

奇妙的水波

國中學生組物理科第二名

台北縣私立光仁中學

作者：鍾政哲、林公楷
楊德勳、王天佑

指導教師：黃德亮

一、研究動機

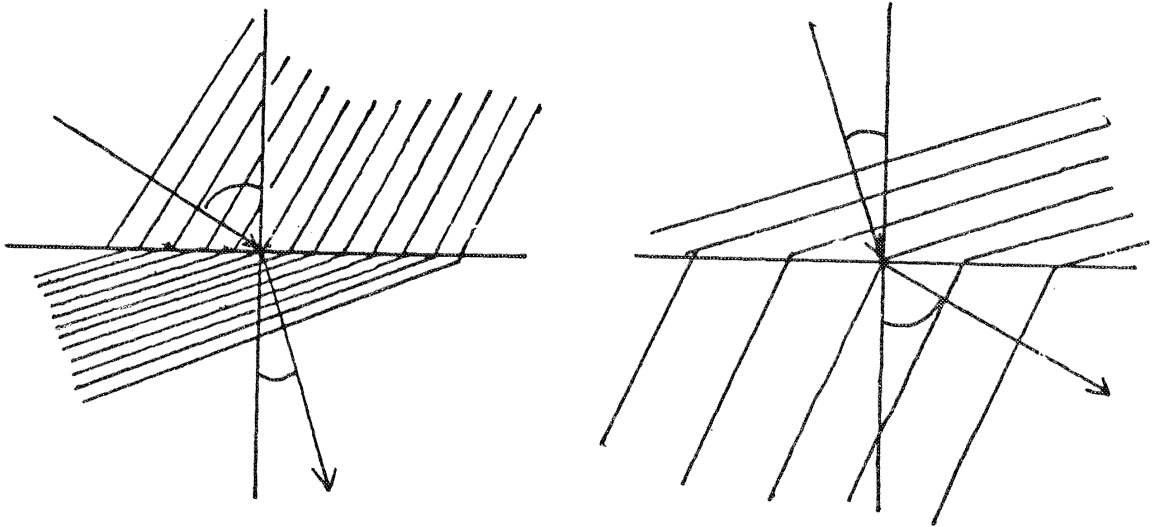
在物理課，我們學到了波的各种現象，由於我們希望能有更
深一層的瞭解，更清楚的觀念，而引起了我們對這些問題探討的
興趣。

二、目的

1.
 - (1)觀察各種阻礙面，對於水波反射波形的影響，並探討其關係。
 - (2)藉此驗證反射定律，以及探討波長、頻率的測定。
2.
 - (1)探討水波折射的現象，並探討其性質以及其對波形的影響。
 - (2)藉此驗證折射定律，並探討波長、頻率的測定。
- 3.觀察水波的干涉，並探討其節線與腹線的形成。

三、研究原理

- 1.反射定律：
 - (1)入射線、反射線與法線都在同一平面內，且各在法線的異側。
 - (2)入射角一定等於反射角。
- 2.折射定律：
 - (1)入射線、折射線與法線都在同一平面內，且各在法線的異側。
 - (2)波由深水進入淺水時，入射角 $>$ 折射角，折射線偏靠法線，
波由淺水進入深水時入射角 $<$ 折射角，折射線偏離法線。



3. 波速、波長、頻率、週期之間的關係

$$V = f \lambda \quad V = \frac{\lambda}{T}$$

V 代表波速 f 代表頻率
 λ 代表波長 T 代表週期

四、研究器材

1. 水波槽、起波器、燈泡、白紙、燈架。
2. 電池可變電阻，多段式整流變壓器。
3. 計數器、直尺、攝影機、三角架、投影機、銀幕。

設計：本實驗的設計，由於要到達更方便，更準確地測出波各種性質，因此經過四個階段的改進：

1. 以電池為電源，以觀察法測量其波長，頻率的性質。
2. 後來由於發現以電池為電源不易改變其頻率，甚不方便，因此改用多段式的整流器，再加上可變電阻，便可以很方便的調到自己所需要的頻率。
3. 又因發現利用觀察法所測出波的各種性質，波長、頻率等極不準確，因此經過檢討，決定改用光敏電阻，(cds) 作計數器來測量頻率，此計數有非常靈敏的特性，故可測出更準的頻率。波長是利用精密的尺，放置於水波槽下面的投影幕上，再由攝影而得的相片測出，非常方便。
4. 再經多次的研商檢討，發覺僅利用水波槽光的投影，來觀察水

