

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 理化科

031611

雷光乍線-光在不同介質中的傳遞與量測

學校名稱：新竹縣立竹北國民中學

<p>作者：</p> <p>國二 郭晉嘉</p> <p>國二 張孟偉</p> <p>國二 范紀皓</p> <p>國二 黃彥明</p>	<p>指導老師：</p> <p>許忠信</p>
--	-------------------------

關鍵詞： 光敏電阻、司乃耳定律、光的折反射

壹、摘要：

光在空氣中前進時，若進入與空氣折射率不同的介質，就會發生反射與折射現象。我們利用自製治具，以司乃耳定律取得實驗數據。

實驗中將雷射光從空氣中射入牛頓、非牛頓液體等介質內，並試著改變其溫度、顏色、粗糙度、旋轉和水的流動，比較光的反射、折射、透光及光被吸收等物理現象，再探討這些現象對折射率、反射率及反射光和折射光能量（照度值）的影響。

將照度計和三用電錶以不同距離的光源，測量電阻值與照度值的對照關係。利用自製的光敏電阻數值偵測板，分析在不同介質，反射光能量（照度百分比）及折射光能量（照度百分比）之間的關係，發現入射角越大，反射光能量有上升趨勢；而折射光能量則漸趨下降。

貳、研究動機：

某次上理化課時，突然電光乍現雷聲隆隆，一道道的雷光引起了同學們的注意，老師說「光」是個值得研究的主題，下課後三五好友齊聚一堂，開始了「雷光乍線-光在不同介質中的傳遞與量測」。盼經過不斷的實驗過程，去了解光的傳輸途徑與入射光、反射光和折射光三者照度的定性關係。並籌建了專屬網站「雷光乍線」提供組員做科展時的討論記錄用平臺，並與其他同學分享我們的研究成果。<http://www.weserve.com.tw/cp204/index.htm>

參、研究目的：

- 一、研究雷射光以不同入射角從空氣進入不同介質時，入射角、反射角、折射角的關係，並測量不同介質相對於空氣的折射率。
- 二、利用光敏電阻找出不同入射角時，入射光、反射光、折射光的能量變化。
- 三、研究不同操縱變因（水溫度、顏色、水流動、高速旋轉、粗糙度、磁場）對折射、反射和透光現象的影響。
- 四、透過此次實驗成果，企圖設計出簡易型照度偵測器與光控開關等生活應用產品。

肆、研究設備與器材：

- 一、自製治具：

		
旋轉式反折射量測器	鐵製掛架量測固定支座	精密分度盤 附 CdS 偵測板

		
可定位型 Cds 支架偵測板	可調整雷射筆三角架支座	高速旋轉介質器材

二、儀器設備：

		
自製可調控水量&抽水馬達	Light Source 光源箱	數位型溫度計
		
數位型三用電錶	電源供應器 & 伏特計	各式雷射筆及筆架
		
數位式照度計	鉛垂	各式工具

三、工具材料：

		
各式電子零件包	各式五金零件包	實驗介質

伍、研究過程與方法：

研究一：探討光於不同介質界面的入射角、反射角、折射角的關係

一、實驗原理：

(一) 光的反射定律：入射角 = 反射角。

(二) 折射定律：

1. 折射第一定律：入射線、折射線與法線同在一平面上，入射、折射線分居於法線兩側。
2. 折射第二定律；司乃耳定律 (Snell's Law)： $n_i \sin \theta_i = n_t \sin \theta_t$ 。入射角的正弦與折射角的正弦的比值為相對折射率。
3. 司乃耳定律證明： $(n_i$ 為第一介質的折射率、 n_t 為第二介質的折射率)

$$\overline{BC} = v_i \cdot \Delta t, \quad \overline{AD} = v_t \cdot \Delta t, \quad n_t > n_i,$$

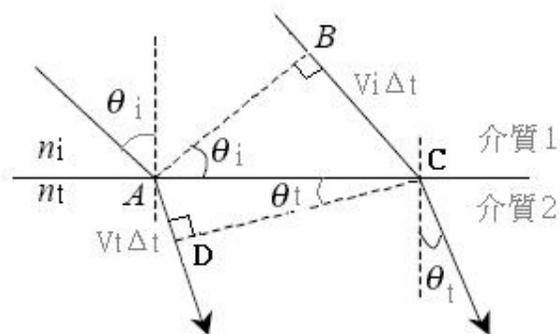
$$v_t < v_i \quad \therefore \overline{AD} < \overline{BC}$$

$\triangle ABC$ 和 $\triangle ADC$ 中， \overline{AC} 是共同邊，

$$\frac{\overline{BC}}{\sin \theta_i} = \frac{\overline{AD}}{\sin \theta_t} \Rightarrow \frac{\sin \theta_i}{v_i} = \frac{\sin \theta_t}{v_t}$$

$$\text{同乘 } c \Rightarrow \frac{c}{v_i} \sin \theta_i = \frac{c}{v_t} \sin \theta_t,$$

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow n_i \sin \theta_i = n_t \sin \theta_t$$



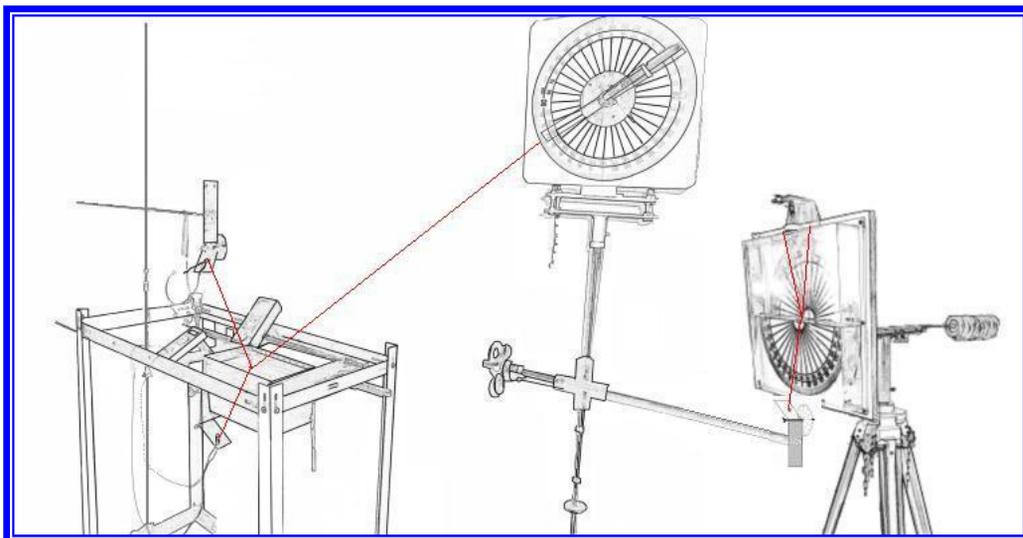
圖(一)

二、實驗介質：

(一) 牛頓液體：水、濃糖水、沙拉油。

(二) 非牛頓液體：機油、洗衣精。

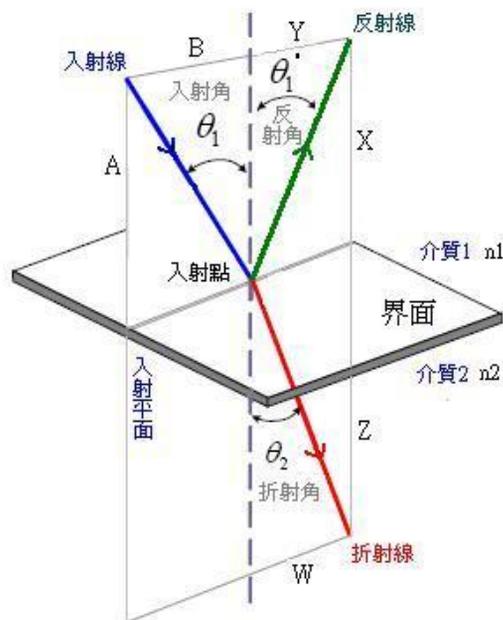
三、實驗步驟：實驗器材第一版 (I) (間接三角函數計算) & 實驗器材第二版 (II) (直接旋轉量測)



圖(二)

實驗一：用實驗器材 I 探討不同入射角下，光從空氣進入介質中入射、反射、折射角的關係

- (一) 分別將不同介質（牛頓液體：水、濃糖水、沙拉油；非牛頓液體：機油、洗衣精）倒入水槽中至九分滿。
- (二) 打開雷射筆的開關，將分度盤調至入射角 10 度，並調整水槽位置。
- (三) 將鉛垂調整到光線入射水面的點上。
- (四) 測量出 A、B 值。
- (五) 在水槽上下各掛上一條綁螺絲釘的線。
- (六) 將第一條線對準入射點；第二條線對準折射點。
- (七) 測量出 Z、W 值和 X、Y 值。
- (八) 改變分度盤上的入射角度，並重複步驟 (二) ~ (七)。



圖(三)

實驗二：用實驗器材 II 探討不同入射角下，光從空氣進入介質中入射、反射、折射角的關係

- (一) 分別將不同介質（牛頓液體：水、濃糖水、沙拉油；非牛頓液體：機油、洗衣精）倒入分度盤水箱至一半(90 度的線)。
- (二) 以壓克力板來固定雷射筆。
- (三) 先進行雷射筆的校正（讓雷射筆射入水面和射出水箱的點都在 180 度的線上）。
- (四) 旋轉至入射角 10 度的位置，記錄其反射角、折射角。
- (五) 將入射角陸續以 5 度之差遞增至 80 度，記錄數據。
- (六) 以司乃耳定律算出各介質的折射率並做比較。

