

# 光、光疊和投影機

## 高小組物理科第三名

高雄縣烏林國民小學

作者：月鈺芳、徐櫻鶯、簡君怡、陳伶紅

指導教師：顧錦濤、黃招榮

### 一、研究動機

科學教育館發行的科學研習月刊一直是我們圖書館時間最搶手的課外讀物，其中有一期介紹到光疊效應，我們立刻被那些變化萬千的圖案所吸引住，我們嘗試著用筆和尺簡簡單單的模擬，但是模擬的不像，正巧被老師看到我們歪曲扭八的圖案，老師建議我們，他可以使用幻燈片和影印機以及電腦構圖來模擬光疊效應，但是只有模擬光疊效應似乎對應用方面沒有什麼貢獻，於是我們興起了一個念頭，我們想利用投影機來證明其它有關於光的科學概念，以下是我們所提出的整個實驗過程和探討，希望能找出更便利而又吸引人的光學實驗。

### 二、研究目的

#### (一)光疊部分的實驗目的

- ①重疊角度和距離對衍生效應的影響
- ②波長不同對衍生效應的影響
- ③重疊面積對衍生效應的影響
- ④波形不同對衍生效應的影響

#### (二)投影機光學的應用部分

- ⑤各種不同介質的折射差別探討
- ⑥利用折射程度的不同來檢驗介質的雜質濃度
- ⑦檢測各種色光的折射程度
- ⑧全反射的實驗應用：

#### (三)光疊的應用

- ⑨光疊的衍生效應能判斷透鏡的突凹嗎？
- ⑩光疊真的能夠檢測物體的平凹程度嗎？

### 三、研究設備與器材

(一)儀器部分：投影機，照相機，影印機，電子磅秤。

(二)材料部分：食鹽，投影片，各式燒杯，各式氣球，各種顏色的透明玻璃紙，錐形瓶，各種液體（含水，酒精，汽油，福馬林…等之能透光的液體），各式透鏡（含雙突，雙凹，凹突…等各式透鏡）