波的性質，尚嫌不夠清晰，準確以及方便。最後決定採用教學上使用的投影機，把形成的波投影在銀幕之上，並且還將透明的尺置於投影機上，使尺的刻度和波同時在銀幕上顯示，如此不但看的清楚，再加上刻度的放大，測出的波長以及其它性質也更加的準確，同時此種方法，在教學方面也有很大的助益。


五、步 驟

- 1.利用可變電阻器調節電阻而使起波器產生固定的頻率的直線波。再以不同的阻礙面觀察反射後的各種現象，以及關係，同時以精密的尺、計數器測出其頻率、波長。（攝影紀錄）
- 2.利用可變電阻器調節電阻使起波器產生固定頻率的圓形波，再以不同的阻礙面，觀察反射的各種現象同時以精密的尺，計數器測出其頻率、波長。（攝影紀錄）
- 3.利用可變電阻調節電阻而使起波器產生固定頻率的直線波。再以不同的深度，使波產生折射，觀察各種現象及關係。並且同時測出其頻率和波長。（攝影紀錄）
- 4.利用可變電阻調節電阻，而使起波器產生固定頻率的圓形波，再以不同的深度，使波產生折射，觀察各種現象及關係，並同時測出其頻率及波長。（攝影紀錄）
- 5.利用可變電阻器調節電阻，而使起波器產生相同頻率的二圓形波，觀察其干涉情形。