研究二：探討不同入射角下入射、反射、折射光照度的關係

一、實驗原理：

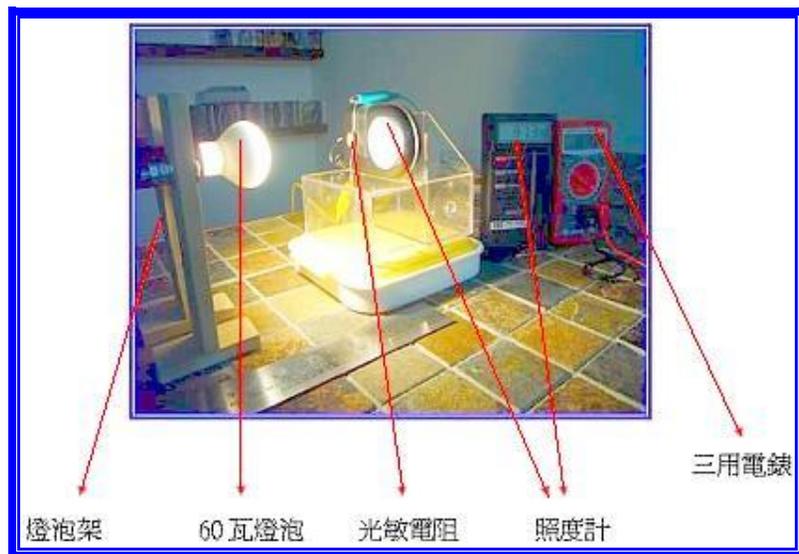
以照度值和電阻值之間的對應關係，分析角度與入射、反射、折射光照度的關係。

二、實驗項目：

- (一) 牛頓液體：水、濃糖水、沙拉油。
- (二) 非牛頓液體：機油、洗衣精。

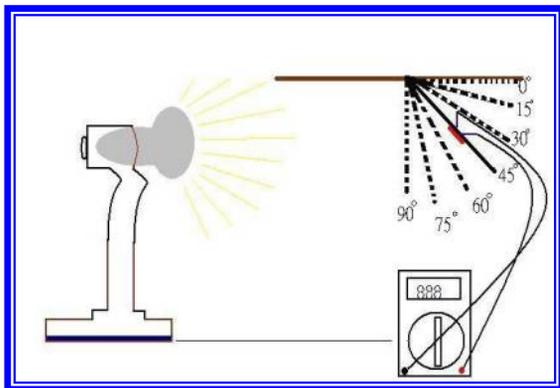
實驗一：測量照度值對電阻值的對應關係

- (一) 將光敏電阻與數位式照度計放至同一平面。
- (二) 利用可調亮度明暗的 60 瓦燈泡，固定距離外調整亮度。
- (三) 測量不同照度下的 Lux 值與 Ω 值，並記錄之。
- (四) 繪出關係圖，並計算出兩者間的函數式。



圖(四)

實驗二：探討不同入射角下光敏電阻受光的電阻值大小



圖(五)



圖(六)

- (一) 將儀器如圖(五)方式連接。
- (二) 固定照度和燈源與偵測器的距離。
- (三) 調整偵測器上的旋轉板為 0 度。
- (四) 測量並記錄其電阻值。
- (五) 將旋轉板角度改為 15、30、45、60、75、90 度。
- (六) 繪出各角度和光敏電阻受光的照度大小關係圖。

實驗三：探討不同入射角下雷射光的入射、反射、折射光照度三者的比例關係

- (一) 架設儀器，將分度盤調至入射角 10 度。
- (二) 分別測量入射、反射、折射線上的電阻值。
- (三) 將 10 度角以每 5 度之差遞增至 80 度，並重複步驟 (二)。
- (四) 記錄不同的入射、反射、折射電阻值，並用「p4 實驗一」推得的函數關係式換算成照度值來分析。

研究三：操縱環境因子，對光之折射、反射等現象的影響

實驗一：研究水溫度，對透光率的影響

實驗二：流動的水對反射光、折射光照度值的影響

(一) 水槽中放置馬達，上方覆蓋薄塑膠片，以防止水波紋造成光散射現象，如圖(七)。



圖(七)

(二) 調整雷射光入射角為 45 度。

(三) 測量並記錄反射、折射光的電阻值。

(四) 測量入射角的 A、B，反射角的 X、Y 及折射角的 Z、W (圖參照 p4)。

(五) 打開水中馬達，重複步驟(三)、(四)，記錄數據，繪製成圖表。

實驗三：雷射光射在高速旋轉的物體時，對反射角與反射照度值的影響

(一) 使用主軸馬達轉速 5400rpm 和 7200rpm 之磁碟機。

(二) 調整雷射光入射角為 45 度。

(三) 測量反射點的光敏電阻值。

(四) 使磁碟機高速旋轉，觀察光點是否位移，並記錄接收板光敏電阻值。



圖(八)

實驗四：雷射光射在粗糙度不同的表面時，對通過光線照度值的影響

- (一) 取五片壓克力板分別標示為 A、B、C、D、E，其中 A 為未經摩擦的壓克力板，B、C、D、E 分別以 1200c、180c、100c、40c 的砂紙以順時針方向摩擦 50 圈。
(砂紙的粗糙度代碼為 c，c 值愈小代表愈粗糙)
- (二) 固定雷射筆使雷射光與光敏電阻成 90 度。
- (三) 把一個空心圓筒，框在光敏電阻上，測量沒有壓克力板的光敏電阻值。
- (四) 將壓克力板放在圓筒上，測量 A 的電阻值。
- (五) 用砂紙磨過的壓克力板放在圓筒上，並依 B、C、D、E 的順序來測量光敏電阻值。

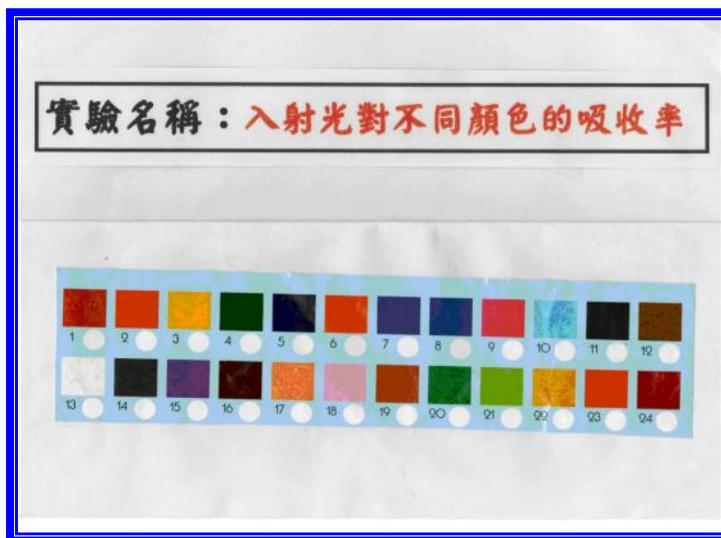


圖(九)

實驗五：雷射光以垂直和水平方向通過磁場時，對照度值、行進的影響

實驗六：雷射光射在不同顏色的色紙上，對反射照度值的影響

- (一) 雷射光以 45 度射在不同顏色的色紙上，記錄其反射電阻值。
- (二) 算出反射照度值佔總能量比例，比較各顏色色紙的反射率。



圖(十)

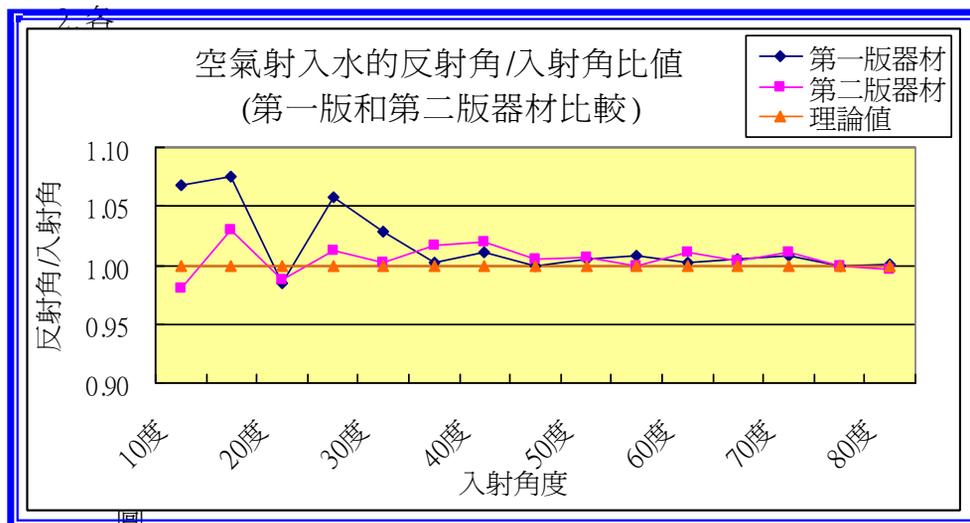
陸、研究結果：

一、探討不同入射角下，光從空氣進入不同介質中的入射、反射、折射角的關係
(實驗器材第一版和第二版比較)

(一) 牛頓液體：

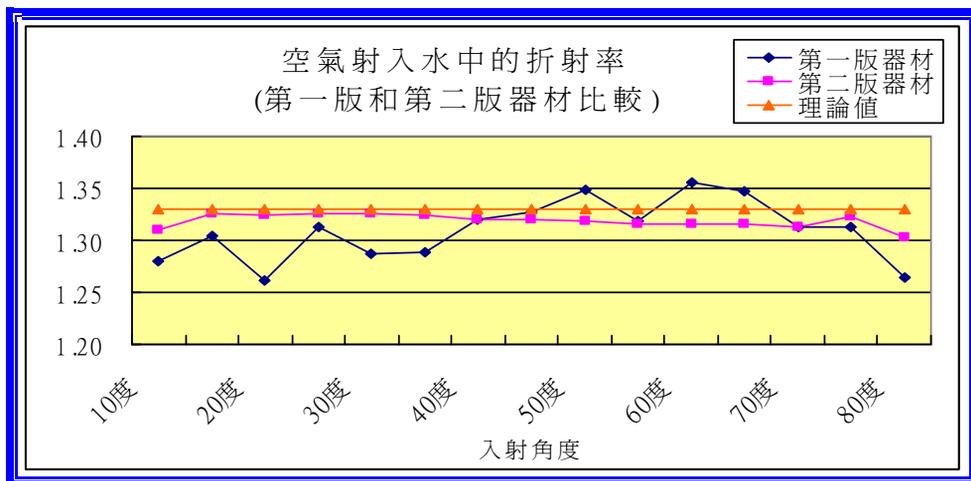
1. 水

(1) 各角度入射、反射角比值



圖表(一)

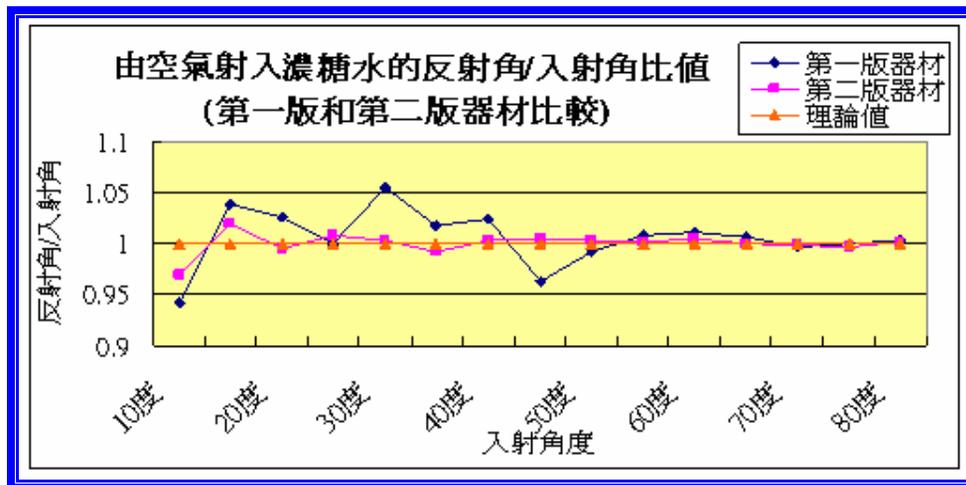
(2) 折射率的計算 (理論值：1.33)



