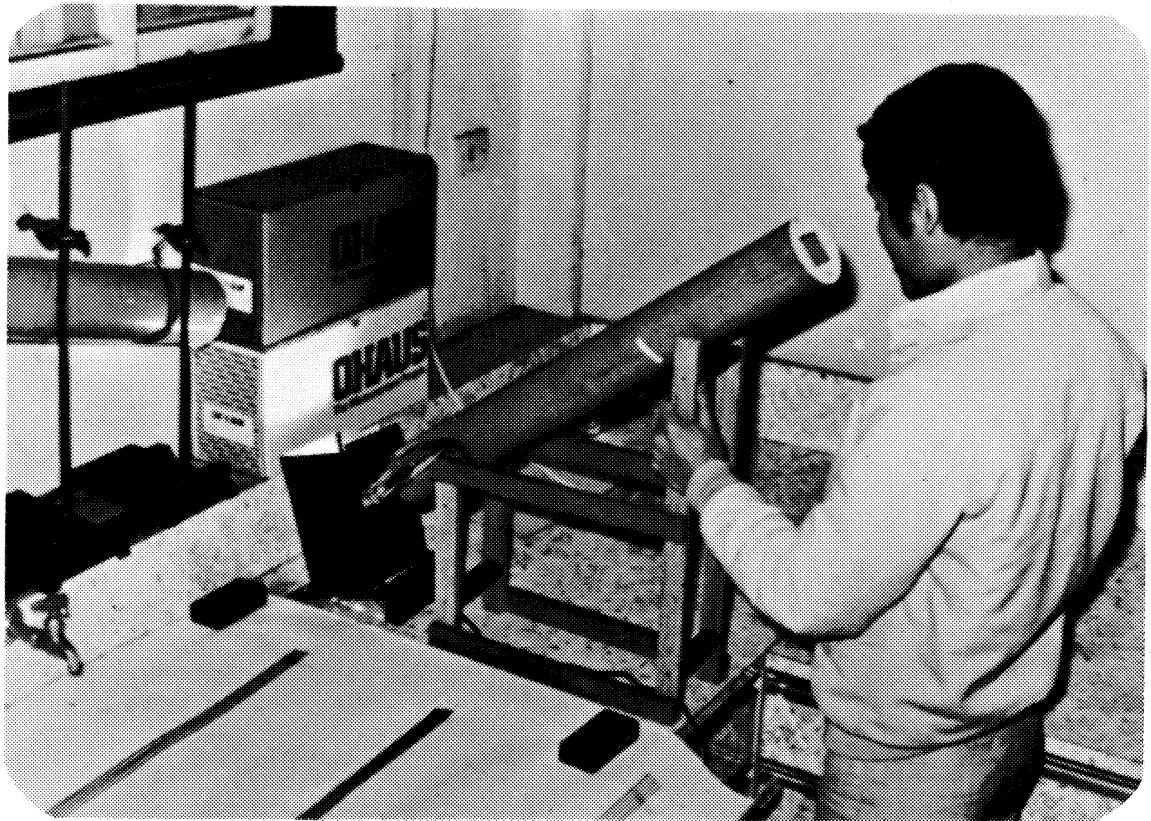


# 水波槽的改良光波干涉實驗改進

## 高中教師組物理第一名

省立板橋高級中學

作者：沈嘉祥



### 一、前言：

水波槽實驗延用至今，仍未脫離笨重，操作不便，現象不顯，波紋不清之缺點；而光波的對照實驗所需之單狹縫，雙狹縫玻片又裝造費時，粗糙不清，觀側不便，致必需使用昂貴之直絲燈泡；乃著手研究發展，一方面將舊有者改良更新，另一方面並設計製作單狹縫、雙狹縫的新法，及簡單易行，又製作方便，對照明顯的水波。