結果：反射

- 1.由步驟 1 得結果如下：入射波⇒直線波

水深 2 cm

(1)阻礙面：形 如圖一

(2)阻礙面 形 如圖二

(3)阻礙面 形 如圖三

頻率：12.6 次/秒

波長：1.39 cm

光圈：1.4

快門：1/125 sec

膠捲：Fuji

(4)阻礙面  形 如圖四

頻率：12.5 次/秒

波長：1.4 cm

光圈：1.4

快門：1/125 sec

膠捲：Fuji

(5)阻礙面  形 如圖五


頻率：12.1 次/秒

波長：1.44 cm

光圈：1.4

快門：1/125 sec

膠捲：Fuji

(6)阻礙面  形 如圖六

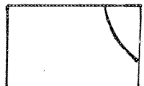
頻率：11.2 次/秒

波長：1.6 cm

光圈：1.4

快門：1/125 sec

膠捲：Fuji

(7)阻礙面  形 如圖七

頻率：11.7 次/秒

波長：1.5 cm

光圈：1.4

快門：1 / 125 sec

膠捲：Fuji

(8)阻礙面：形 如圖八

頻率：12.3 次/秒

波長：1.45 cm

光圈：1.4

快門：1 / 125 sec

膠捲：Fuji

2.由步驟 2 得結果如下：水深：2 cm 入射波：圓形波

(1)阻礙面 形 如圖九

頻率：12.50 次/秒

波長：1.40 cm

光圈：1.4

快門：1 / 125 sec

膠捲：Fuji

(2)阻礙面 形 如圖十

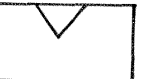
頻率：12.8 次/秒

波長：1.37 cm

光圈：1.4

快門：1 / 125 sec

膠捲：Fuji

(3)阻礙面 形 如圖十一


頻率：12.6 次/秒

波長：1.39 cm

光圈：1.4

快門：1 / 125 sec

膠捲：Fuji

(4)阻礙面  形 如圖十二

頻率：12.5 次/秒

波長：1.42 cm

光圈：1.4

快門：1 / 125 sec

膠捲：Fuji

(5)阻礙面  形 如圖十三

頻率：13 次/秒

波長：1.35 cm

光圈：1.4

快門：1 / 125 sec

膠捲：Fuji

(6)阻礙面  形 如圖十四

頻率：12.60 次/秒

波長：1.40 cm

光圈：1.4

快門：1 / 125 sec

膠捲：Fuji

(7)阻礙面  形 如圖十五

頻率：12.4 次/秒

波長：1.4 cm

光圈：1.4

快門：1 / 125 sec

膠捲：Fuji

(8)阻礙面  形 如圖十六

頻率：12.8 次/秒

波長：1.34 cm

光圈：1.4

快門：1 / 125 sec

膠捲：Fuji

3. 折射：由步驟 3 得結果如下：

水深：1.4 cm 入射波之直線波

水深：0.4 cm f_1, f_2 各代表折射前後之頻率

λ_1, λ_2 各代表折射前後之波長

(1)由深水進入淺水時 如圖十七

f_1 ：13.32 次/秒 光圈：1.4

f_2 ：13.25 次/秒 快門：1 / 125 sec

λ_1 ：1.31 cm 膠捲：Fuji

λ_2 ：1.25 cm

(2)由淺水進入深水時 如圖十八

f_1 ：13.30 光圈：1.4

f_2 ：13.25 快門：1 / 125 sec

λ_1 ：1.33 膠捲：Fuji

λ_2 ：1.45

4. 由步驟 4 得結果如下：

水深：1.4 cm 入射波圓形波

水深：0.4 cm f_1, f_2 代表折射前後頻率

λ_1, λ_2 代表折射前後波長

(1)由深水進入淺水時 如圖十九

f_1 ：13.42 次/秒 光圈：1.4

f_2 ：13.49 次/秒 快門：1 / 125 sec

λ_1 ：1.3 cm 膠捲：Fuji

λ_2 ：1.23 cm

(2)由淺水進入深水時：如圖二十

f_1 : 13.42 次/秒 光圈 : 1.4
 f_2 : 13.49 次/秒 快門 : 1 / 125 sec
 λ_1 : 1.29 cm 膠捲 : Fuji
 λ_2 : 1.35 cm

