	G	K	K	K	G
7	綠色	青色	青色				100%	G1	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
									G	G	B	B	B	G	G	GB	B	B		G
									G	G				G	G	G				G

將繞射後的顏色分析如表 12，並以顏色位移模型推測，準確度約 86%。其中紅色、藍色直線繞射後產生的黑線，可能因紅光右移，藍光左移，造成無光帶(黑線)。

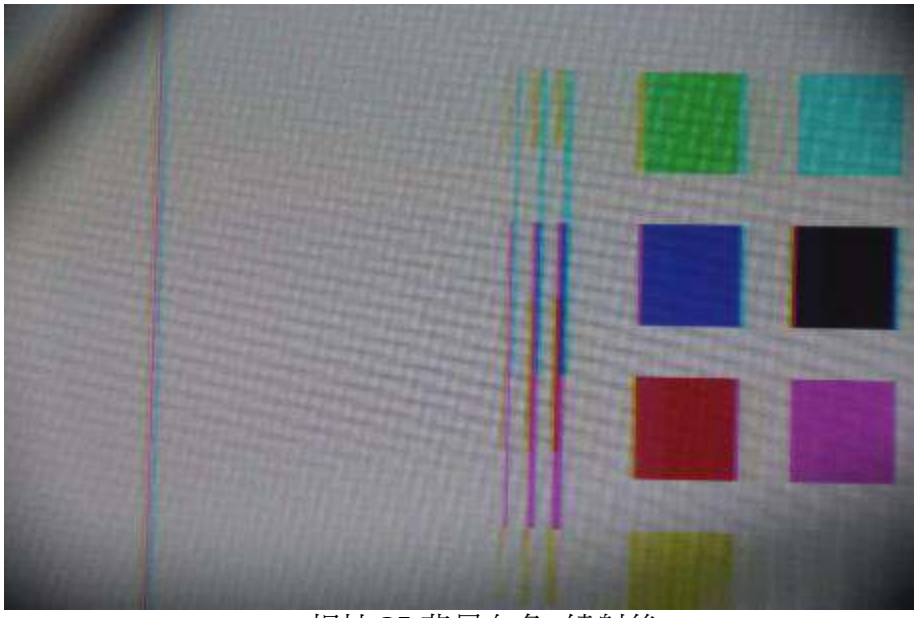


相片 24 背景青色 繞射後

表 13　背景青色

左鏡片繞射後果									繞射前 RGB 值						繞射後 RGB 值					
編號	背景	線條顏色	1	2	3	4	預測準確度	突出量	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	青色	白色				白色	100%	C4	G	G	R	R	R	G	G	G		R	R	RG
									B	B	G	G	G	B	B		G	G	GB	B
											B	B	B			B	B	B		
2	青色	黃色	綠色			白色	100%	C4	G	G	R	R	R	G	G	G		R	R	RG
									B	B	G	G	G	B	B		G	G	GB	B
3	青色	紅色	綠色	黑色	洋紅	白色	80%	C3	G	G	R	R	R	G	G	G		R	R	RG
									B	B				B	B				B	B
4	青色	洋紅色		藍色	洋紅	白色	100%	C3	G	G	R	R	R	G	G	G		R	R	RG
									B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
5	青色	藍色		藍色			100%	C2	G	G	B	B	B	G	G	GB	B	B		G
									B	B				B	B				B	B
6	青色	黑色	綠色	黑色			75%	C2	G	G	K	K	K	G	G	G	K	K	K	G
									B	B	K	K	K	B	B		K	K	B	B
7	青色	綠色	綠色				100%	C1	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
									B	B				B	B				B	B