### 四、研究過程與推論

(一)重疊角度和距離對衍生波的影響

步驟①使用電腦製作線形波和圓形波投影片

②使用線形波投影片操作重疊角度之不同，並記錄產生的衍生波的波數及行進方向

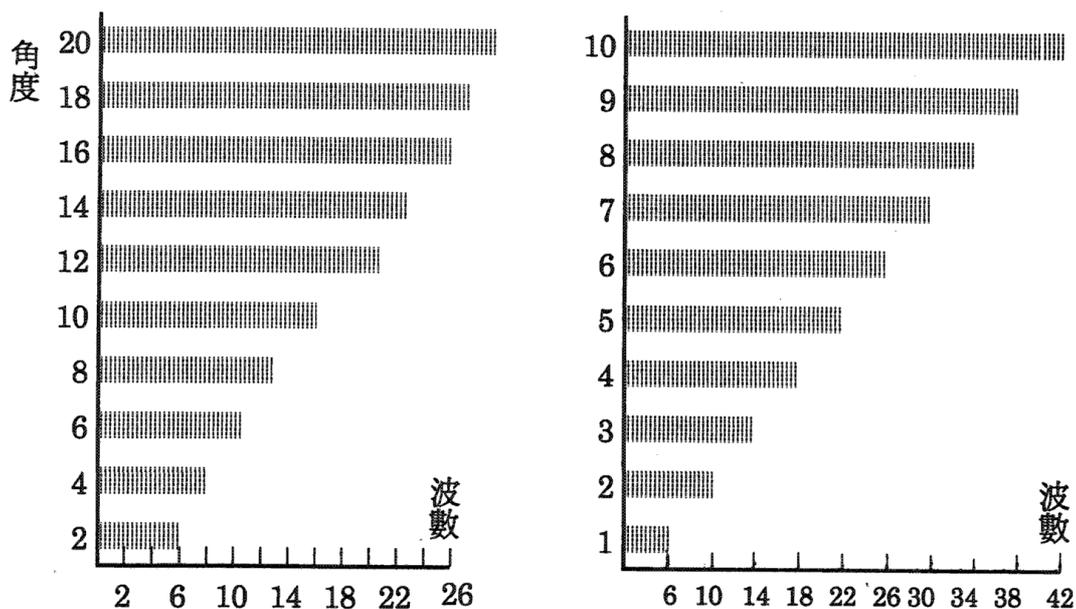
③使用圓形波投影片操作重疊之距離對衍生波的影響

結果：（表(-)重疊角度對衍生波之影響）

重疊角度	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
衍生波數	5.5	7.5	10	12.5	16	19	21	24	25	27
備註	衍生波的方向均和上片投影片的波成垂直狀									

（表(-)-1重疊距離對衍生波的影響）距離：波心至波心

重疊距離	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
衍生波數	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42
備註	衍生波均為直線放射狀波形									



(圖(一)重疊角度對衍生波及重疊距離對衍生波波數之影響圖)

推論：①就直線波的衍生波來看，角度愈大產生的波數愈多，每增加2度大約增加2至3個波。

②就圓形波來看，只有波心至另一個波心的距離變因會影響衍生波，我們發現距離每增加一個波長，衍生波的波數就增加4條，而且衍生波均為直線波。

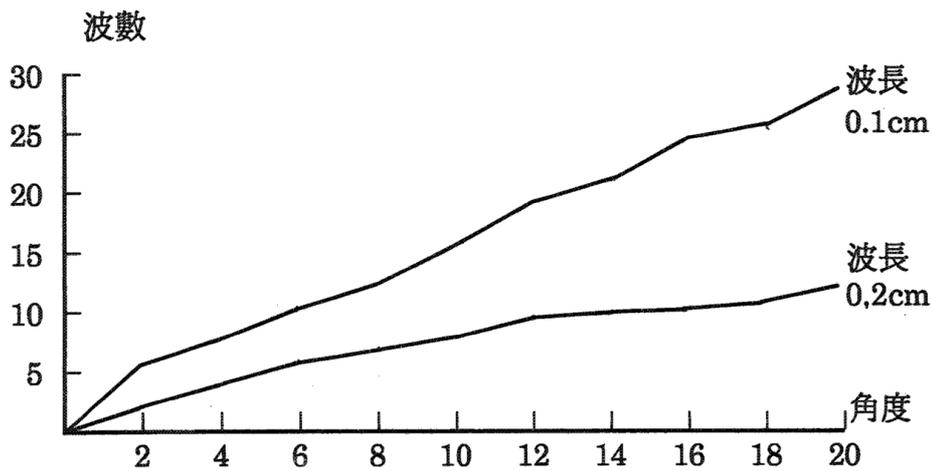
(二)波長不同對衍生波的影響

步驟：①製作波長分別為0.1及0.2公分的直線波投影片。

②投影片除了波長不同之外，面積及重疊角度都要一致。

結果：(表(二)波長不同對衍生波之影響表)面積：100平方公分

重疊角度	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
0.1波數	5.5	7.5	10	12.5	16	19	21	24	25	27
0.2波數	2	3.5	6	6.5	7	8.5	9.5	10	10.5	11.5



(圖二)波長不同對衍生波波數之影響圖)