5.由步驟 5 得結果如下：如圖二十一

水深 : 2 cm 光圈 : 1.4 cm
 f : 12.6 次/秒 快門 : 1 / 125 sec
 λ : 1.39 cm

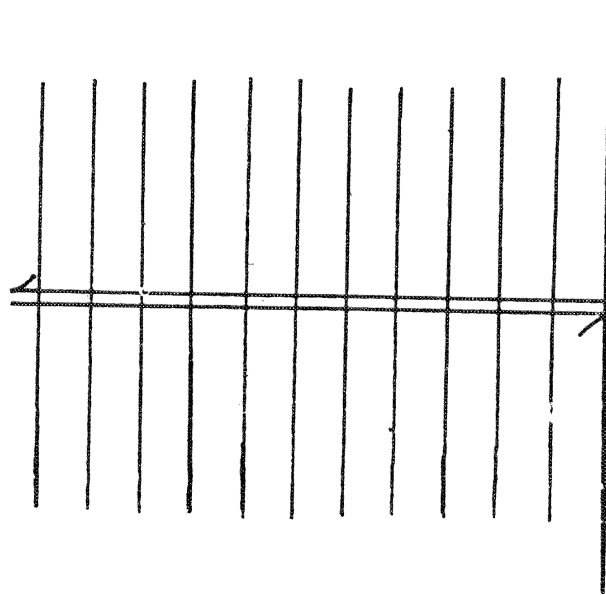
討 論

1.由結果 1 得知：

入射波為直線波，而遇到各種不同阻礙面後，情形分析如下：

(1) $f = 13$ 次/秒 $\lambda = 1.44$ cm $V = 18.72$

由反射定律預測

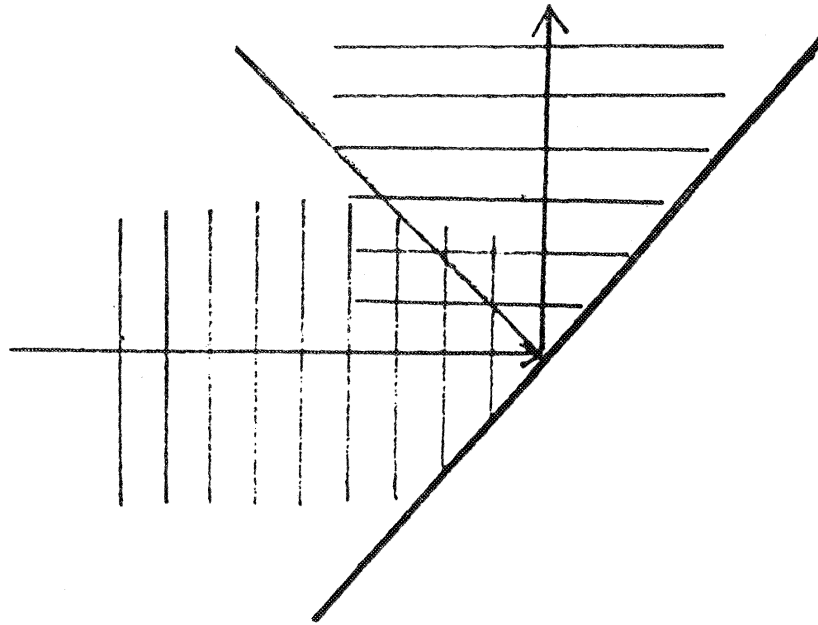