將繞射後的顏色分析如表 13，並以顏色位移模型推測，準確度約 94%。其中紅色直線繞射後產生的黑線，可能因紅光右移，藍光左移，造成無光帶(黑線)。

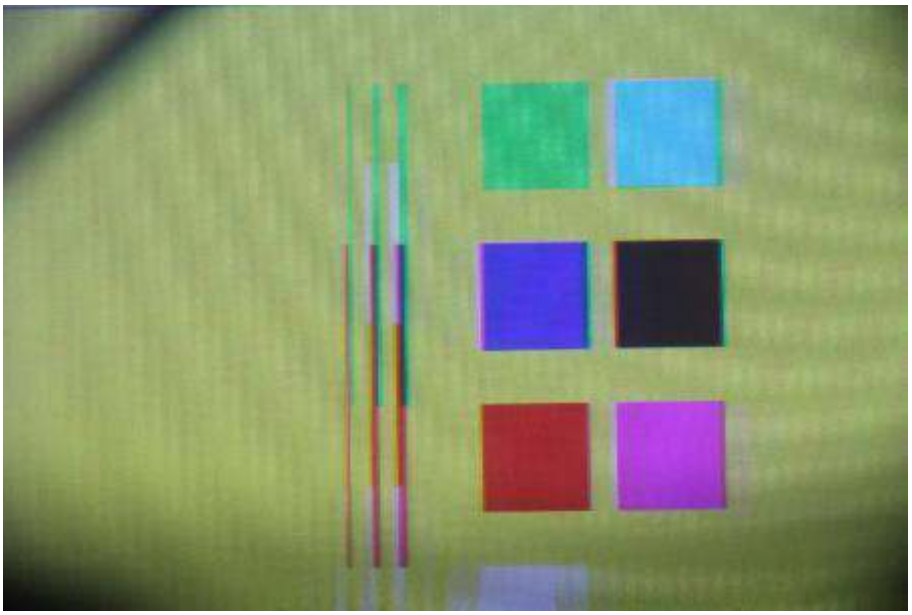


相片 25 背景白色 繞射後

表 14　背景白色

左鏡片繞射後果									繞射前 RGB 值						繞射後 RGB 值					
編號	背景	線條顏色	1	2	3	4	預測準確度	突出量	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	白色	綠色	黃色			青色	80%	W4	R	R	G	G	G	R	R	R	RG	G	G	
									G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
									B	B	G	G	G	B	B		G	G	GB	B
2	白色	青色				青色	80%	W4	R	R	G	G	G	R	R	R	RG	G	G	
									G	G	B	B	B	G	G	GB	B	B		G
									B	B				B	B				B	B
3	白色	藍色		洋紅	藍色	青色	80%	W3	R	R	B	B	B	R	R	RB	RB	B		
									G	G	B	B	B	G	G	GB	B	B		G
									B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
4	白色	黑色	黃色	紅色	黑色	青色	80%	W3	R	R	K	K	K	R	R	R	R	K	K	
									G	G	K	K	K	G	G	G	K	K	K	G
									B	B	K	K	K	B	B		K	K	B	B
5	白色	紅色	黃色	紅色			100%	W2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
									G	G	R	R	R	G	G	G		R	R	RG
									B	B	R	R	R	B	B			R	RB	RB
6	白色	洋紅		洋紅			100%	W2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
									G	G	B	B	B	G	G	GB	B	B		G
									B	B				B	B				B	B
7	白色	黃色	黃色				100%	W1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
									G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
									B	B				B	B				B	B