### 二、光波新實驗：

特殊實驗材料：

1 絲網：# 400，# 350，# 300，# 250，# 200，# 165，  
# 150，# 120，# 100，# 80，# 60

2 底片：黑白ASA 32，彩色ASA 400

三、說明：

1 水波槽改良

(1)將原有水波槽用馬達改良裝配，並將原有偏軸式轉動子改爲凸紋式轉動子，由轉動子之旋轉，產生瞬時氣流以產生水波。

(2)縮小水波槽面積：

30 cm × 30 cm ~ 40 cm × 40 cm 即可。

(3)將原有地面投影或天花板投影改爲布幕或OHP投影：布幕投影要配合平面鏡和半透明尼龍紗製作。

(4)設計水波槽的“光柵干涉”實驗：水波槽中可用數條塑膠管接通氣動起波器即可。

(5)閃光製置的設計：

製作靈敏開關，置於轉動子旁，當起波時同時控制開關，可達到與波紋同粗的閃光效果。

(6)手提式水波槽裝置：

爲便利攜帶裝置及示範而設計。

2 光波干涉實驗的改良：

(1)狹縫製作法：

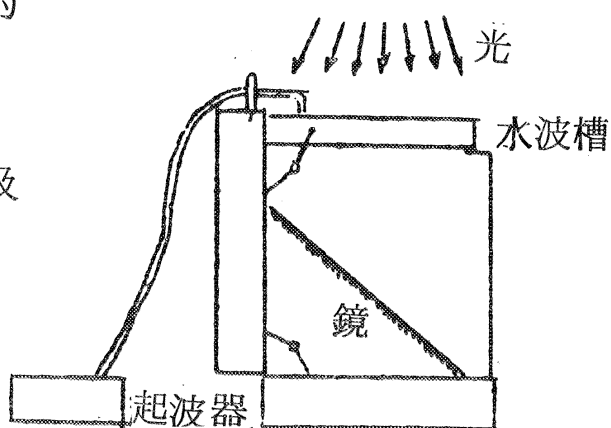
a. 單狹縫

(a)以刮鬚刀片製作：

i. 將一刮鬚刀片拆開，刀鋒相對，用膠布固定在玻片上

ii. 用螺絲固定二片刮鬚刀在塑膠板上

iii. 採非固定式，可將刀片架在螺旋測微器上，旋轉螺柱



即可得任何寬度之狹縫，並可由測微器上直接讀出狹縫寬。

(b)以鏡片刻劃：

取鍍水銀鏡片在背面以刮鬍刀片刻劃。

(c)以照相底片製作：

在白紙上舖一黑帶或黑絲線（黑帶寬可自由割取黑壁報紙得，黑線絲可用金屬絲或棉線）以照相機曝光而得（配合距離的調整亦可拍得不同寬度的狹縫）

b. 雙狹縫

(a)以刮鬍刀片製作：

先將毛髮或細綱絲繃直黏在玻片上，再以刮鬍刀鋒夾之，在顯微鏡或放大鏡下操作較便利。

(b)以鏡片刻劃：

在平面鏡背面用相疊刮鬍刀刻劃。

(c)以照像底片製

(2)裝置的改良：

- a. 善用紙盒，奶粉罐或粗塑膠管筒，既可便利實驗，又可免拉窗簾。
- b. 光源以普通燈泡前隔刻有單縫之厚紙板即可。
- c. 採雙眼隔離系統（一眼看干涉條紋，一眼看直尺）可清晰辨認干涉條紋之間隔長度。若以底片製成之狹縫則可不必設此裝置。
- d. 以單眼像機照干涉條紋，並以同一底片重覆，照直尺，可得清晰照片。

3. 光柵干涉實驗設計：

(1)光柵來源

- a. 到“絲網五金材料行”購買
- b. 到布料行購買半透明尼龍紗
- c. 以黑白底片感光製作

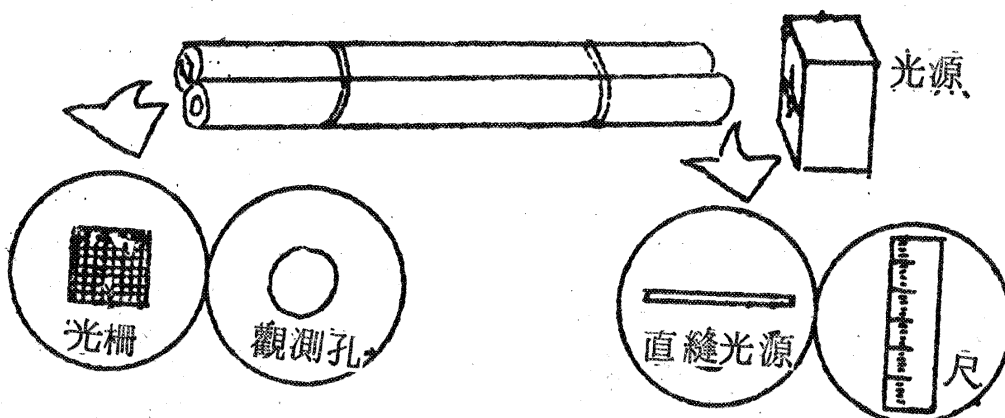
(2)水波槽的“光柵干涉”