(2) $f = 13.2$ 次/秒

$V = 1.32$ cm / sec

$\lambda = 17.42$ cm

由反射定律預測

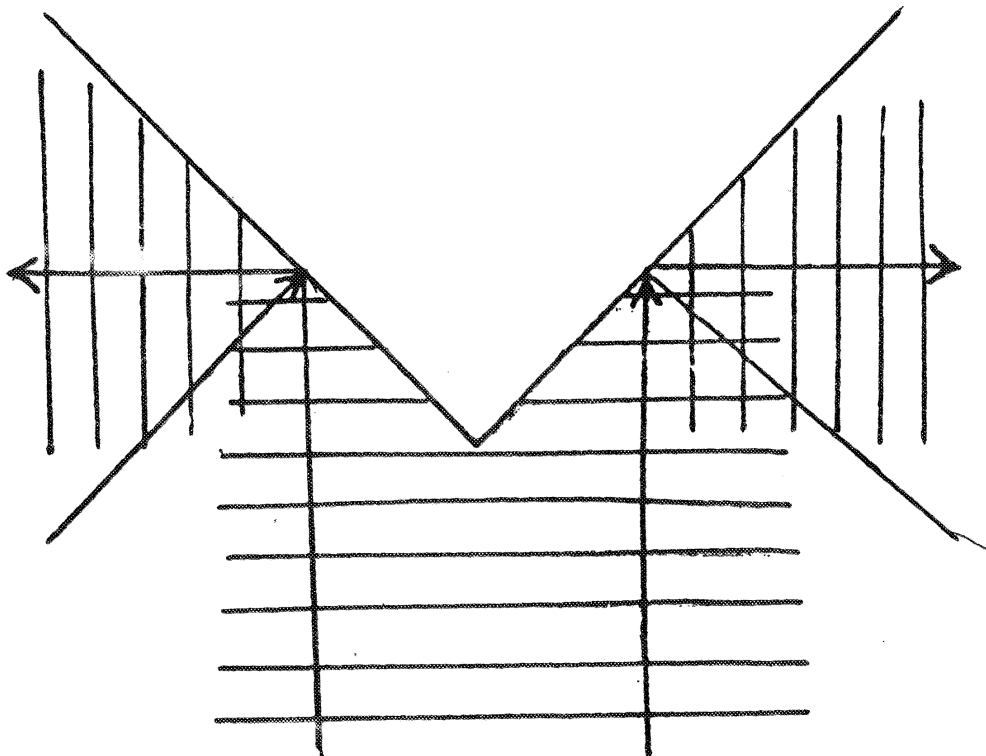


(3) $f = 12.6$ 次/秒

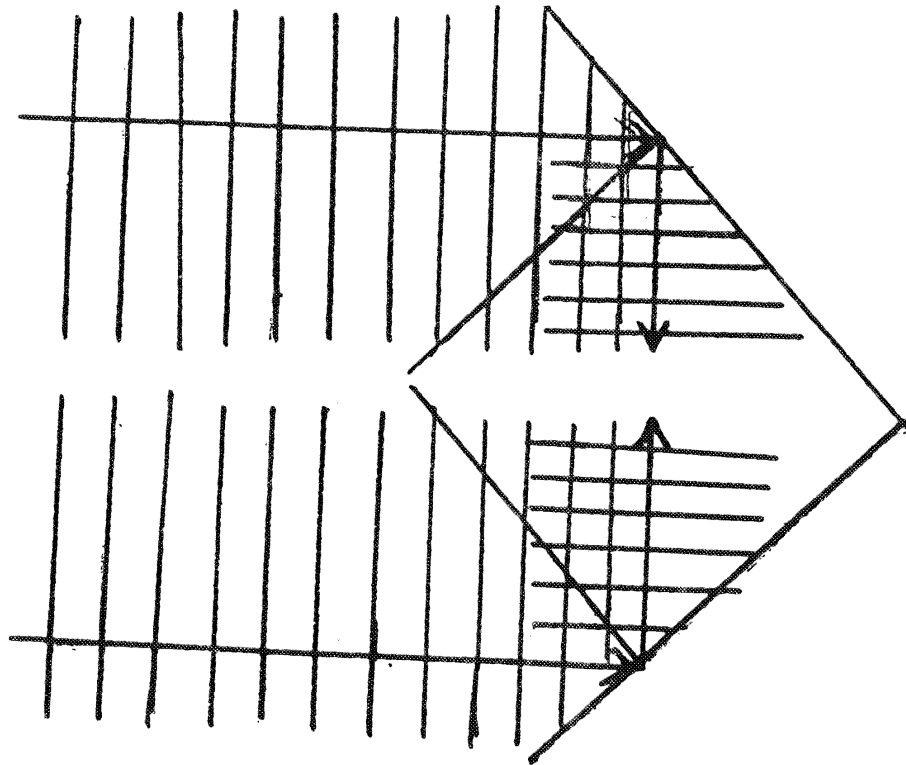
$\lambda = 1.39$ cm

$V = 17.52$ cm/sec

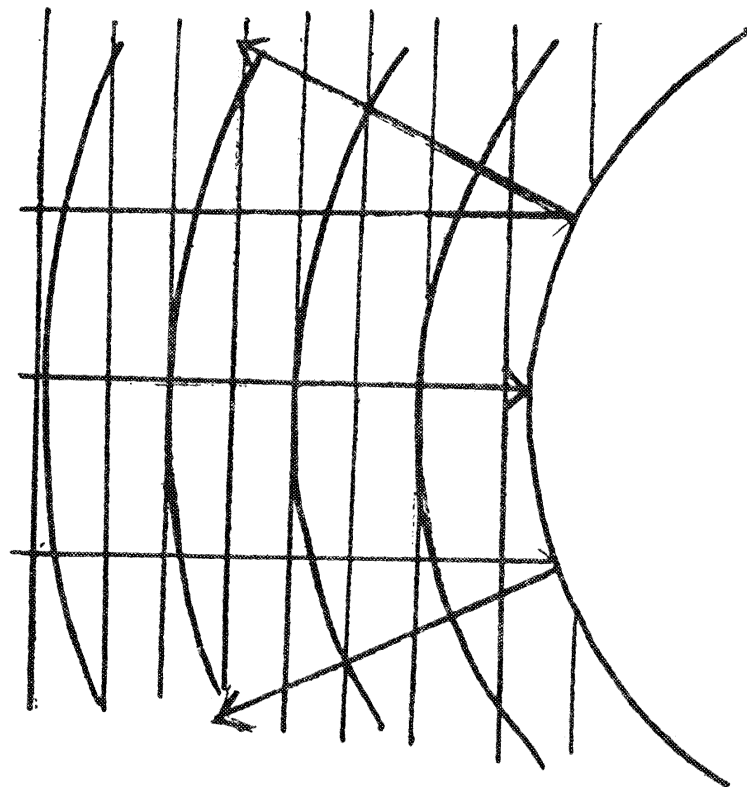
由反射定律預測