將繞射後的顏色分析如表 14，並以顏色位移模型推測，準確度約 89%。

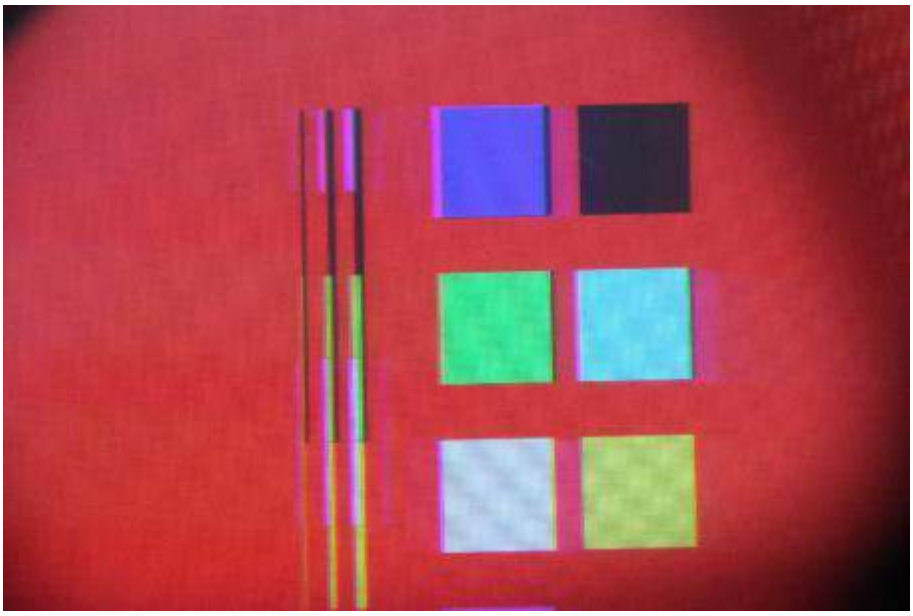


相片 26 背景黃色 繞射後

表 15　背景黃色

左鏡片繞射後果									繞射前 RGB 值						繞射後 RGB 值					
編號	背景	線條顏色	1	2	3	4	預測準確度	突出量	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	黃色	綠色				綠色	100%	Y4	R	R	G	G	G	R	R	R	RG	G	G	
									G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
2	黃色	青色	白色			綠色	80%	Y4	R	R	G	G	G	R	R	R	RG	G	G	
									G	G	B	B	B	G	G	GB	B	B		G
3	黃色	藍色	白色	洋紅色	黑色	綠色	80%	Y3	R	R	B	B	B	R	R	RB	RB	B		
									G	G	B	B	B	G	G	GB	B	B		G
4	黃色	黑色		紅色	黑色	綠色	100%	Y3	R	R	K	K	K	R	R	R	R	K	K	
									G	G	K	K	K	G	G	G	K	K	K	G
											K	K	K				K	K	K	
5	黃色	紅色		紅色	紅色		100%	Y2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
									G	G	R	R	R	G	G	G		R	R	RG
6	黃色	洋紅色	白色	洋紅色		紅色	100%	Y2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
									G	G	B	B	B	G	G	GB	B	B		G
7	黃色	白色	白色				100%	Y1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
									G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
											B	B	B			B	B	B		