推論：①波長愈長它所形成的衍生波愈少，而增加的幅度較小。

②波長小的光疊衍生波，較波長大的光疊衍生波數目較多。

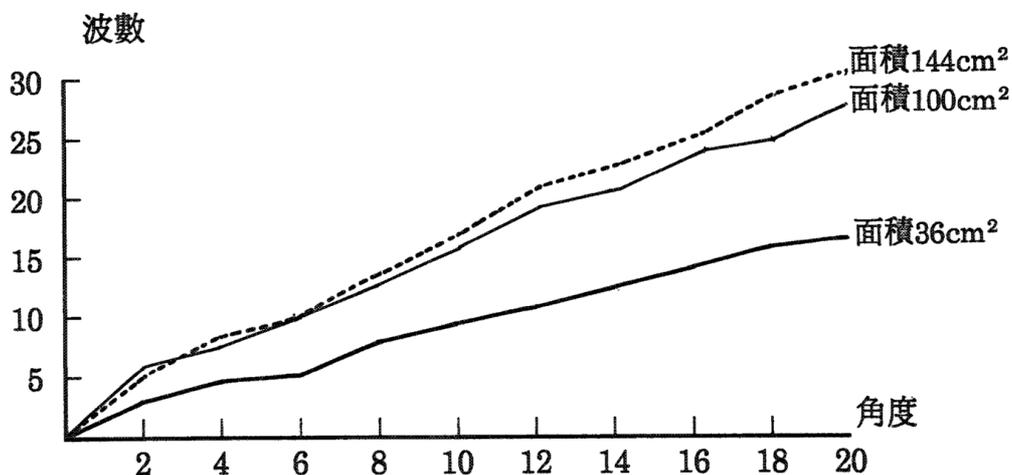
(三)重疊面積對衍生波的影響：

步驟：①製作兩面積不同的直線波投影片

②圓形波並沒有面積方向的差別，故此實驗只探討直線波面積。

結果：(表三)重疊面積不同對直線衍生波波數之影響表)

面積大小	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
36cm <sup>2</sup>	2.5	4.5	5	8	9.5	11	12.5	14	16	16.5
100cm <sup>2</sup>	5.5	7.5	10	12.5	16	19	21	24	25	27
144cm <sup>2</sup>	5	8	10	13.5	17	20.5	22.5	24.5	28.5	30



推論：①所有直線波衍生波因角度的增加，增加的衍生波數都不一定。

②我們經由圖發現一個趨勢，面積如36和144的邊長比為1:2其衍生波比大約成1:2的態勢。

#### (四)波形不同對衍生波的影響

步驟：①製作各種波形不同但波長俱為0.1公分的波。

②將各種波形相互結合以產生光疊為目的，觀察所產生的光疊形狀，但要注意上下投影片之分別。

結果：(表四)波形不同對衍生波的影響)