圖表(二)

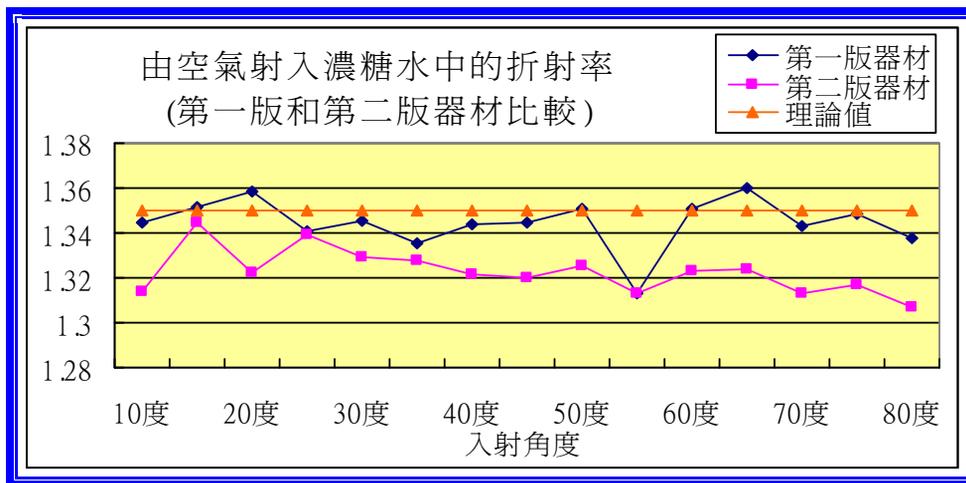
2. 濃糖水

(1) 各角度入射、反射角比值圖



圖表(三)

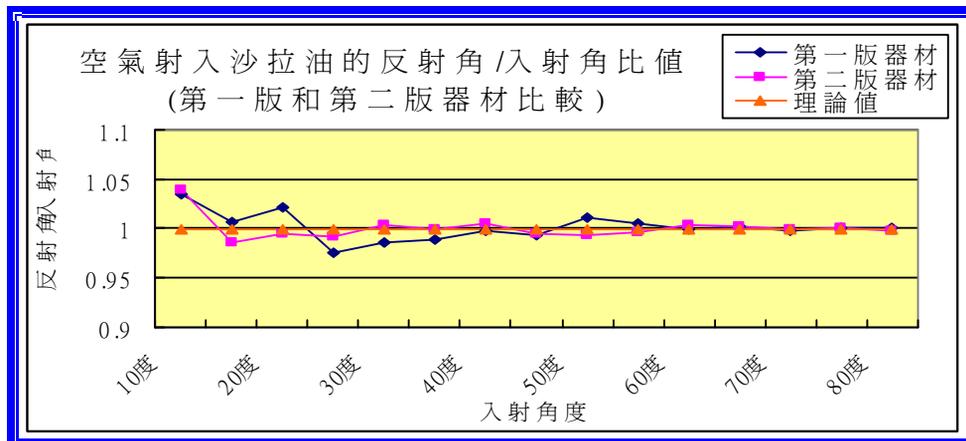
(2) 折射率的計算 (理論值：1.35)



圖表(四)

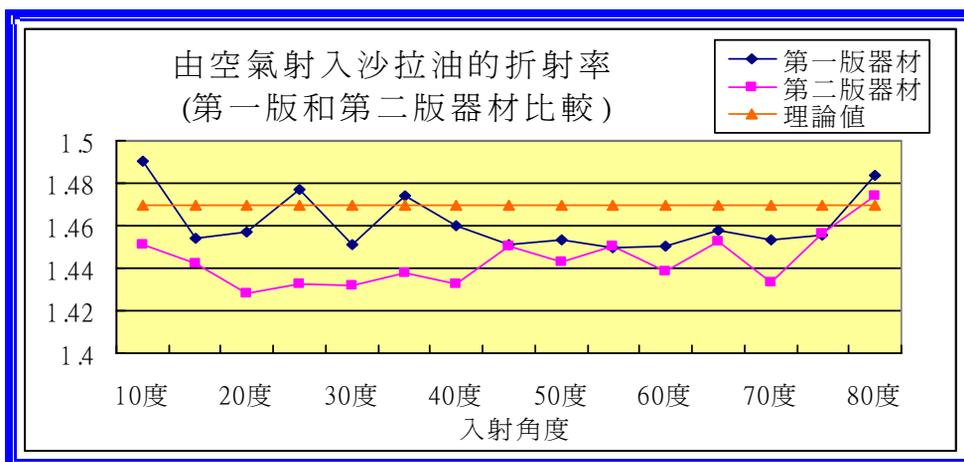
3. 沙拉油

(1) 各角度入射、反射角比值



圖表(五)

(2) 折射率的計算 (理論值：1.47)

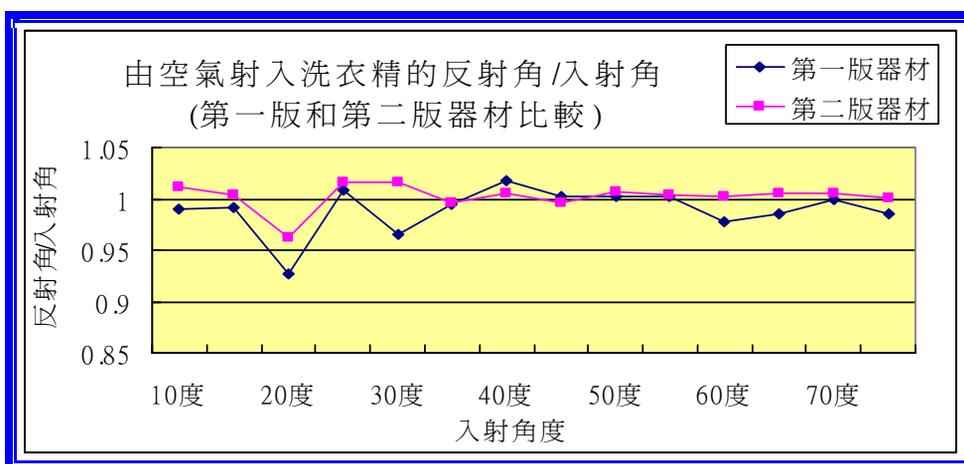


圖表(六)

(二) 非牛頓液體：

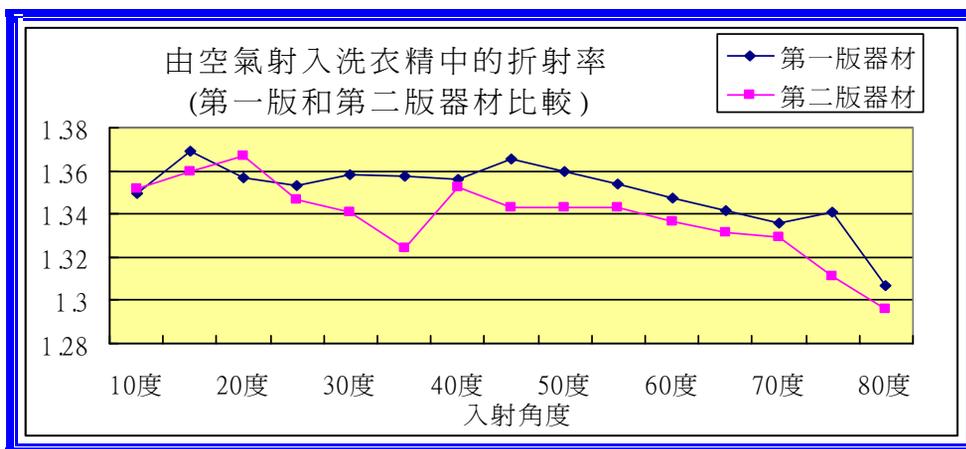
1. 洗衣精

(1) 各角度入射、反射角比值圖



圖表(七)

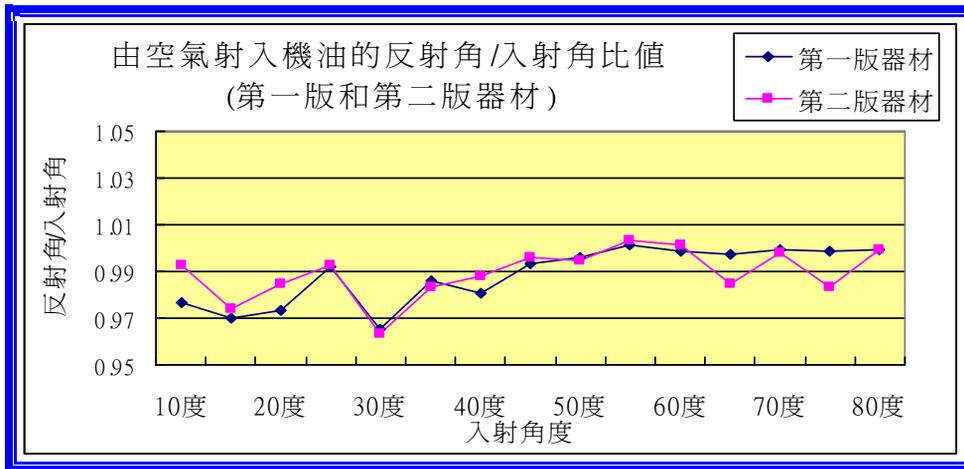
(2) 折射率的計算



圖表(八)

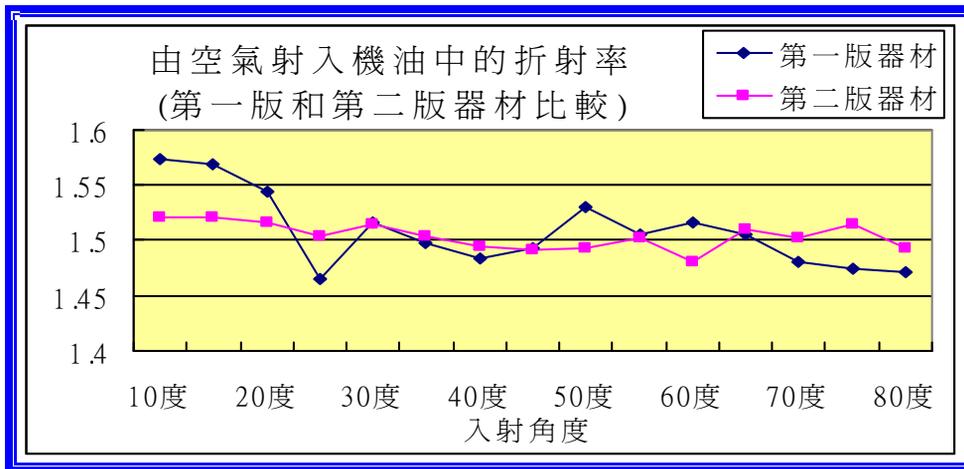
2. 機油

(1) 各角度入射、反射角比值圖



圖表(九)