將繞射後的顏色分析如表 15，並以顏色位移模型推測，準確度約 94%。

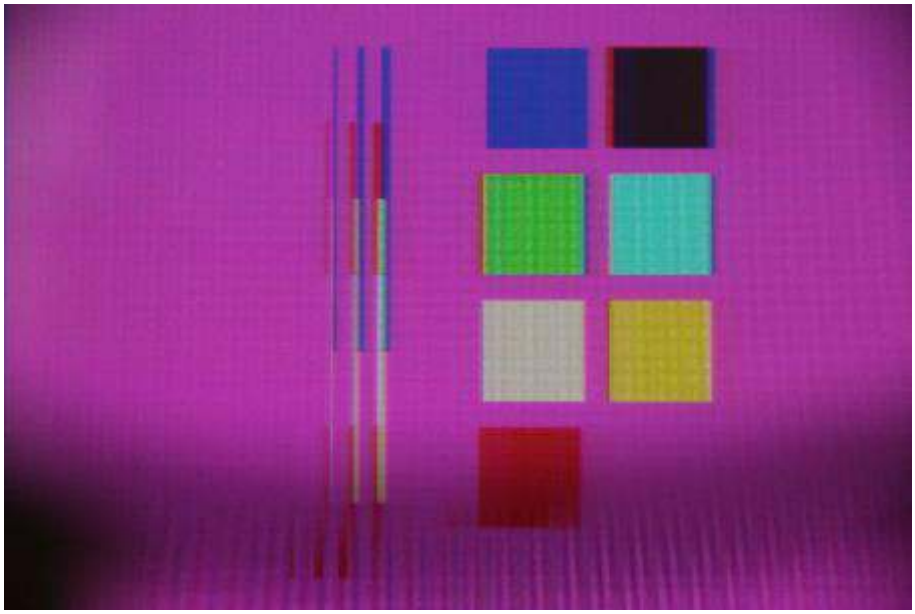


相片 27 背景紅色 繞射後

表 16　背景紅色

左鏡片繞射後果									繞射前 RGB 值						繞射後 RGB 值					
編號	背景	線條顏色	1	2	3	4	預測準確度	突出量	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	紅色	藍色	洋紅			黑色	80%	R4	R	R	B	B	B	R	R	RB	RB	B		
									R	R	B	B	B	R	R	RB	RB	B		
									R	R	B	B	B	R	R	RB	RB	B		
2	紅色	黑色				黑色	100%	R4	R	R	K	K	K	R	R	R	R	K	K	
									R	R	K	K	K	R	R	R	R	K	K	
									R	R	K	K	K	R	R	R	R	K	K	
3	紅色	綠色		黃色	綠色	黑色	100%	R3	R	R	G	G	G	R	R	R	RG	G	G	
									R	R	G	G	G	R	R	R	RG	G	G	
									R	R	G	G	G	R	R	R	RG	G	G	
4	紅色	青色	洋紅	青色	綠色	黑色	80%	R3	R	R	G	G	G	R	R	R	RG	G	G	
									R	R	B	B	B	R	R	RB	RB	B		
									R	R				R	R	R	R			
5	紅色	白色	洋紅		白色		50%	R2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
									R	R	G	G	G	R	R	R	RG	G	G	
									R	R	B	B	B	R	R	RB	RB	B		
6	紅色	黃色			黃色		100%	R2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
									R	R	G	G	G	R	R		G	G	RG	R
									R	R				R	R				R	R
7	紅色	洋紅	洋紅				100%	R1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
									R	R	B	B	B	R	R	RB	RB	B		
									R	R				R	R	R	R			

將繞射後的顏色分析如表 16，並以顏色位移模型推測，準確度約 87%。其中藍色、綠色、青色直線繞射後產生的黑線，可能因紅光右移，藍光左移，造成無光帶(黑線)。



相片 28 背景洋紅色 繞射後

表 17 背景洋紅色

左鏡片繞射後果									繞射前 RGB 值						繞射後 RGB 值					
編號	背景	線條顏色	1	2	3	4	預測準確度	突出量	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	洋紅色	藍色				藍色	100%	M4	R	R	B	B	B	R	R	RB	RB	B		
									B	B				B	B				B	B
2	洋紅色	黑色	紅色	紅色	藍色	藍色	80%	M4	R	R	K	K	K	R	R	R	R	K	K	
									B	B	K	K	K	B	B		K	K	B	B
3	洋紅色	綠色	紅色	黃色	綠色	藍色	80%	M3	R	R	G	G	G	R	R	R	RG	G	G	
									B	B				B	B				B	B
4	洋紅色	青色			青色	藍色	75%	M3	R	R	G	G	G	R	R	R	RG	G	G	
									B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
5	洋紅色	白色			白色		100%	M2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
									B	B	G	G	G	B	B		G	G	GB	B
											B	B	B			B	B	B		
6	洋紅色	黃色	紅色		黃色		75%	M2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
									B	B	G	G	G	B	B		G	G	GB	B
7	洋紅色	紅色	紅色				100%	M1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
									B	B				B	B				B	B

將繞射後的顏色分析如表 17，並以顏色位移模型推測，準確度約 87%。

3.討論：

依實驗結果歸納的顏色位移模型如下:

1.前景、背景的色光皆會發生繞射。

2.每一色光繞射結果都可由其組成的三原色光的繞射所致。

3.依據光柵繞射結果，紅光偏移最多，綠光次之，藍光偏移最少。依位移相對位置，假設綠光不動，藍光左移，紅光右移。

4.位移後，再分析其 RGB 成分，既可推測出繞射後的線條顏色。

5.此法配合實際觀察 56 種組合，計有 90%的準確度。

6.實驗結果證實白底黑線繞射後的線條顏色來自背景色的組成三原色光的繞射所致。

將表 10 至表 17 整理成表 18

表 18 背景色對前景線條繞射後的影響

背景	線條顏色	1	2	3	4	背景	線條顏色	1	2	3	4
藍色	黑色	黑色				黑色	白色	藍色	青色	白色	紅色
綠色	黑色	黑色				藍色	白色		青色	白色	洋紅色
青色	黑色	綠色'	黑色			綠色	白色	青色			黃色
白色	黑色	黃色	紅色	黑色	青色	青色	白色				白色
黃色	黑色		紅色	黑色	綠色	黃色	白色	白色			
紅色	黑色				黑色	紅色	白色	洋紅		白色	
洋紅色	黑色	紅色	紅色	藍色	藍色	洋紅色	白色			白色	
黑色	藍色	藍色				黑色	黃色		綠色	黃色	紅色
綠色	藍色	青色	藍紫色		黑色	藍色	黃色	黑色	綠色	黃色	洋紅色
青色	藍色		藍色			綠色	黃色				黃色
白色	藍色		洋紅	藍色	青色	青色	黃色	綠色			白色
黃色	藍色	白色	洋紅色	黑色	綠色	白色	黃色	黃色			
紅色	藍色	洋紅			黑色	紅色	黃色			黃色	
洋紅色	藍色				藍色	洋紅色	黃色	紅色		黃色	
黑色	綠色		綠色			黑色	紅色				紅色
藍色	綠色	黑色	綠色			藍色	紅色	黑色			洋紅色
青色	綠色	綠色				綠色	紅色	青色	黑色	紅色	黃色
白色	綠色	黃色			青色	青色	紅色	綠色'	黑色	洋紅	白色
黃色	綠色				綠色	白色	紅色	黃色	紅色		
紅色	綠色		黃色	綠色	黑色	黃色	紅色		紅色	紅色	
洋紅色	綠色	紅色	黃色	綠色	藍色	洋紅色	紅色	紅色			
黑色	青色	藍色	青色			黑色	洋紅	藍色			紅色
藍色	青色		青色			藍色	洋紅				洋紅色
綠色	青色	青色				綠色	洋紅	青色	黑色	紅色	黃色
白色	青色				青色	青色	洋紅		藍色	洋紅	白色
黃色	青色	白色			綠色	白色	洋紅		洋紅		
紅色	青色	洋紅	青色	綠色	黑色	黃色	洋紅	白色	洋紅色		紅色
洋紅色	青色			青色	藍色	紅色	洋紅	洋紅			

同一種背景時，不同色線會繞射出不同的結果。同一種色線在不同背景時也會繞射出不同的結果。

將表 10 至表 17 整理成表 19

表 19 背景色對前景線條繞射後突出量的影響

編號	背景	線條顏色	突出量	編號	背景	線條顏色	突出量
1	黑色	紅色	K4	1	藍色	紅色	B4
2	黑色	洋紅	K4	2	藍色	洋紅色	B4
3	黑色	白色	K3	3	藍色	白色	B3
4	黑色	黃色	K3	4	藍色	黃色	B3
5	黑色	綠色	K2	5	藍色	綠色	B2
6	黑色	青色	K2	6	藍色	青色	B2
7	黑色	藍色	K1	7	藍色	黑色	B1
1	綠色	白色	G4	1	青色	白色	C4
2	綠色	黃色	G4	2	青色	黃色	C4
3	綠色	紅色	G3	3	青色	紅色	C3
4	綠色	洋紅	G3	4	青色	洋紅色	C3
5	綠色	藍色	G2	5	青色	藍色	C2
6	綠色	黑色	G2	6	青色	黑色	C2
7	綠色	青色	G1	7	青色	綠色	C1
1	白色	綠色	W4	1	黃色	綠色	Y4
2	白色	青色	W4	2	黃色	青色	Y4
3	白色	藍色	W3	3	黃色	藍色	Y3
4	白色	黑色	W3	4	黃色	黑色	Y3
5	白色	紅色	W2	5	黃色	紅色	Y2
6	白色	洋紅	W2	6	黃色	洋紅色	Y2
7	白色	黃色	W1	7	黃色	白色	Y1
1	紅色	藍色	R4	1	洋紅色	藍色	M4
2	紅色	黑色	R4	2	洋紅色	黑色	M4
3	紅色	綠色	R3	3	洋紅色	綠色	M3
4	紅色	青色	R3	4	洋紅色	青色	M3
5	紅色	白色	R2	5	洋紅色	白色	M2
6	紅色	黃色	R2	6	洋紅色	黃色	M2
7	紅色	洋紅	R1	7	洋紅色	紅色	M1