		下片投影片			
		直	圓	格	方
上片投影片	直	⑬	⑨	⑤	①
	圓	⑭	⑩	⑥	②
	格	⑮	⑪	⑦	③
	方	⑯	⑫	⑧	④

①上下成直線波，左右成格子波形

②成輻射直線波

③均成直線波，但相互垂直

④上下左右均呈直線波，但相互垂直

⑤成直線波

⑥成圓形波，和圓形波類似

⑦成塊狀菱形格子波

⑧成直線波，且互相垂直

⑨成輻射狀，直線波

⑩成輻射狀直線波

⑪成直線狀輻射波

⑫成直線狀輻射波

⑬成直線波

⑭成直線狀輻射波

⑮成直線波

⑯上下成直線波，左右成格子波

推論：①在大自然中可以自然合成的波形大約是直線波、圓形波。

②衍生波的行進方向和上片投影片的方向均為直角。

③如果兩片投影片其中一片帶有圓形波者，所形成的衍生波一定為直線波而且以組合中心向外輻射的衍生波。

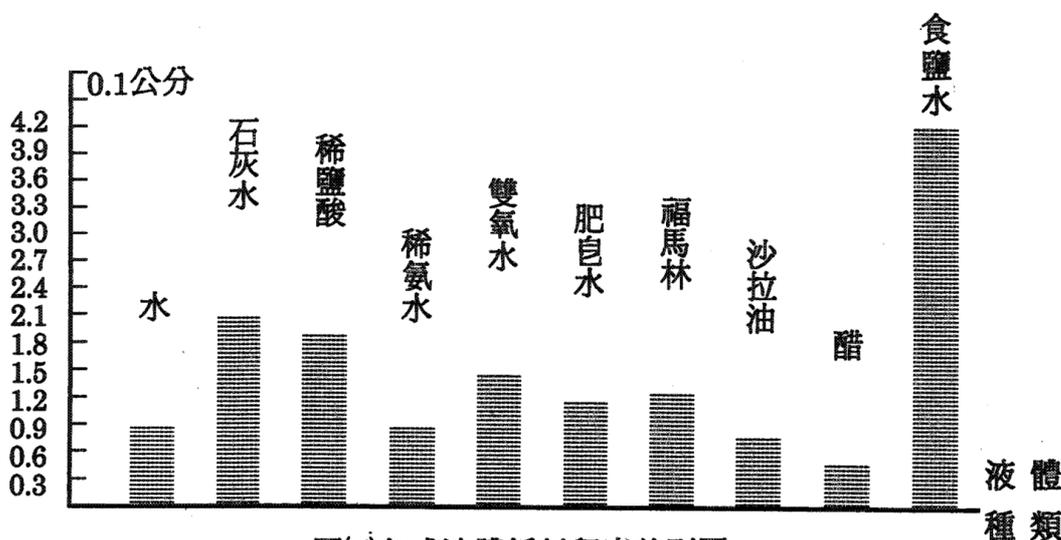
④兩種不同的波形相互干擾，所成波形必帶直線波的衍生波。

#### (五)各種不同介質的折射差別探討

步驟：①準備各種液體(見下表)，倒入燒杯約150cc，採用直線波投影片。

結果：（表五）各式液體折射程度之探討），濃度為飽和濃度。（精度0.1cm）。

液體名稱	水	石灰水	稀鹽酸	稀氨水	雙氧水	肥自水	福馬林	沙拉油	醋	食鹽水
偏移距離	0.10	0.22	0.20	0.10	0.15	0.12	0.13	0.09	0.05	0.42



圖(五)各式液體折射程度差別圖

推論：在加有固體的水溶液如食鹽水及石灰水對光的折射造成較大的程度，這種現象和光在固體中折射率較大的現象相吻合。

(六)利用折射程度的不同來檢驗介質的雜質濃度

步驟：①燒杯內裝入150cc的水後，各加入3、6、9、12...30克食鹽。投影片為0.1cm波長。

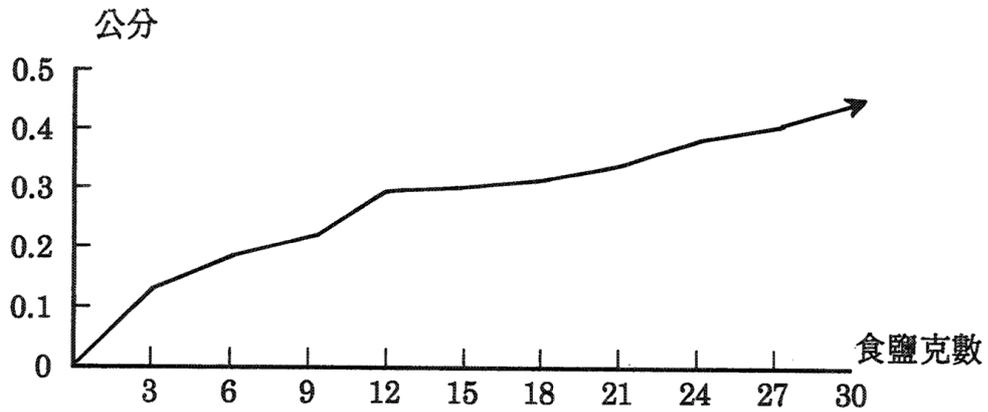
結果：表(六)介質的雜質濃度對折射程度差異表

食鹽克數	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
折射差距	0.13	0.18	0.20	0.22	0.28	0.30	0.35	0.38	0.40	0.45