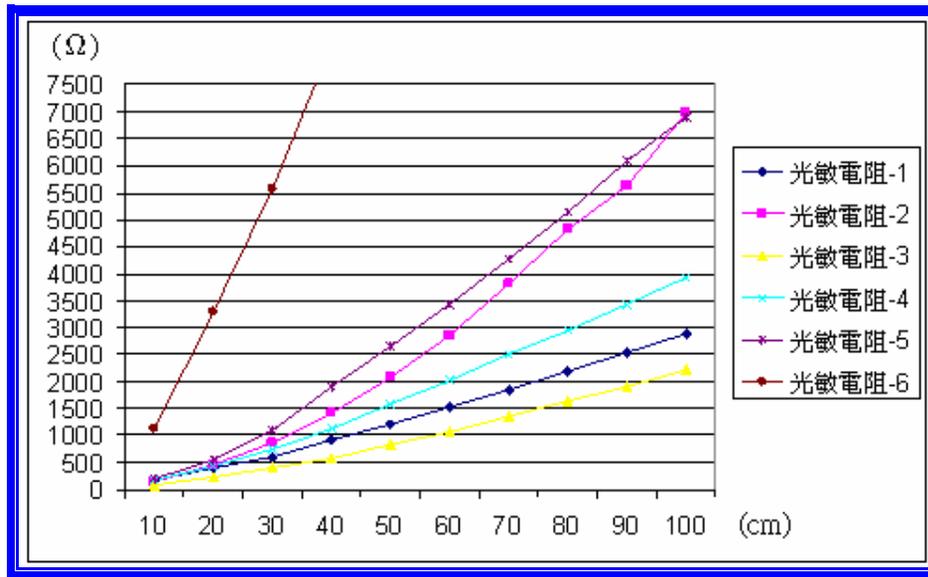
(2) 折射率的計算



圖表(十)

二、以 60 瓦燈泡為光源，測量六組不同的光敏電阻在光源照度不同時電阻值的反應變化。

(一) 光敏電阻-1 ~ 6 電阻值圖表。



圖表(十一)

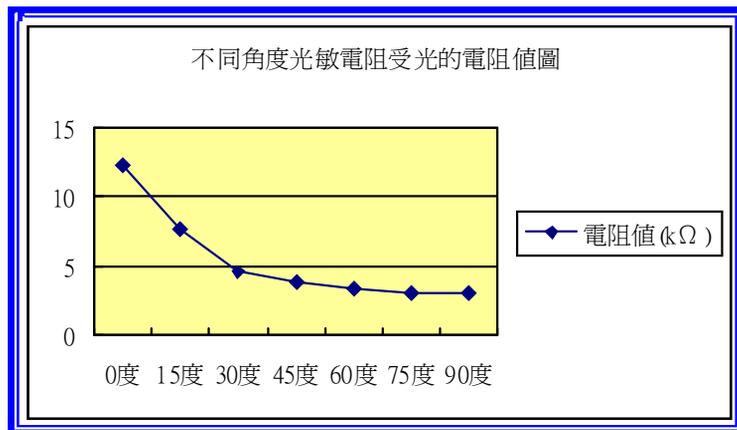
實驗結果與討論：

光敏電阻-5 的變化量較接近理想值，故選用光敏電阻-5 作測量光照度的主元件進行實驗。

三、探討不同入射角，光敏電阻受光的電阻值大小

	電阻值(kΩ)
0 度	12.27
15 度	7.69
30 度	4.57
45 度	3.90
60 度	3.36
75 度	3.05
90 度	3.02

表(一)



圖表(十二)

實驗結果與討論：

由圖表(十二)可知，光敏電阻與固定架夾角不同時，光敏電阻受光照射的電阻值亦不同。故進行實驗時皆控制夾角在 90 度，才能確保每次實驗之基準相同，以減少實驗誤差。

四、 利用光敏電阻來測量入射、反射、折射的能量關係：

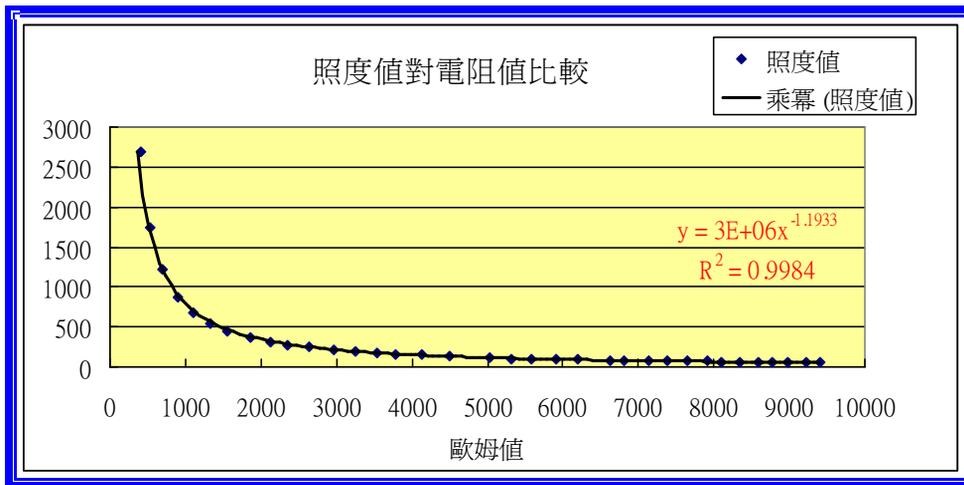
(一) 電阻值與照度值對照表

1. 對照表：

距離	電阻值 Ω	照度值 Lux	距離	電阻值 Ω	照度值 Lux	距離	電阻值 Ω	照度值 Lux
20cm	409	2695	80cm	3250	190.4	140cm	7140	76.2
25cm	535	1750	85cm	3530	173.7	145cm	7380	73.4
30cm	701.5	1225	90cm	3790	161.8	150cm	7640	70.9
35cm	899	875	95cm	4140	147.1	155cm	7920	68.3
40cm	1105.5	676	100cm	4495	138.7	160cm	8100	66.7
45cm	1323.5	539.5	105cm	5030	110.3	165cm	8340	64.9
50cm	1554.5	440.5	110cm	5310	104.1	170cm	8580	62.9
55cm	1857.5	359.5	115cm	5580	98.4	175cm	8780	61.6
60cm	2125	312.5	120cm	5910	92.6	180cm	8970	60.1
65cm	2350	275	125cm	6190	88.1	185cm	9220	58.5
70cm	2645	242	130cm	6620	82.1	190cm	9410	57.3
75cm	2965	213.5	135cm	6820	79.1			

表(二)

2. 光敏電阻電阻值、照度值對照圖：



圖表(十三)

五、 研究雷射光從空氣射入不同介質時，入射光、反射光、折射光照度能量的關係

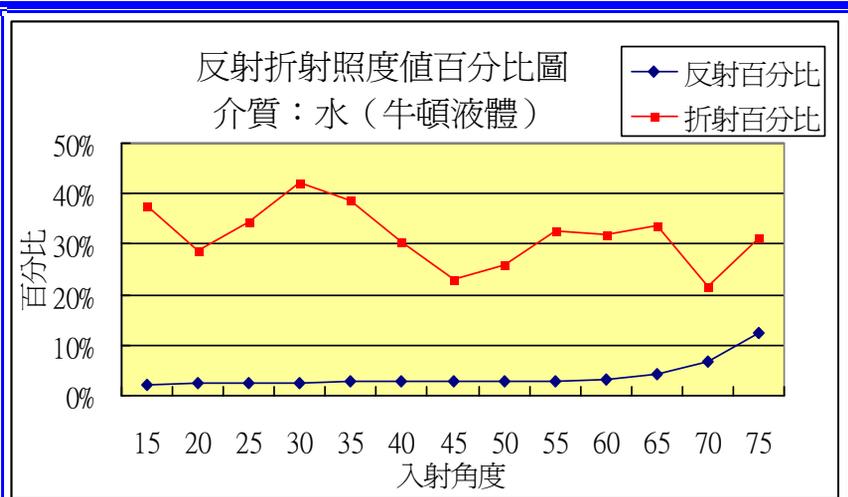
(一) 研究過程：

1. 研究入射角不同時，測量入射光、反射光、折射光的電阻值。
2. 用圖表(十三)中的函數式 $y = 3 \times 10^6 x^{-1.1933}$ 將入射光、反射光、折射光電阻值換算成照度值，並減去背景照度值，將反射光和折射光照度值分別除以入射光照度值，得到角度與百分比變化圖。

(二) 牛頓液體

1. 水

角度	反射百分比	折射百分比
15 度	2.21%	37.69%
20 度	2.33%	28.77%
25 度	2.57%	34.36%
30 度	2.61%	42.03%
35 度	2.74%	38.70%
40 度	2.75%	30.41%
45 度	2.79%	23.04%
50 度	2.80%	25.92%
55 度	2.86%	32.52%
60 度	3.19%	31.99%
65 度	4.25%	33.70%
70 度	6.74%	21.47%
75 度	12.41%	31.16%

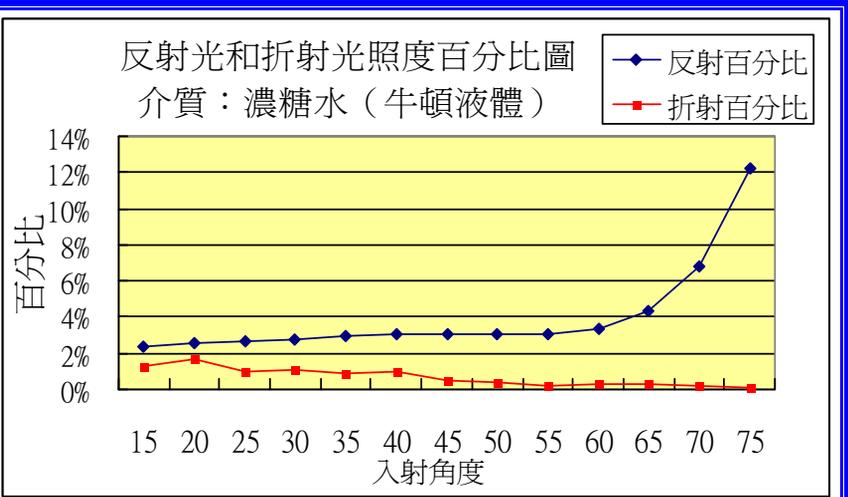


圖表(十四)

表(三)

2. 濃糖水

角度	反射百分比	折射百分比
15 度	2.41%	1.25%
20 度	2.60%	1.66%
25 度	2.71%	0.99%
30 度	2.81%	1.04%
35 度	2.93%	0.89%
40 度	3.03%	0.98%
45 度	3.06%	0.47%
50 度	3.01%	0.39%
55 度	3.10%	0.21%
60 度	3.35%	0.29%
65 度	4.33%	0.26%
70 度	6.85%	0.19%
75 度	12.24%	0.12%