(4) $f = 12.50$ 次/秒 $\lambda = 1.40$ cm $V = 17.50$ cm/sec
 由反射定律預測

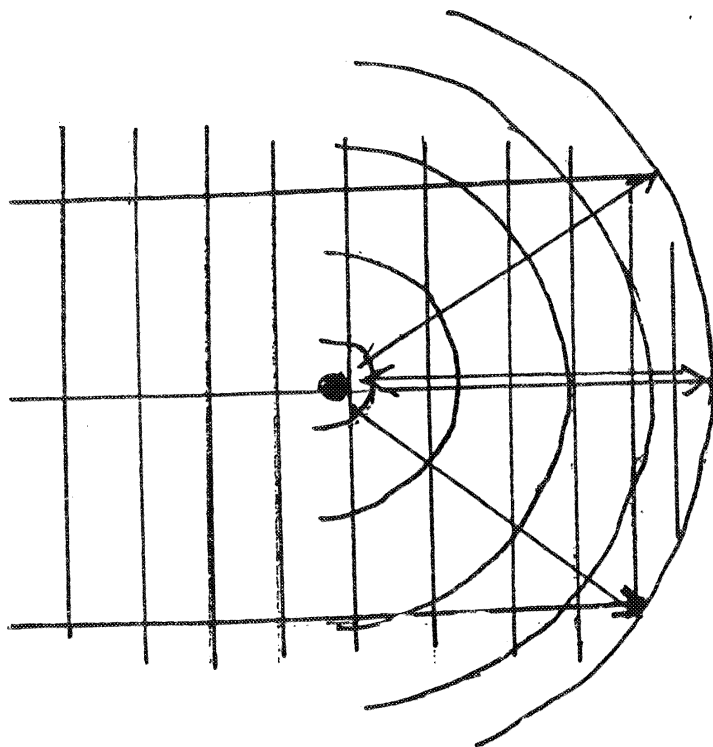


(5) $f = 12.10$ 次/秒 $\lambda = 1.44$ cm $V = 17.42$ cm/sec
 由反射定律預測



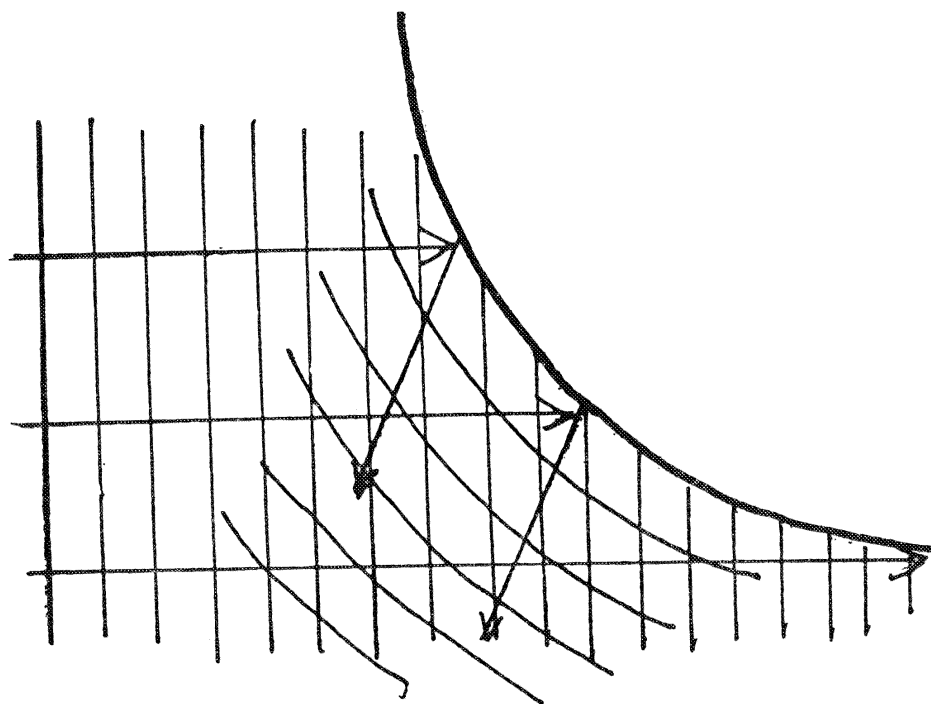
(6) $f = 11.2$ 次/秒 $\lambda = 1.6$ cm $V = 17.92$ cm/sec