以氣動起波器接數根等間之出氣管（可採用普通原子筆桿或筆心製作）

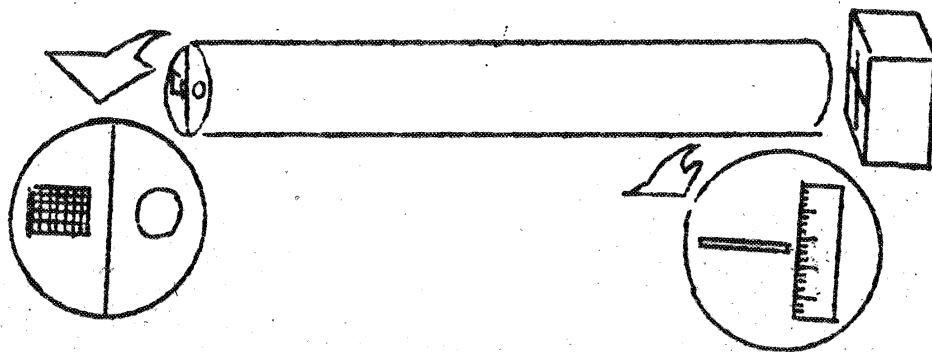
(3)光柵實驗裝置：

a. 雙眼隔離系統：適用於絲網及尼龍紗光柵

(a)以兩根  $1\frac{1}{2}$ " 塑膠管，一管前端蓋刻有單縫之厚紙板，後端蓋光柵，另一管前端蓋上附有透明直尺厚紙板，後端蓋上挖有單孔之厚紙板，將二管並列靠緊固定。