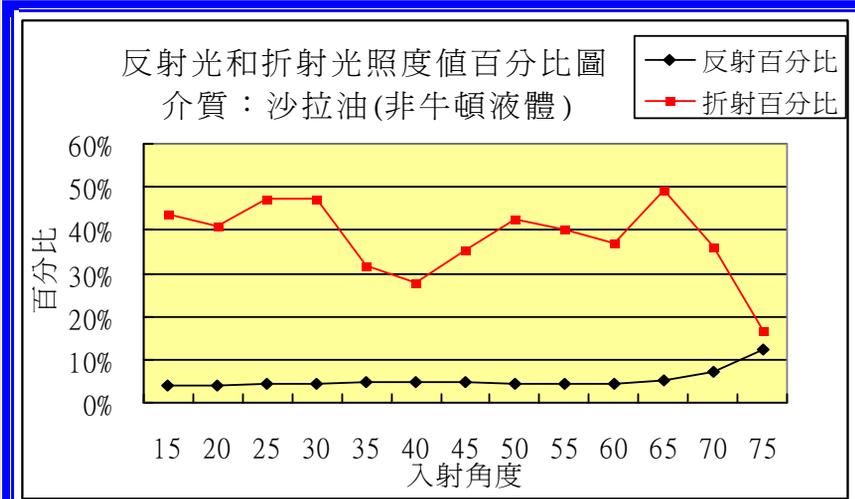


圖表(十五)

表(四)

3. 沙拉油

角度	反射百分比	折射百分比
15 度	3.89%	43.70%
20 度	4.13%	40.96%
25 度	4.30%	47.44%
30 度	4.51%	47.32%
35 度	4.62%	31.71%
40 度	4.72%	27.75%
45 度	4.61%	35.56%
50 度	4.53%	42.67%
55 度	4.35%	39.98%
60 度	4.46%	37.08%
65 度	5.02%	49.10%
70 度	7.28%	36.07%
75 度	12.27%	16.63%



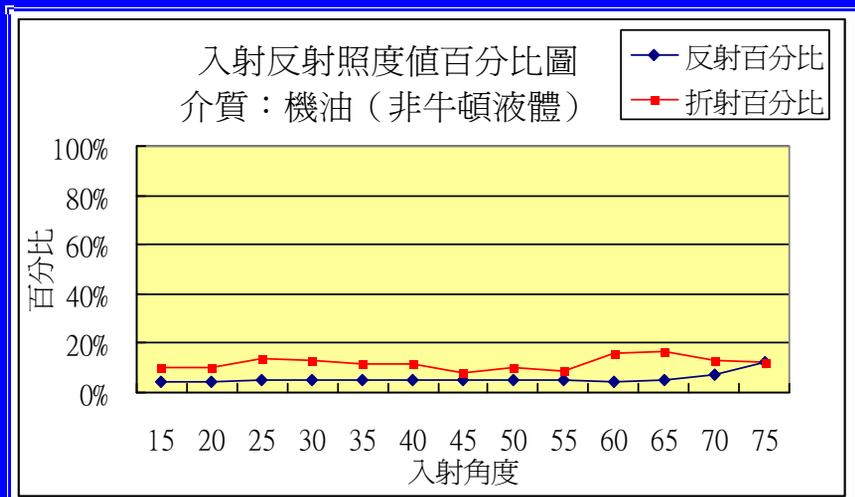
圖表(十六)

表(五)

(三) 非牛頓液體

1. 機油

角度	反射百分比	折射百分比
15 度	4.40%	10.48%
20 度	4.68%	10.40%
25 度	4.90%	13.68%
30 度	5.01%	12.90%
35 度	5.16%	11.70%
40 度	5.24%	11.81%
45 度	5.13%	8.30%
50 度	4.95%	10.49%
55 度	4.71%	8.85%
60 度	4.52%	16.21%
65 度	5.19%	16.89%
70 度	7.24%	13.28%
75 度	12.56%	12.18%



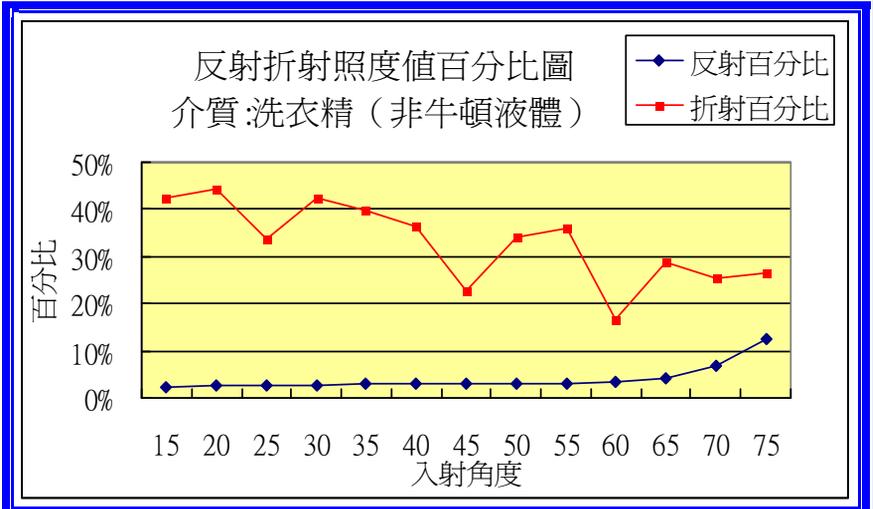
圖表(十七)

表(六)

2. 洗衣精

角度	反射百分比	折射百分比
15 度	2.36%	42.45%
20 度	2.47%	44.14%
25 度	2.64%	33.67%
30 度	2.70%	42.50%
35 度	2.86%	39.62%
40 度	2.89%	36.49%
45 度	2.91%	22.61%
50 度	2.92%	34.18%
55 度	2.95%	36.02%
60 度	3.29%	16.79%
65 度	4.30%	28.62%
70 度	6.79%	25.28%
75 度	12.54%	26.35%

表(七)



圖表(十八)

實驗結果與討論：

光在兩介質的界面上會發生折射及反射，除全反射外，在界面入射光必然依照不同的比例轉變成折射光及反射光。但礙於量測困難，折射光的照度無法直接量測實際照度，僅能量測水槽外部的照度。光經過水槽又再一次發生折射及反射，故量測到的折射光照度會較實際界面上發生的折射光照度低，此問題是未來值得深入探討的。

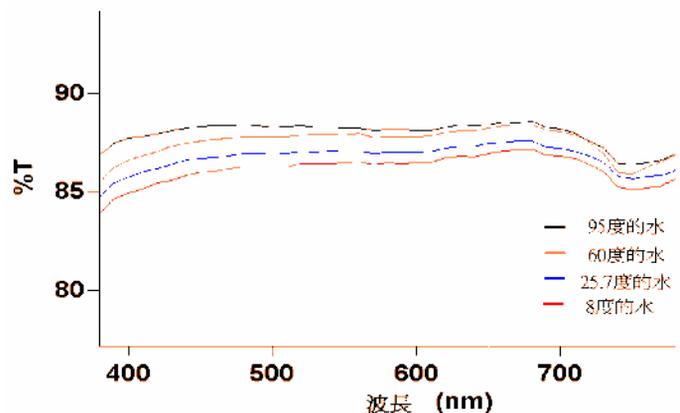
基本上反射光的量測不會有此問題，而各種不同介質的反射光照度的比例也都有相仿的趨勢；而折射光雖然量測值非實際光照度值，但仍可歸納出其趨勢，也由於折射光又再經過一層水槽材料後才量到，故此材質的不均勻，及經過再次的折射和反射都是量到折射光的照度值上下跳動的原因，但大致的趨勢仍可看出折射光照度有隨入射角增大而遞減的趨勢。

六、操縱環境因子，對光之折射、反射等現象的影響

(一) 改變水溫度對透光率的影響。

水溫度	透光率 (% T)
95°C 熱水數據	88.41927
60°C 熱水數據	88.24064
25°C 自來水數據	86.92883
8°C 冰水數據	87.46004

表(八)



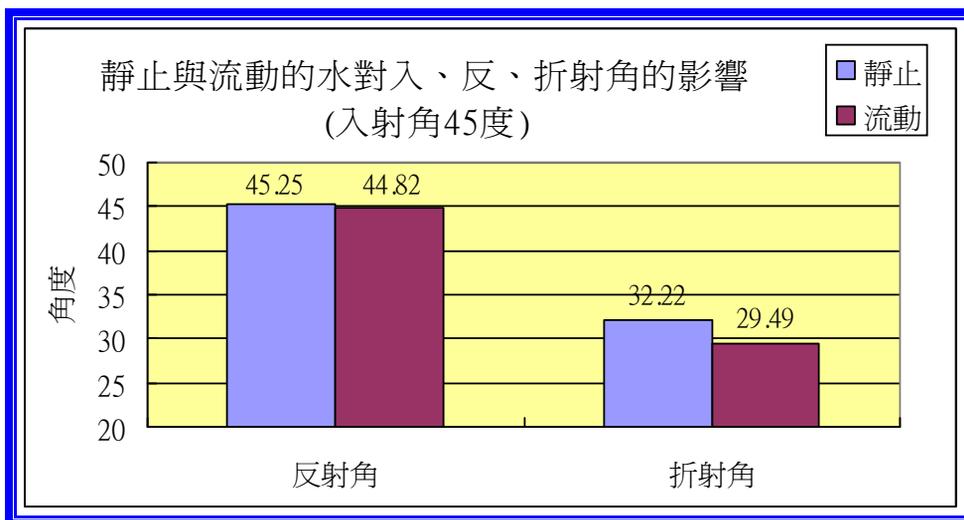
圖表(十九)

實驗結果與討論：

- (1) 因為水高溫時會產生大量白煙，利用自製的器材分辨不出溫度對水透光度的影響，於是商請專業研究單位利用精密儀器協助測量，結果如圖表(十九)，發現水溫度愈高，透光度愈佳。
- (2) 數據中，25°C 自來水較 8°C 水的透光度低，是因為自來水的雜質較多所致。