由反射定律預測



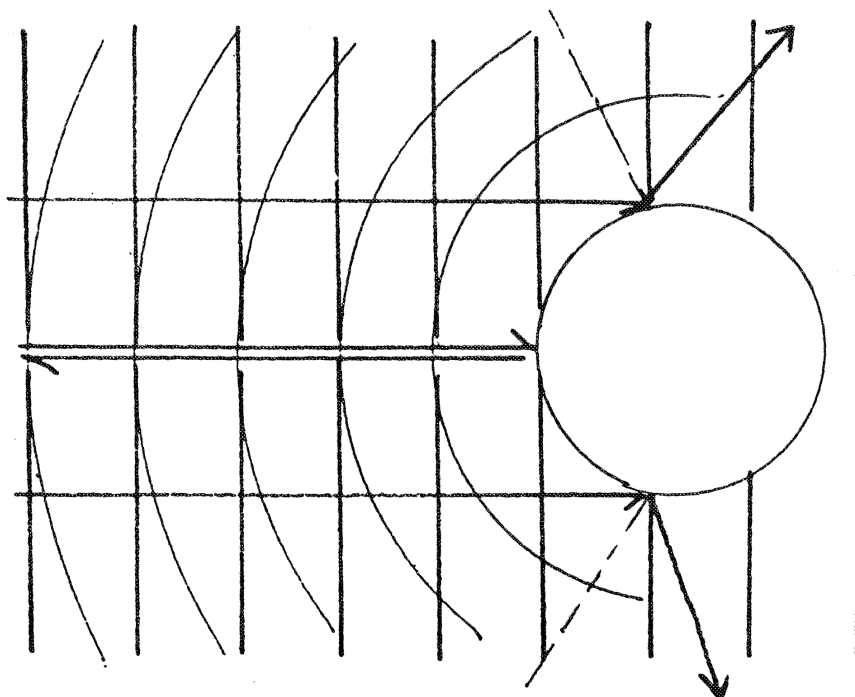
(7) $f = 11.7$ 次/秒 $\lambda = 1.5$ cm $V = 17.55$ cm/sec