此實驗的原點並不是沒有折射差距，折射差距約為0.15cm。

推論：①加入愈多的食鹽，其在投影機上的偏移距離也愈大。

②從數距的平均值來看，在150cc的水中每添加3克的食鹽，其折射偏移距離約增加0.03cm。



圖(六)雜質濃度對折射差距變化影響圖

(七)檢測各種色光的折射程度

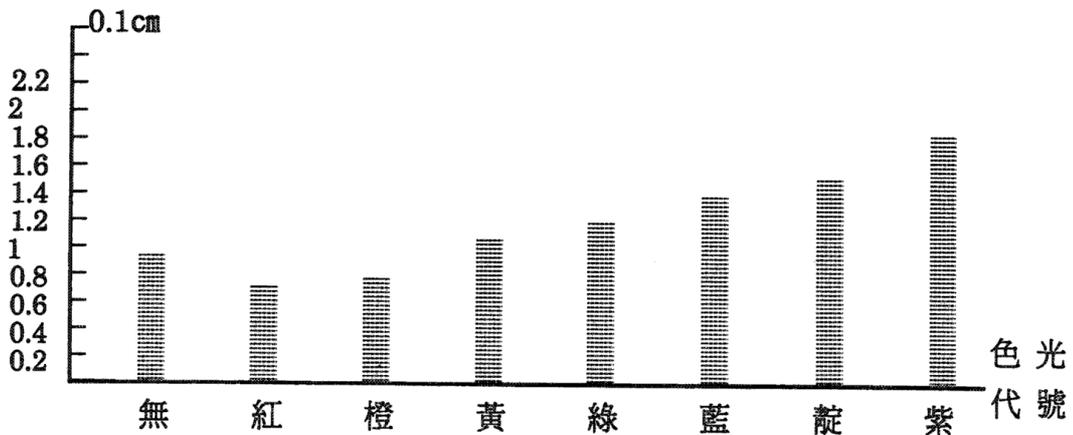
步驟：燒杯內含水200cc，採0.1公分波長的直線波投影片，並標出標線，並取透明片在其上標出各色的透光線條，來模擬色光。

結果：表(七)各種色光折射程度比較表

色光名稱	無	紅	橙	黃	綠	藍	靛	紫	偏移距離
偏移距離	0.10	0.07	0.08	0.11	0.12	0.14	0.15	0.18	單位為0.1cm

推論：①每種色光的折射程度都不相同，其中以紫色光的折射程度最大，而無色光大約居於有色光的折射程度中等位置。

②參考書籍，我們可以斷定波長愈長的色光，其折射程度愈大。



圖(七)各種色光偏移程度比較圖

(八)全反射的實驗應用：

步驟：①取波長0.1cm的格子波投影片，用錐形瓶來模擬全反射狀態。

②錐形瓶內各裝入 0 至10cm，間隔為0.5公分的高度，觀察投影上的可見面積（算法：測量出最長最寬的一段距離的格數當做是可見面積的直徑，再利用圓面積的求法即可算出。）

結果：（表九錐形瓶內水高度對全反射之影響表）：

水的高度	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
可見面積	55.39	37.55	30.18	26.41	24.62	22.89	21.23	18.09	16.61	15.20	17.23	16.15
水的高度	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	面積單位cm <sup>2</sup> 高度單位cm		
可見面積	15.20	14.94	13.85	10.17	8.04	7.07	5.34	4.52	2.54			