(二) 讓水產生流動對折射率和反射、折射照度值的影響。

1. 對折射率的影響

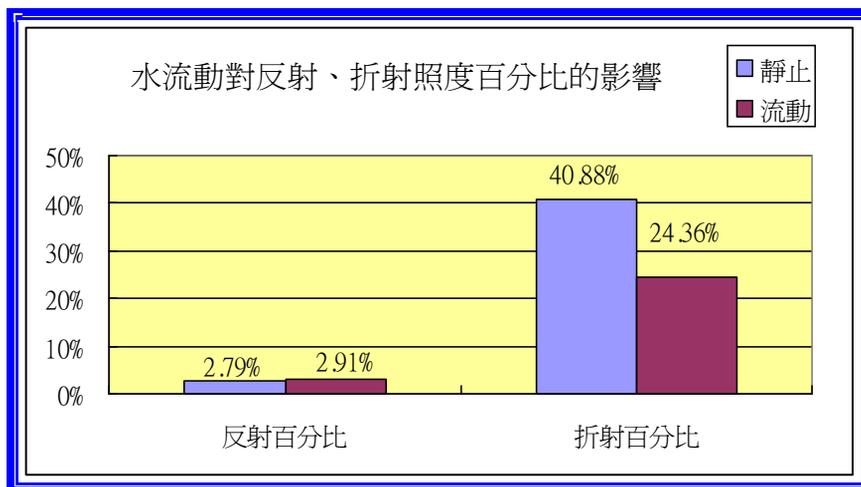


圖表(二十)

實驗結果與討論：

- (1) 由圖表(二十)中可得知，水無論靜止或流動，兩者反射角差異很小，證明不管水是否流動，均遵守反射定律。
- (2) 由圖發現流動的水的折射率較大，我們認為應是當水流動時會變成許多層不均勻的介質，就好像第一層的水中又經過了很多層不同折射率的水或空氣（旋轉可能產生氣泡）產生的折射和反射，造成折射角變小。

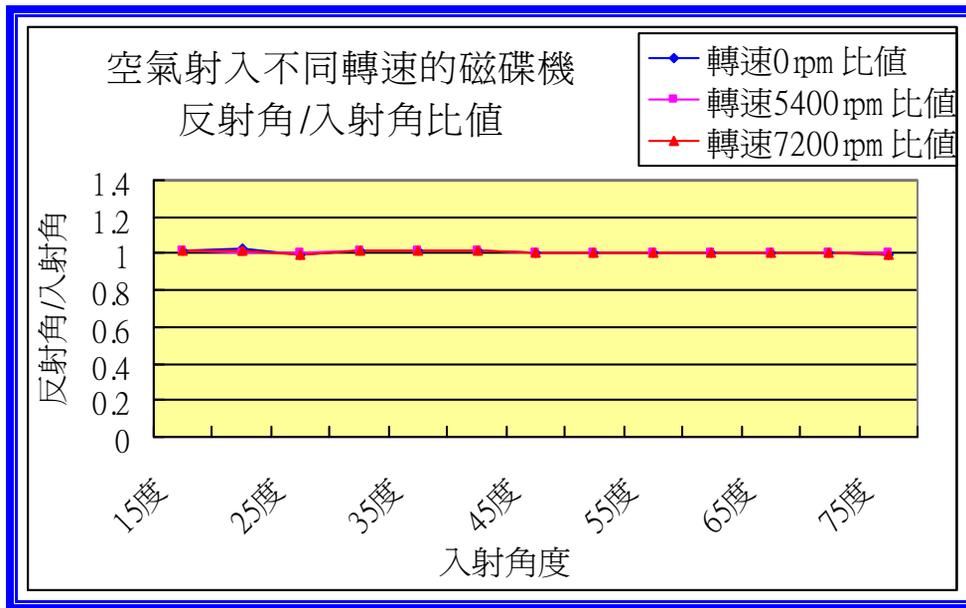
2. 對反射光與折射光能量（照度百分比）的影響



圖表(二十一)

實驗結果與討論：

- (1) 根據圖表(二十一)所示，水流動時與靜止時，反射光的照度值相近。
 - (2) 折射後的能量（照度百分比），發現水流動時明顯小於靜止，我們推測可能是因為當水在流動時，雷射光在水中行進又發生了多次的折射與反射，使得最後測得的能量下降。
- (三) 雷射光射在高速旋轉的物體上時，反射角與入射角比值的變化情形。
1. 反射角與入射角比較



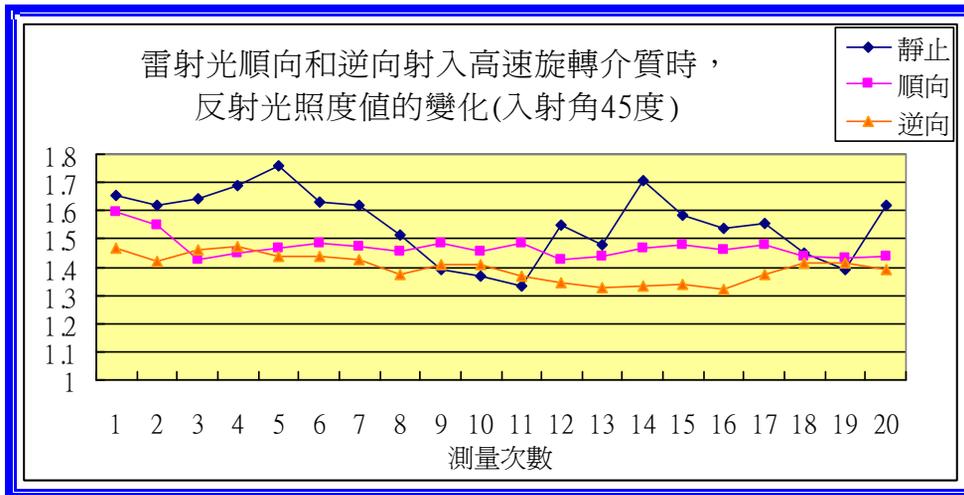
圖表(二十二)

實驗結果與討論：

- (1) 我們能找到穩定旋轉轉速最高的介質，為7200rpm（每分鐘7200圈）的硬碟機，即每秒轉動120圈。
 - (2) 由實驗結果，雷射光射入高速旋轉的介質時，反射角並無明顯改變。推測這是因為光的速度為 3×10^8 公尺/秒，即使磁碟機的轉速為每秒120圈，還是遠低於光速，雷射光射入時仍視其為靜止介質。
2. 量測入射、反射、折射光電阻值的數據與結果討論如下：

	靜止	順向	逆向
電阻值（歐姆）	76765	77960	79075
照度值（已減去背景值）	1 554	1 470	1 397
背景值（Lux）	2.89	2.89	2.89

表(九)



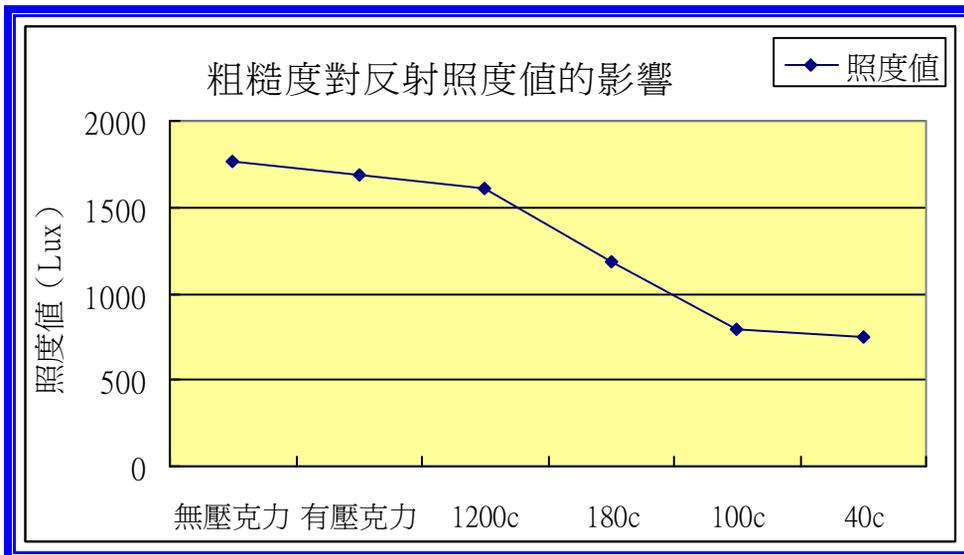
圖表(二十三)

實驗結果與討論：

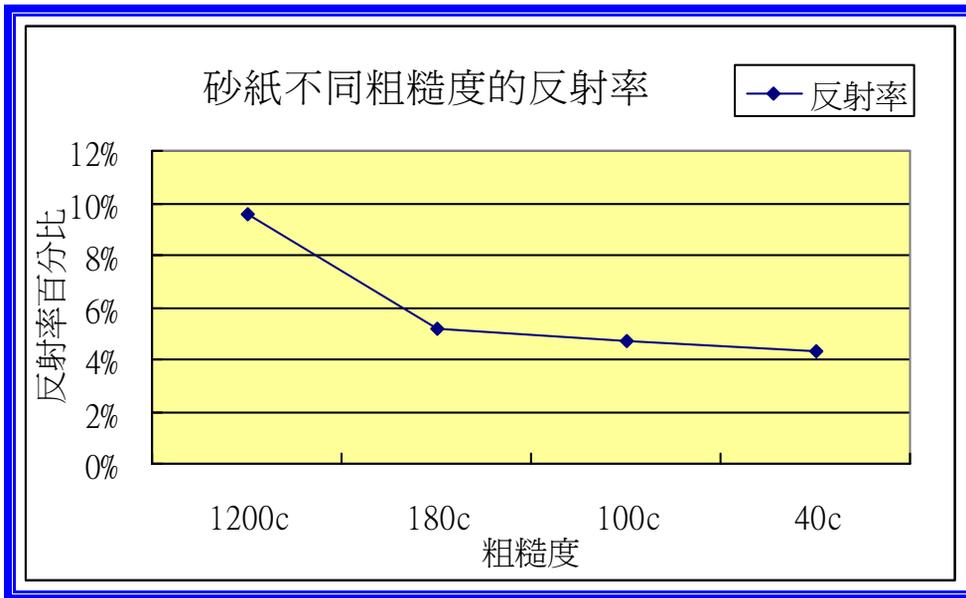
由結果發現，雷射光經由在靜止轉盤、順時鐘轉盤、逆時鐘轉盤反射後，反射光的能量差異不大，但旋轉後照度值明顯較靜止穩定，推測旋轉將原本分布在磁碟上的塵埃甩落，使磁碟成為較均勻的介質所致。

※ 因為上方光敏電阻主要是測量轉向和內外圈能量的變化差異，故只採用轉速為 5400rpm 的磁碟機。

(四) 雷射光射在粗糙度不同的表面時，反射光能量（照度值）的變化情形。



圖表(二十四)



圖表(二十五)