從表 19 可知同一背景，不同色塊會有不同突出量；反之，同一色塊在不同背景會有不同突出量。

在以上的 8 種顏色的試驗可分為 4 群:第 1 群紅-洋紅。第 2 群綠-青。第 3 群藍-黑。第 4 群黃-白。以下將以此四群進行分析。

在先前試驗中，當色視差鏡片距離螢幕 100cm 時，將雷射光打在色視差鏡片時，繞射後的最亮藍光點偏移 13.6 mm，最亮綠光點偏移 16.2 mm，最亮紅光點偏移 20 mm。藍光點距綠光點 2.6mm，藍光點距紅光點 6.4mm，綠光點距紅光點 3.8mm。

首先跟據上述色光的偏移量得知

背景色 \ 凸出量	2	3	4
藍(黑)	綠(青)	紅(洋紅)	
綠(青)	藍(黑)	紅(洋紅)	
紅(洋紅)	綠(青)	藍(黑)	

再將黃色放在紅色與綠色之間或者紅色與藍色之外

背景色 \ 凸出量	2	3	4
藍(黑)	綠(青)	**黃**(白)	紅(洋紅)
綠(青)	藍(黑)	紅(洋紅)	**黃**(白)
紅(洋紅)	**黃**(白)	綠(青)	藍(黑)

最後將最後一列補齊即完成表 20。

表 20 不同背景各顏色突出量

背景色 \ 凸出量	2	3	4(最突出)
藍(黑)	綠(青)	**黃**(白)	紅(洋紅)
綠(青)	藍(黑)	紅(洋紅)	**黃**(白)
紅(洋紅)	**黃**(白)	綠(青)	藍(黑)
黃(白)	**紅**(洋紅)	**藍**(黑)	**綠**(青)

將表 20 以圖 14 表示，例如紅色背景，如紅色箭頭方向，凸出順序為紅、黃、綠、藍。

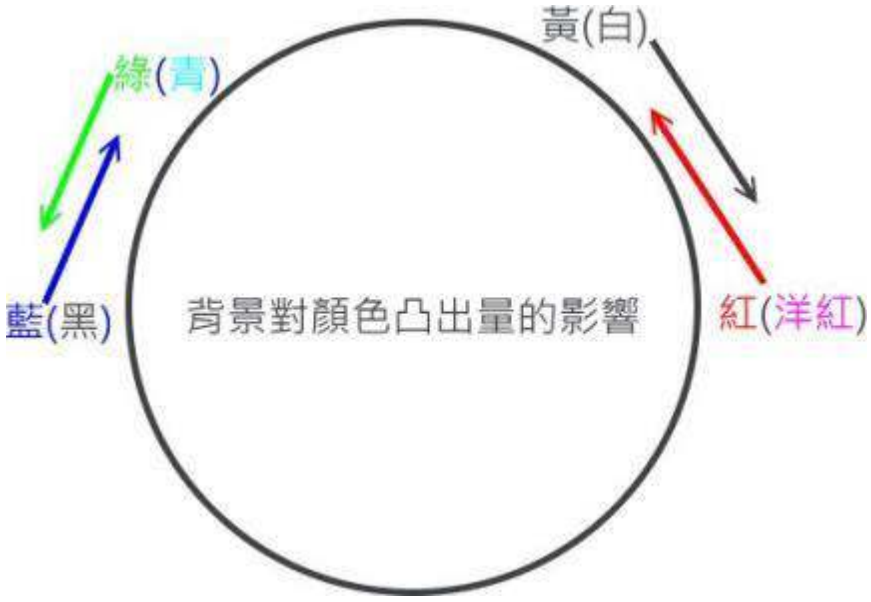


圖 14 背景對顏色凸出量影響

柒、色視差影像製作

從實驗中發現，發現製作色視差影像製作原則如下：

1.當圖片中存在 R、G、B 及 Y 色時，此時每種色光經色視差眼鏡時，因偏折量差異明顯，所以立體效果較佳。

2.背景最好是黑色，各色光產生偏折時，會與背景色產生混合，因背景是黑色，不會有顏色變化情形產生。

3.圖案不能太複雜，3D 效果會較顯著。

從學校中找出符合選用原則圖畫。

圖 15 色視差圖畫 1

圖 16 色視差圖畫 2

圖 17 色視差圖畫 3

圖 18 色視差圖畫 4

捌、結論

A1 為什麼左右鏡片會有不同影像? 為什麼會有鬼影?