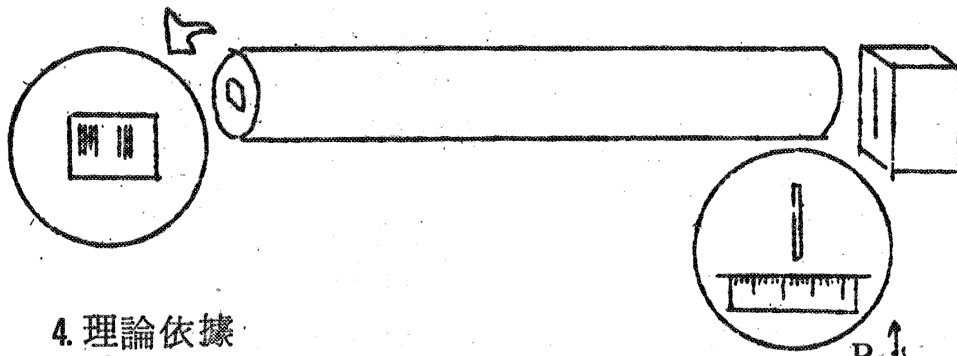


(b)以一根  $2.8$ " 塑膠管，中間隔厚紙板，其構造大致如……①



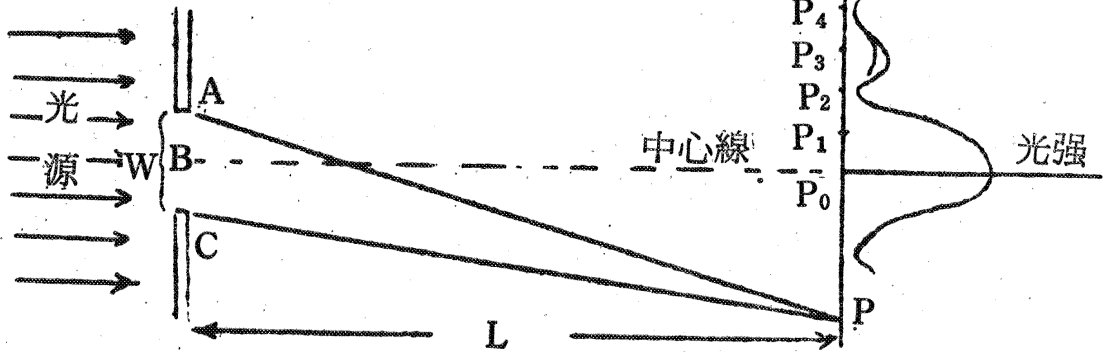
(c)絲網光柵宜製成可調角度，以彌補縫寬，間隔小之缺點。

b. 單眼式：適用底片光柵，以  $2.8$ " 塑膠管製作



#### 4. 理論依據

##### (1) 單狹縫干涉



a. 暗處  $PA - PC = \lambda, 2\lambda, 3\lambda, \dots$

b. 亮處  $PA = PC = \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda, \frac{7}{2}\lambda, \dots$

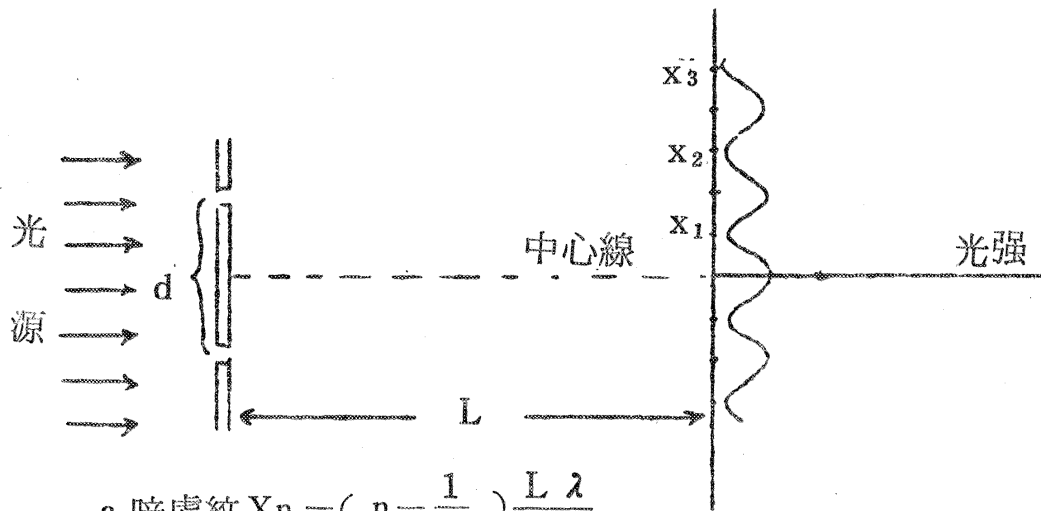
c. 中央亮紋之寬度  $= 2P_0P_2 = \frac{2L\lambda}{W}$