實驗結果與討論：

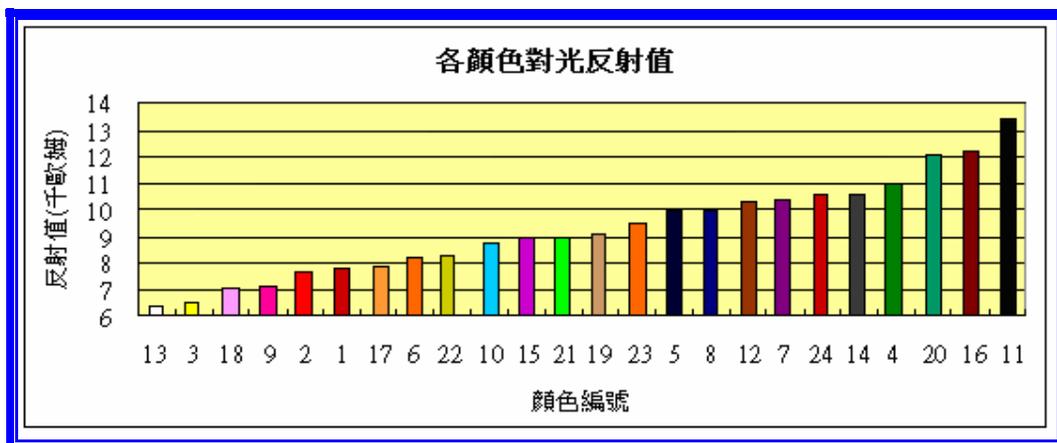
- (1) 說明：砂紙號數 (c) 愈小愈粗糙。
- (2) 研究結果顯示，以 40c 砂紙摩擦過的壓克力板反射光的能量愈小，應是雷射照射到表面愈粗糙愈容易產生散射，使光線分散掉，致偵測到的能量變小。
- (3) 砂紙粗糙度越高，反射率越差，圖表(二十五)粗糙度反射率為借高精密儀器量測所得。

(五) 雷射光以垂直和水平方向通過電磁場時，光源的變化情形：

1. 觀察結果與討論：

根據我們研究，雷射光通過磁場後，不會產生偏折與能量減少的現象。可能的原因是研究產生的電磁場強度不夠，或範圍太小，以致無法觀測到其變化。

(六) 雷射光照射在不同顏色的色紙上時，反射光電阻值的變化情形。



圖表(二十六)

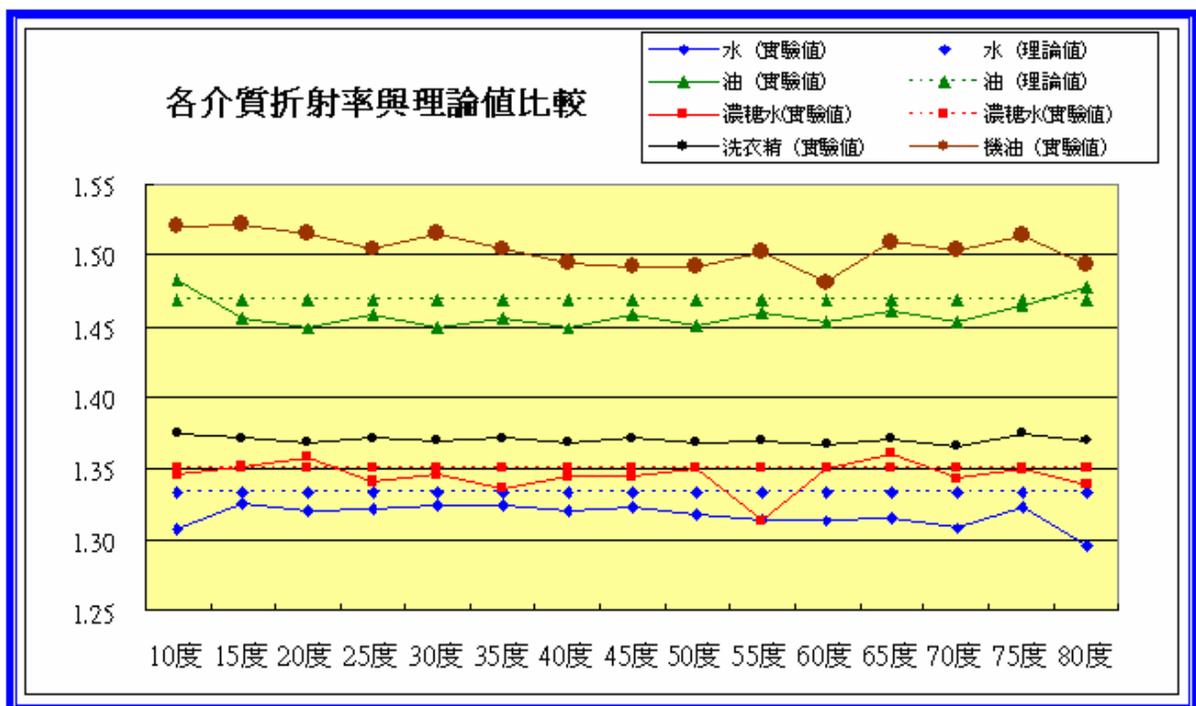
實驗結果與討論：

- (1) 參考南一版教科書 (p.81~p.84)，光的三原色為紅、綠、藍，紅光照射在紅色或白色色紙上，幾乎完全被反射而不被吸收，即反射的能量較多；而將紅光照射在藍色、綠色或黑色時則相反。
- (2) 本研究結果發現，反射效果最佳的為白色色紙，其後依序為紅、橙、黃、綠等顏色，而藍、靛、紫和黑色等最差。
- (3) 紅色色紙的反射能量較白色低，原因是研究所使用的雷射光波長與紅色紙的波長不同，故紅色紙沒有將雷射光完全反射；同理，藍色和綠色也沒有完全吸收紅色光。
- (4) 我們也嘗試在水中加入不同顏色的顏料，量測折射角，並計算出折射率，發現水的顏色不同，並不會影響其折射率。

※圖表內的各號碼所標示的顏色，已依色紙顏色盡量繪製相近顏色，其所代表真正的顏色請參考圖(十) (p.7)。

柒、討論：

一、雷射光從空氣入射到不同介質（水、濃糖水、沙拉油、機油、洗衣精）時折射率比較：



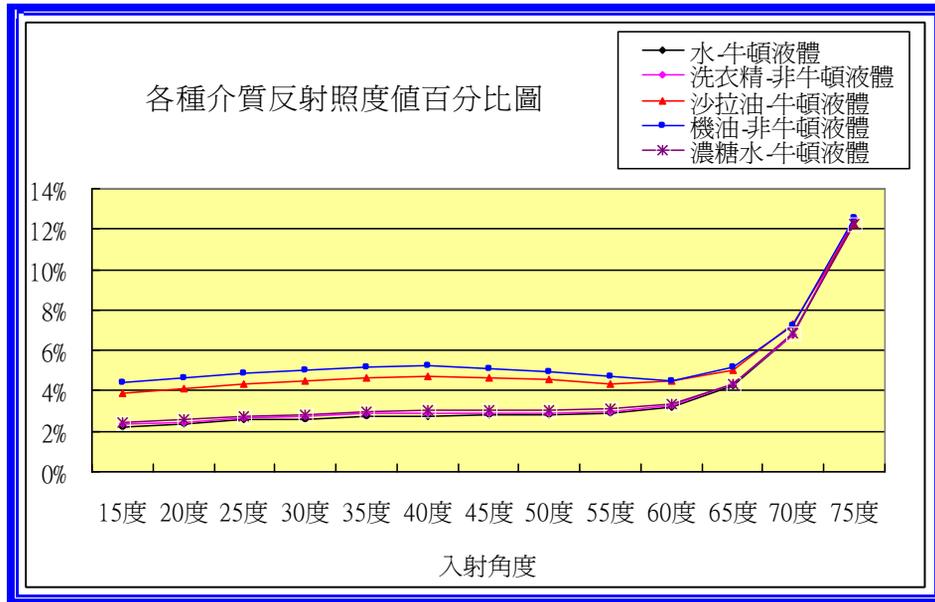
圖表(二十七)

二、由圖表(二十七)可看出：

- (1) 水的折射率皆小於理論值。
- (2) 濃糖水起伏不定，可能屬正常現象，也可能是因為混合物不均勻，造成雷射光多重折射造成。
- (3) 另關於機油及洗衣精並無確切理論值，諮詢該製造商，也無法得到相關數據，其折射率理論值，有待考證。

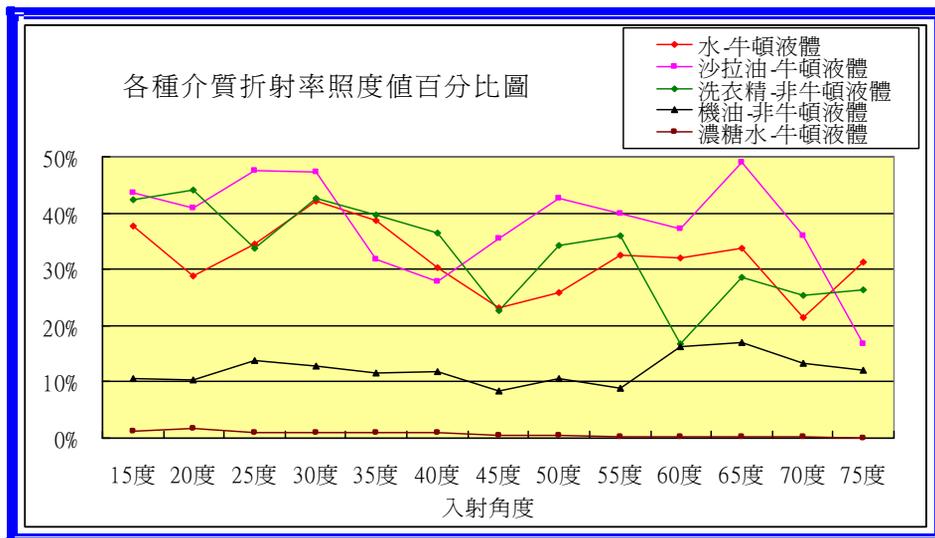
三、雷射光射入不同介質與照度值（能量）的關係

在測量光敏電阻值的實驗中，將測得的反射光、折射光的電阻值換算成照度值（代表能量），因每次實驗的入射光照度未必皆為一定值，故直接取反射光或折射光照度來做關係圖反而容易造成誤判，而非： $\text{反射光} + \text{折射光照度} = \text{入射光照度}$ ，所以將反射光照度值和折射光照度值分別除以入射光照度值，得到反射光、折射光能量所佔入射能量的比例。討論各種介質的反射百分比，如圖表(二十八)：



圖表(二十八)

- (1) 由圖表(二十八)可知雷射光在 15 度時的反射照度值百分比，折射率越大其反射照度值百分比也就越大，另外沙拉油和機油再 15 度~60 度呈現凸起狀，而其他介質就沒有相仿的趨勢，可能和折射率大小，有密切的關係。
- (2) 不論何種液體當介質，入射角愈大時，反射光的能量(照度值)變大，尤其入射角超過 65 度時，反射光能量有顯著增加。當入射角超過 70 度後，反射光能量一致，其原因須更深入研究。



圖表(二十九)

- (1) 由圖表(二十九)可知，入射角愈小，折射光的能量愈大。反之，當入射角變大，其折射光能量會變小。
- (2) 可發現水、洗衣精、糖水的折射照度值百分比的趨勢隨著角度的上升而下降，推測是入射的角度變大所造成的光通量比例變小，與上一張各種介質反射照度值百分比圖的上升互補，沙拉油在 65 度時有升高，可能是實驗操作不良所致，至於機油部分可能因為液體本身的性質造成實驗測量不易，看不出特別趨勢。