從實驗一(旋轉鏡片對干涉點的影響)、實驗三(調整鏡片與紙箱的距離對干涉點的影響)及實驗五(不同色光對干涉點的影響)得知中心光點 m=0 並非最亮，最亮點是 m=+1。不同色光會有不同得繞射角而造成色散現象，也就是說一個光點就是一個影像，主影像為最亮點 m=+1，其它光點是造成鬼影的原因。

轉動鏡片時，中心光點 m=0 靜止不動，最亮點是 m=+1 會隨著轉動；旋轉 0 度時，最亮點在中心光點右側，旋轉 180 度時，最亮點在中心光點左側，剛好提供 2 個相同影像卻在不同的水平位置，形成立體影像。

A2 為什麼黑色背景時，紅色最突出?

從相片 21 及表 10 得知，紅色線條有最大的偏移量，所以會有最大的突出量。

3 為什麼白底黑線繞射後會出現洋紅色及青色的線?

依實驗結果歸納出顏色位移模型如下:

- 前景、背景的色光皆會發生繞射。
- 每一色光繞射結果都可由其組成的三原色光的繞射所致。
- 依據光柵繞射結果，紅光偏移最多，綠光次之，藍光偏移最少。依位移相對位置，假設綠光不動，藍光左移，紅光右移。
- 位移後，再分析齊 RGB 成分，既可推測出繞射後的線條顏色。

此法配合實際觀察 56 種組合，計有 90%的準確度。在進一步分析，預測錯誤主要有 4 種，紅色誤判為洋紅色或洋紅色誤判為紅色；綠色誤判為青色或青色誤判為綠色；黑色誤判為藍色或藍色誤判為黑色；白色誤判為黃色或黃色誤判為白色；可能因視覺誤差所致，若忽略此種誤差，此模型預測的準確度可達 98%以上。實驗結果證實白底黑線繞射後的線條顏色來自背景色的組成三原色光的繞射所致。

A4 為什麼背景不同時，最突出的顏色會不同?

顏色位移模型說明形成表 20 的原因，圖 14 歸納出其變化的簡易規則。

A5 為什麼旋轉鏡片可見洋紅色及青色的線互相旋轉？

從實驗一(旋轉鏡片對干涉點的影響)、實驗三(調整鏡片與紙箱的距離對干涉點的影響)及實驗五(不同色光對干涉點的影響)，得知其轉動模型如圖 19，紅色外面，藍色裡面。若圓很小時，就好像綠色不動，而紅藍線互為旋轉。

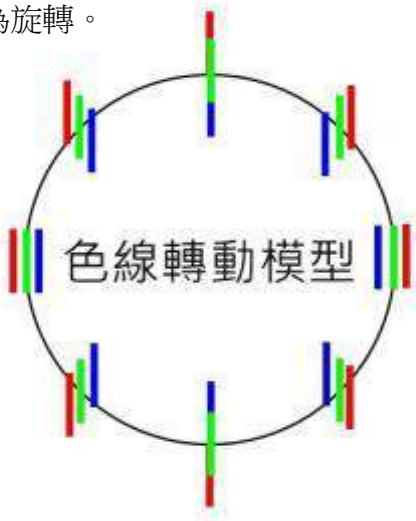


圖 19 色視差影像轉動模型

一張圖案經色視差眼鏡會產生 3D 立體效果，主要是各色光，經由色視差眼鏡時會產生繞射現象，因各色光本身波長不同造成繞射偏折量改變，當與背景色混合，產生不同顏色。綜合實驗結果，發現製作色視差影像製作原則為採用光的三原色(RGB)及黃色(Y)製作，立體感較顯著，而背景為黑色最佳，圖案線條要單純。

玖、參考文獻

[1] http://kookybat.deviantart.com/gallery/32214884/ChromaDepth
[2] http://en.wikipedia.org/wiki/Diffraction_grating
[3] 光的色散 http://baike.baidu.com/view/119775.htm
[4] 瞳孔 http://baike.baidu.com/view/43060.htm
[5] 繞射、光柵 http://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%A1%8D%E5%B0%84

【評語】080123

能適當建構模型解釋實驗結果。