d. 次亮紋之寬度  $= P_2P_4 = \frac{L\lambda}{W}$

e. 次亮紋之強度較中央亮紋大為減弱，只餘  $\frac{1}{3}, \frac{1}{5}, \frac{1}{7}, \dots$

……（因有  $\frac{2}{3}, \frac{4}{5}, \frac{6}{7}, \dots$  的光抵消）但此比數不是與中央亮紋相比的。

##### (2) 雙狹縫干涉



a. 暗處紋  $X_n = \left( n - \frac{1}{2} \right) \frac{L \lambda}{d}$

b. 亮紋處  $X_n = \frac{n L \lambda}{d}$

c. 兩暗(亮)紋間距  $\Delta x = \frac{L \lambda}{d}$

(3) 光柵干涉：

設狹縫間距  $d$ ，光波長  $\lambda$ ，狹縫處  $N$

a. 主明紋處  $x_m = \frac{L m \lambda}{d}$   $m$  為整數

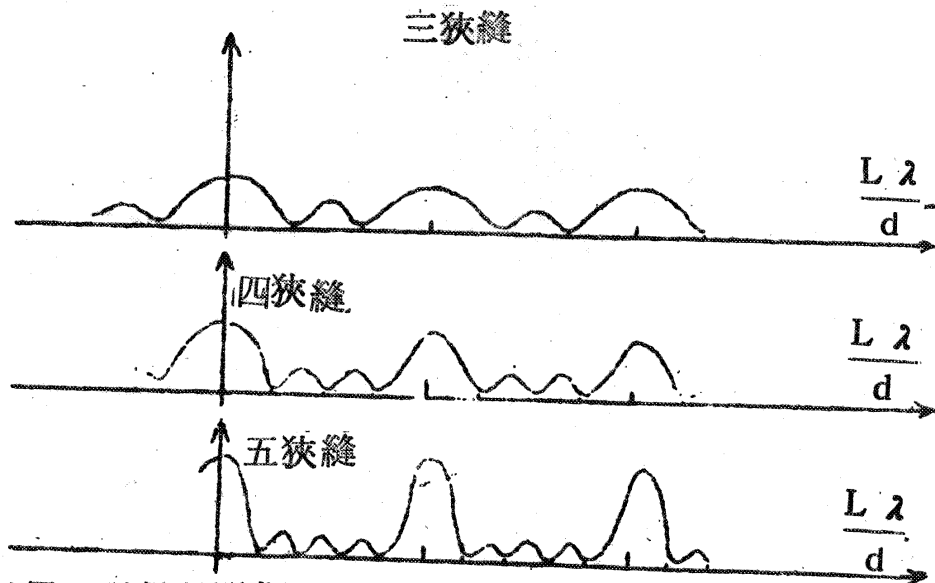
b. 暗紋處  $x_m = \frac{L m \lambda}{d N}$   $\frac{m}{N}$  不為整數

c. 副明紋處  $x_m = \frac{L \left( m + \frac{1}{2} \right) \lambda}{d N}$   $m \in I - \{ x \mid x = n - 1, n, 2n - 1, 2n, 3n - 1, 3n \dots \dots \}$

d. 主明紋寬度  $= \frac{2L \lambda}{Nd}$

e. 副明紋寬度  $= \frac{L \lambda}{Nd}$

f. 兩明紋間隔 =  $\frac{L \lambda}{d}$



四、實驗結果：詳見說明板

五、討論：

1. 起波器採用氣動式，起波有力且波紋清晰，同時可方便做水波的“光柵干涉”。
2. 水波槽的縮小，投影的改進，閃光裝置的設立，可便利各種方式的實驗、示範、講解或視聽教室使用。
3. 以底片製狹縫，狹縫數、狹縫寬、狹縫間隔均可自由控制，實驗效果極佳。
4. 狹縫製作法的比較

	玻片塗墨汁法	鏡片刻劃法	刮鬚刀片製作法	照像法
省時	×	✓	✓	×
省事	×	✓	✓	✓
準確度	×	×	✓	✓
適用性	×	×	×	✓

5. 對攝影的特殊網屏 (TEXTURE SCREENS) 及十字星濾光鏡的效果，本實驗可做極簡明之解說。

6. 光柵在實際生活上運用頗廣，如攝影用特殊器材，器車用特殊玻璃板，本實驗僅提供一條研究發展的途徑，盼對國人科學發展及研究發明有所提示。

7. 光柵干涉與雙狹縫的干涉條紋唯一不同點，在明紋間有副明紋的存在，但明紋間隔並無兩樣，可是光柵干涉却可透過雙狹縫數倍的光，故干涉明紋更清楚，也就更能適合學生們實驗用了。

實驗數據：

一、狹縫間隔

1. 底片：照像距離 3 *cm*

壁報紙上黑帶間隔	製成底片縮小比例	狹縫間隔
0.2 <i>cm</i>	$\frac{1.76}{92} = 0.019$	0.0038 <i>cm</i>
0.5 <i>cm</i>	= 0.019	0.0095 <i>cm</i>
1.0 <i>cm</i>	= 0.019	0.0019 <i>cm</i>
1.5 <i>cm</i>	= 0.019	0.0285 <i>cm</i>

2. 絲網：

絲網每吋網目數	光柵狹縫間隔
400	0.00635 <i>cm</i>
300	0.00847 <i>cm</i>
250	0.010 <i>cm</i>
200	0.0127 <i>cm</i>
165	0.0154 <i>cm</i>
150	0.017 <i>cm</i>
120	0.021 <i>cm</i>
100	0.0254 <i>cm</i>
80	0.032 <i>cm</i>
60	0.0422 <i>cm</i>