四、生活科技應用

(一) 簡易型照度計

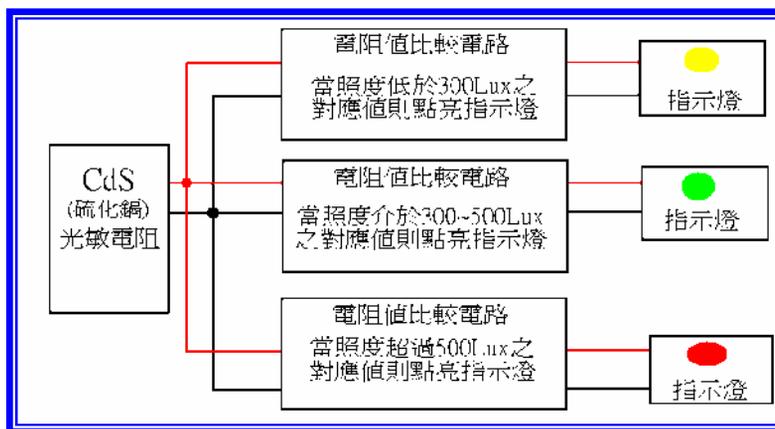
1. 說明：

經研究過程，知道環境照度可用光敏電阻(CdS)的換算值來表現(如表六)，依照明安全標準，討論出一個簡易型照度檢測器的功能方塊圖，經過與老師討論，認為此設計可行，並且幫忙製作二版電路(3、4 個燈號)，由老師授課指導，已大略了解其製作步驟及設計原理。

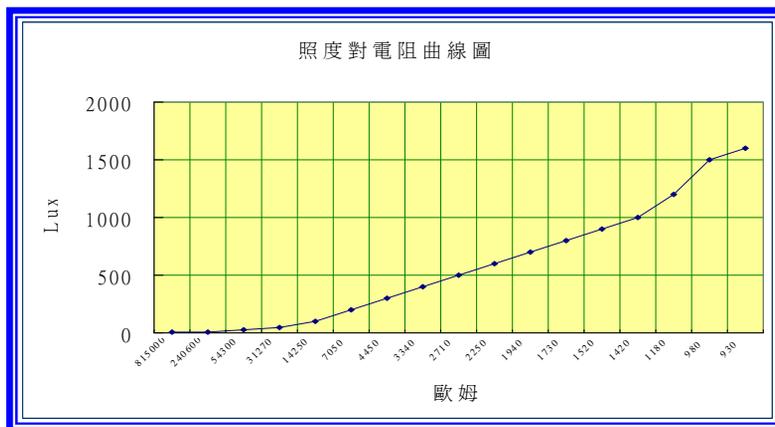
照度	電阻值
Lux	Ω
5	815000
10	240600
30	54300
50	31270
100	14250
200	7050
300	4450
400	3340
500	2710
600	2250
700	1940
800	1730
900	1520
1000	1420
1200	1180
1500	980
1600	930

表(十)

簡易型照度檢測器



圖(十一)



圖表(三十)



圖(十二)

圖(十三)

圖(十四)

(二) 光控開關

1. 動機：

有別於一般開關須用手碰觸才作用，希望利用光的明暗機制，製作一個光控器。



圖(十五)

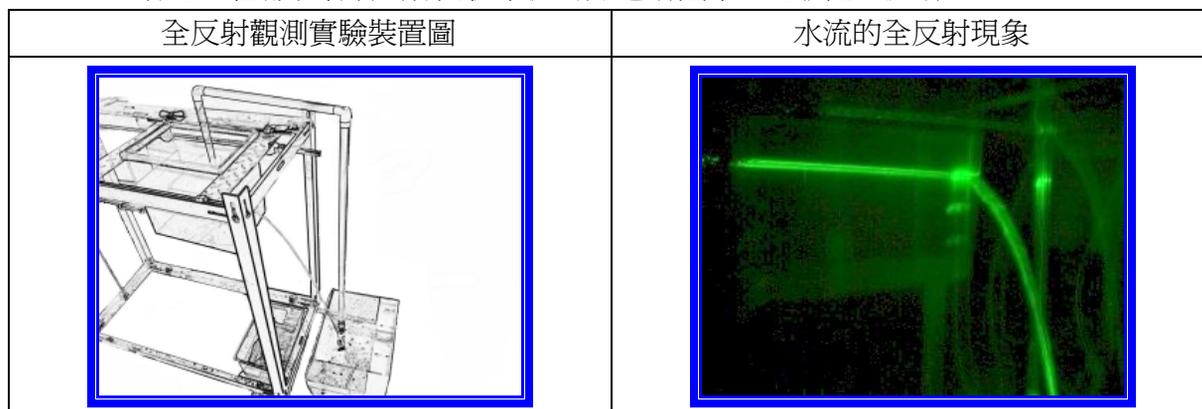
2. 說明：

指導老師教導設計製作此電路，可以延伸做為大門安全警鳴器、夜間自動燈控開關等用途。從中學到電子電路設計的流程、三用電錶的使用，也自己焊電路板，收穫良多。

(三) 「異室光傳輸」實驗點子

1. 動機：

當雷射光從出水口射出，光就順著水流而下，整條水流都因為雷射筆的光變成綠色，但都沒有看到綠光從水流的旁邊射出來，這就是全反射！

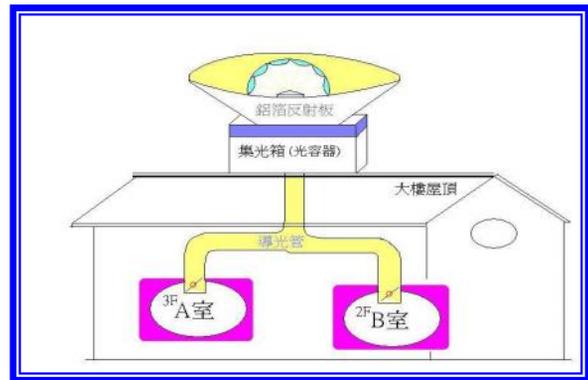


圖(十六)

圖(十七)

2. 說明：

人類的日常所需，幾乎都離不開日光。討論到可以利用高科技技術，再更深入開發此清潔的能源。想到在頂樓裝置集光設備，裝設鋁箔紙反射板。再用透鏡折射聚焦原理做成聚光球，將光源引導到集光點。導管將光能送到房間。光導出口處，可加自動光控板，照度高時，調低入光量，以得到穩定照度。也可加裝紫外線控制板，人在室內控板全關，減少紫外線照



圖(十八)

射。外出時控板全開，可殺菌消毒。上述的說明如圖(十八)所示，是創意發想，期望能夠實現這個點子，對經濟、環保和生活貢獻一己之力。

捌、結論：

- 一、此實驗中，利用實驗器材 I 和 II，重新驗證了反射定律（入射角 = 反射角），也利用司乃耳定律，算出了紅色雷射光在不同介質的折射率。

折射率	水	濃糖水	沙拉油	機油	洗衣精
實驗值(器材 I)	1.31	1.341	1.466	1.508	1.34
實驗值(器材 II)	1.317	1.344	1.458	1.504	1.344
理論值	1.33	1.35	1.47		

表(十一)

- 二、在研究二 (p.4)，光在水、濃糖水、沙拉油、洗衣精和機油，反射照度百分比水、濃糖水和洗衣精的趨勢相仿，機油與沙拉油的趨勢相仿，所量測出的折射照度值百分比數據上，卻都有共通的趨勢，角度愈大，折射百分比就愈小，可以利用光子通過的量的理論來解釋。
- 三、改變介質的溫度、粗糙度、高速旋轉、流動、磁場和顏色（固體、液體）
 - (一) 高速旋轉：光的反射定律仍然成立，介質旋轉時，光線的反射光敏電阻穩定，並電阻值並不會上下跳動。
 - (二) 磁場：在此自製的小磁場下，並不會影響光的行進以及光敏電阻值，是因為磁場太小，不會對光產生影響。
 - (三) 顏色：色紙不同的顏色，對光線的吸收率取決於色彩的亮度，亮度愈大對光線的吸收率愈差，亮度低則反之。
 - (四) 水溫：在不同溫度下，溫度越高透光率越高，但影響不顯著。
 - (五) 粗糙度：若用越粗的砂紙磨壓克力，光線穿透過去時，能量衰減的越厲害。另外，砂紙粗糙度愈高其反射率越差。

(六) 水流：發現流動的水折射率較大，應是當水流動時會造成多層不均勻的介質，就好像第一層的水中又經過了很多層不同折射率的水或空氣（馬達旋轉可能產生氣泡）產生的折射和反射，造成折射角變小。

四、研究後期共同討論的「異室光傳輸創意點子」，應用到全反射光學原理，能將光源導引到暗室，是一個環保節能、有潛力的好技術，盼發揮「鑿壁借光」的精神，再接再厲，完成使命。

五、在本次科展中，我們不僅將平常所學的物理概念融入實驗器材中，如：槓桿原理、摩擦力、水流平衡控制、水平儀...，也能更熟悉操作各種電腦軟體，更重要的是學會了如何自我管理、分工合作，提昇實驗效率，達到事半功倍之成效。做科展使人充實，做科展使人思想更成熟、思慮更慎密，更重要的是做科展使人快樂。

玖、參考資料：

- 一、郭重吉等（民 96）。國民中學自然與生活科技 3-第三章（73~75 頁）。臺南市：南一。
- 二、連坤德、陳忠志、吳永和等（民 91）。高級中學基礎物理（全）-第五章（104~109 頁）。臺南市：翰林。
- 三、陳錫桓（民 80）。光學,近代物理學-大學物理學之四-第一章。臺北市：中央圖書。
- 四、沈華等（民 79）。青少年百科叢書 068-動手動腦學物理-光學。臺北市：謙謙。
- 五、湯國光。華一兒童知識書庫- 44 神奇的光。臺北市：華一書局。
- 六、奧斯朋出版編輯群（民 94）。圖解物理辭典（46~53 頁）。臺北市：天下遠見。
- 七、鍾國華（民 86）。有趣的物理世界《二》。臺北市：國家。
- 八、傅力生、蕭仁照（民 76）。大學物理下冊（494~513 頁）。臺中市：駿業。
- 九、黃亮（民 84）。新細說高中物理(3)（62~176 頁）。臺北市：建宏。

【評語】 031611

1. 本實驗藉由簡單的工作及工具驗證光學中的一些基本定律，同時測量紅色雷射光在不同介質的折射率。
2. 藉由改變介質的不同狀態，如粗糙度，來驗證光學性質是
很好的想法。
3. 本實驗驗證了不同狀態下的光學性質，但可惜本實驗似乎
只在驗證已知的定律，對於物理部份較無創新部分。