推論：①由圖及表可知：錐形瓶內水面高度愈高，可見面積愈小。

②實驗中能發現稍微模糊，但能看見刻度圓帶，推測是因錐形瓶的玻璃厚度不均勻造成了折射不同所產生模糊的圓帶。

(九)光疊的衍生波能判斷透鏡的突凹和放大率嗎？

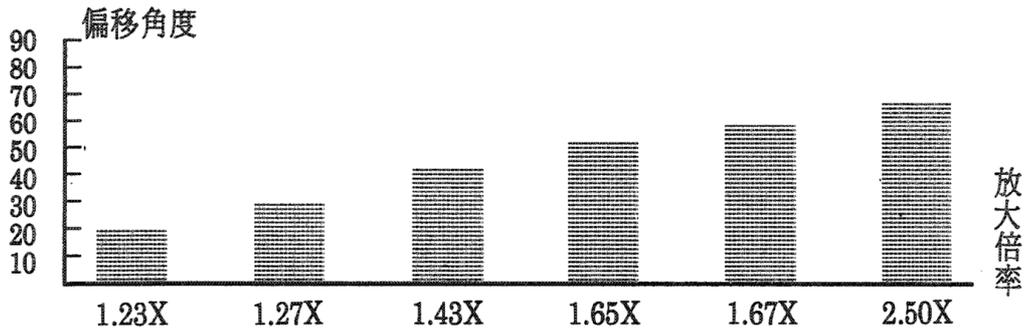
步驟①準備各種放大鏡和透鏡，量取上述透鏡的放大倍數為參考依據。

②將透鏡置放於兩片波長為0.1cm的透明投影片中，角度為10度，量取接觸到透鏡的衍生波和透鏡內衍生波的偏移角度。

③重覆②的步驟，量取波長的改變和波數的變化。

結果：（表九光疊衍生波和各種放大鏡之相關比較）

放大鏡倍數	偏移角度	原有波數	鏡內波數	原波長距	鏡內波長
1.23X	20	10	9	0.80	0.88
1.27X	30	5	4	0.63	0.67
1.43X	45	5	4	0.96	1.00
1.65X	56	7	6	0.70	0.77
1.67X	60	4	3	0.73	0.75
2.50X	70	7	6	0.80	0.83



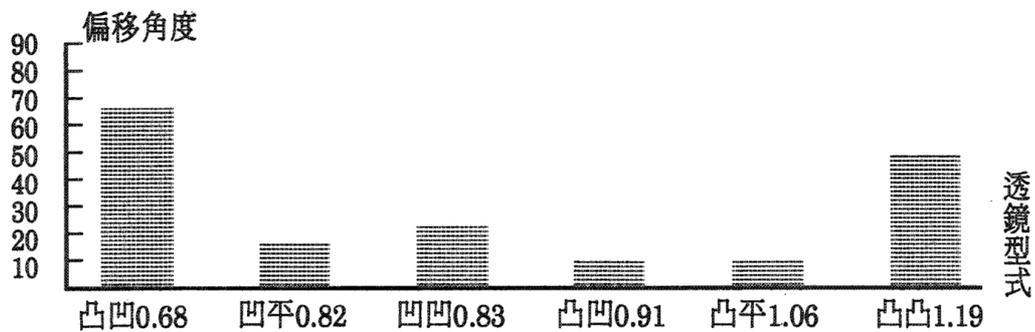
推論①放大倍率愈大，則光疊衍生波在鏡內和鏡外的偏移角度會愈來愈大。此可當作判別放大鏡倍率的參考。

②衍生波在放大鏡的範圍內，均會有波數減少的狀況。

③衍生波在放大鏡的範圍內，波長會有稍微增長之趨勢。

結果：(表九)-1各種透鏡和光疊衍生波之關係表)

透鏡型式	偏移角度	原有波數	鏡內波數	波長變化	衍生波走向
凸凹0.68	65	4	5	-0.12	向右彎曲
凸凸1.19	45	6	6	+0.09	向左彎曲
凹平0.82	16	6	5	+0.07	些微向右彎
凸凹0.91	12	5.5	5.5	+0.00	產生折射
凸平1.06	10	7	6	+0.11	些微向左彎
凹凹0.83	18	5.5	5.5	+0.00	向右彎曲



(圖九)-1各式透鏡對光疊衍生波偏移之影響)

推論：①不管透鏡的型式為何，放大倍率愈趨向於1.00者，其對衍生波的偏移角度有縮小之作用，反之，放大倍率愈大或愈小於1.00的話，偏移角度也就愈大。

②就衍生波的變化方向來看，通常透鏡如果放大倍率小於1.00者，均有向右彎曲的現象，放大倍率大於1.00者，則衍生波有向左彎曲的現象發生。

③就波長和波數的變化來看，放大倍率小於1.00者，波數往往有持平或減少的跡象，進而波長變短，反之如果放大倍率大於1.00者，波數往往具有持平或減少的現象，自然波長變長。