二、各色光波長之計算：

1 紅 光

(1)不同狹縫數

狹縫數	d (cm)	L (cm)	$\Delta X$ (cm)	$\lambda$ (Å)	副明紋 條 數	副明文間 隔 (cm)
5	0.0038	146.5	2.43	6303	0	
5	0.0038	146.5	2.43	6303	1	
5	0.0038	146.5	2.43	6277	2	0.8
5	0.0038	146.5	2.43	6277	3	0.6

(2)不同狹縫間隔

狹縫數	d (cm)	L (cm)	$\Delta X$ (cm)	$\lambda$ (Å)	副明紋 條 數	副明文間 隔 (cm)
5	0.0038	146.5	2.42	6277	3	0.6
5	0.0095	146.5	1.0	6485	3	0.25
5	0.019	146.5	0.5	6485	3	0.12
5	0.0285	146.5	0.3	5836	3	0.08

(3)絲 網

狹縫數	d (cm)	L (cm)	$\Delta X$ (cm)	$\lambda$ (Å)		
400	0.00635	146.5	1.43	6198		
300	0.00847	146.5	1.1	6360		
250	0.01	146.5	0.9	6147		
200	0.0127	146.5	0.7	6068		

## 2 線 光

### (1)不同狹縫數

狹縫數	$d$ (cm)	$L$ (cm)	$\Delta X$ (cm)	$\lambda$ ( $\text{\AA}$ )	副明紋條數	副明文間隔 (cm)
2	0.0038	146.5	2.2	5706	0	
3	0.0038	146.5	2.1	5447	1	
4	0.0038	146.5	2.1	5447	2	0.7
5	0.0038	146.5	2.1	5447	3	0.5

### (2)不同狹縫間隔

狹縫數	$d$ (cm)	$L$ (cm)	$\Delta X$ (cm)	$\lambda$ ( $\text{\AA}$ )	副明紋條數	副明文間隔 (cm)
5	0.0038	146.5	2.1	5447	3	0.5
5	0.0095	146.5	0.85	5512	3	0.2
5	0.019	146.5	0.4	5188	3	0.1
5	0.0285	146.5	0.3	5836	3	

### (3)絲 網

狹縫數	$d$ (cm)	$L$ (cm)	$\Delta X$ (cm)	$\lambda$ ( $\text{\AA}$ )	副明紋條數	副明文間隔 (cm)
400	0.00635	146.5	1.24	5374		
300	0.00847	146.5	0.9	5203		
250	0.01	146.5	0.8	5461		
200	0.0127	146.5	0.6	5201		

### 3. 藍 光

#### (1) 不同狹縫數

狹縫數	$d$ (cm)	$L$ (cm)	$\Delta X$ (cm)	$\lambda$ (Å)	副明紋 條 數	副明紋間 隔 (cm)
2	0.0038	146.5	1.85	4799	0	
3	0.0038	146.5	1.8	4669	1	
4	0.0038	146.5	1.8	4669	2	0.6
5	0.0038	146.5	1.8	4669	3	0.45

4

#### (2) 不同狹縫間隔

狹縫數	$d$ (cm)	$L$ (cm)	$\Delta X$ (cm)	$\lambda$ (Å)	副明紋 條 數	副明紋間 隔 (cm)
5	0.0038	146.5	1.8	4669	3	0.45
5	0.0095	146.5	0.75	4863	3	0.2
5	0.019	146.5	0.35	4539	3	0.1
5	0.0285	146.5	0.25	4863	3	0.05

#### (3) 絲 網

網目數	$d$ (cm)	$L$ (cm)	$\Delta X$ (cm)	$\lambda$ (Å)		
400	0.00635	146.5	1.1	4768		
300	0.00847	146.5	0.8	4625		
250	0.01	146.5	0.7	4778		
200	0.0127	146.5	0.55	4768		

#### 4. 比較

色 光	波 長 平 均 值	實 際 值 範 圍
紅	6249 Å	7000 Å~ 6100 Å
綠	5438 Å	5700 Å~ 5000 Å
藍	2728 Å	5000 Å~ 4500 Å

評語：1 改良水波槽起波器提高實驗效果。

2 有關光波干涉實驗教學儀器的設計新穎簡單效果良好。