(十)光疊真的能檢測物體的平凹程度嗎？

步驟：①準備各式氣球，打氣至滿。利用波長為0.1公分的透明投影片，放置於氣球表面，並觀察所產生的光疊形態。

結果：（表十物體表面平凹程度與光疊之關係）

物 體 表 面	形 成 光 疊 概 敘
圓球體	很明顯的形成具有4個波的圓形波。且愈接近圓體頂點，波長愈長，愈到圓球體的邊緣，波長愈短愈多。
雙球體	很明顯的形成各具3，4個波的圓形波。圓形波的狀況如同上述，球體愈小可見波數愈少，反之，球體愈大，可見的光疊愈多。
圓柱體	形成約3到4個波的長方形橢圓波。愈接近投影片的波長愈大，反之愈小。
左 高 右 低 的 山 形 體	形成約4個波的類似天氣圖左密右疏的波形，波形和波長的變化如同上述。
平 面 玻 璃	除原有之波形外，無任何波形出現。

推論：①我們發現將投影片放置在氣球之上會形成光疊的原因，是氣球表面反射的原先投影片上的波形，和投影片上的波互相重疊造成光的干涉而構成了光疊。

②如果物體表面接近投影片很均勻的話，則形成均勻對稱的波形如圓形波，反之，表面不均勻，則形成毫無對稱。如天氣圖。

## 五、結 論

- (一)直線波要產生光疊需要重疊角度，每增加2度，大約增加2至3個衍生波，圓形波則需要有波心至波心有間距存在，每增加距離1個波長，就會多產生4條衍生波。
- (二)波長愈長所形成的衍生波數愈少，增加角度衍生波增加幅度也較小。
- (三)面積的邊長比大約就是衍生波的波數比。例面積36:144，衍生波1:2。
- (四)衍生波行進的方向約和上片投影片的波行進方向呈垂直。如果兩個波形中帶有圓形波者，所形成的衍生波必為以組合中心向外輻射的直線波。兩種不同的波形相互干涉，所形成波形一定帶直線衍生波。
- (五)我們發現溶有固體的水溶液對光線的折射程度有較明顯的表現。
- (六)利用折射程度之不同，可分辨出水溶液中溶質的濃度多寡。本實驗中，150cc的水中每添加3克的食鹽，折射偏移距離約增0.03cm。增加的距離遠比水量的增加明顯。
- (七)就檢測色光的程度，歸納出每種色光折射程度均不相同，由強到弱正好是紫靛藍綠黃橙紅。參考光學書籍查到色光的波長，再加以比較實驗結果，發現波長愈長的色光，其折射程度愈大。
- (八)全反射中，錐形瓶內水位愈高，所形成的可見面積愈小。
- (九)就光疊衍生波和放大鏡的放大倍率之關係，得知放大倍率愈大，則衍生波在鏡內的偏移角度會愈來愈大，而且波數會呈減少，波長會呈增加的狀況。就衍生波與透鏡的關係，發現透鏡如果放大倍率離開1.00愈遠，偏移角度會愈來愈大，如果是呈放大的凸透鏡，鏡內的衍生波會向左彎曲，反之如果是呈凹透鏡的縮小倍數，則向右彎曲。
- (十)我們發現光疊真的能判定表面的平凹程度，如果表面是呈現均勻對稱，則反射回去的波形也是均勻對稱；反之如果表面不是呈現對稱狀，則衍生波較密的地方表示位置較高，較疏的地方表示位置較低。

## 六、參考書目

- 1.大眾科學實驗 楊明輝譯 徐氏基金會 民七十八
- 2.光學原理 程建人譯 徐氏基金會 民七十三
- 3.科學研習月刊 教育館
- 4.科學遊戲 小牛頓雜誌社
- 5.牛頓科學研習百科 牛頓出版社

## 評 語

利用投影機顯示並分析波紋線交疊即顯示的紋線規律性，更進而探討物質折射的性質思慮完整周詳。