由反射定律預測



(8) $f = 12.3$ 次/秒 $\lambda = 1.45$ cm $V = 17.84$ cm/sec

由反射定律預測

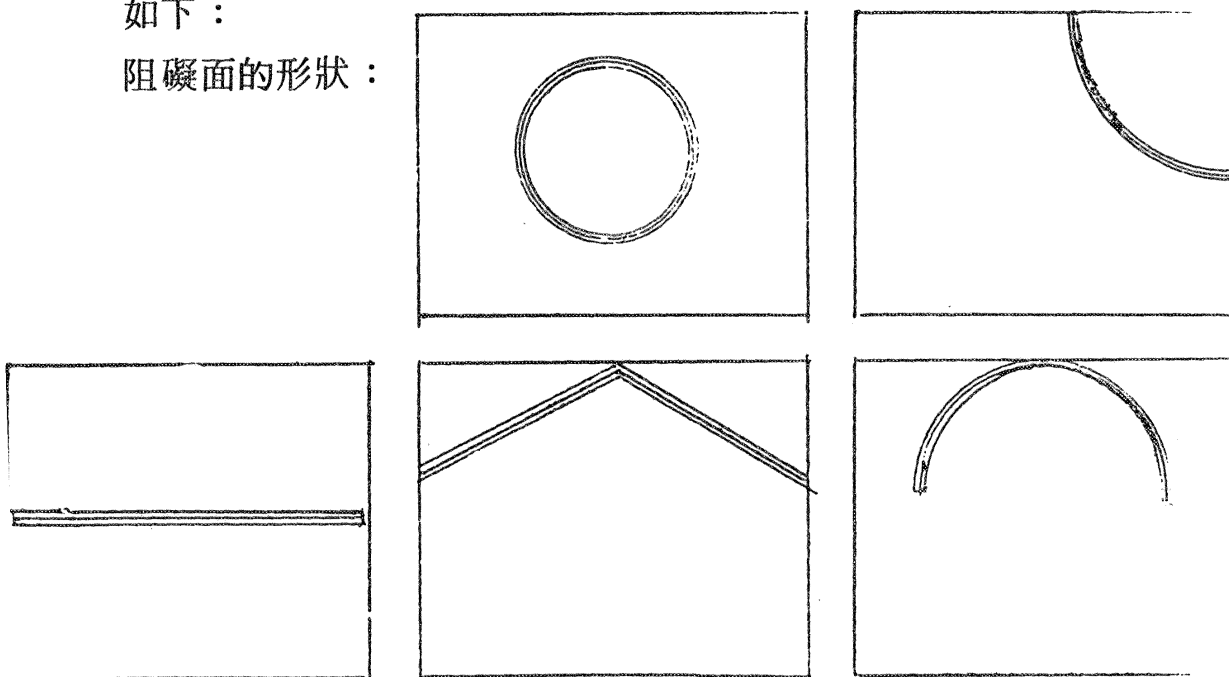


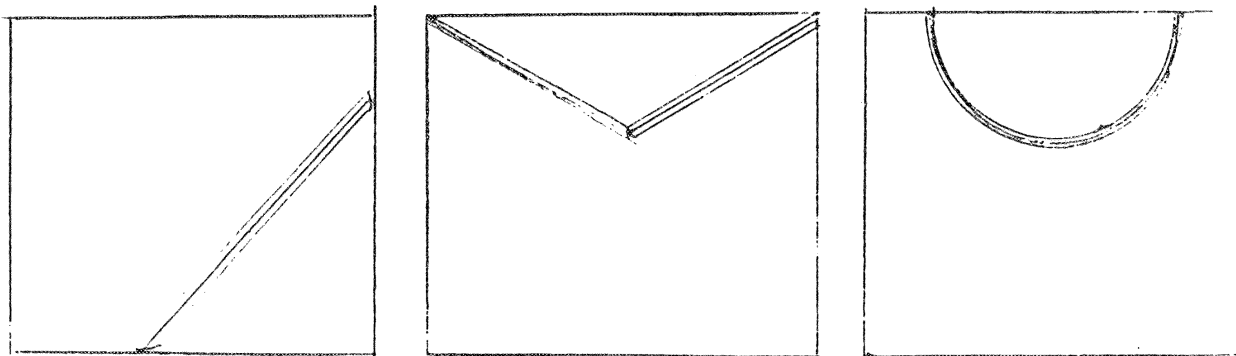
由以上分析可知直線波遇到各種阻礙物時，反射波會隨阻礙面的形狀而改變！

2. 由結果 2 得知：

入射波為圓形波，而遇到各種不同阻礙面之後，反射波情形如下：

阻礙面的形狀：



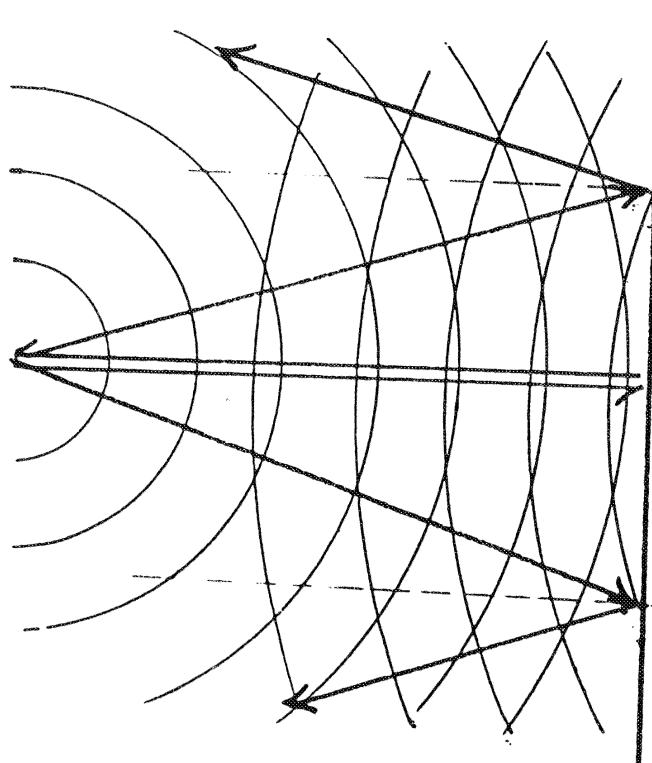


(1) $f = 12.50$ 次/秒

$\lambda = 1.40$ cm

$V = 17.50$ cm/sec

由反射定律預測

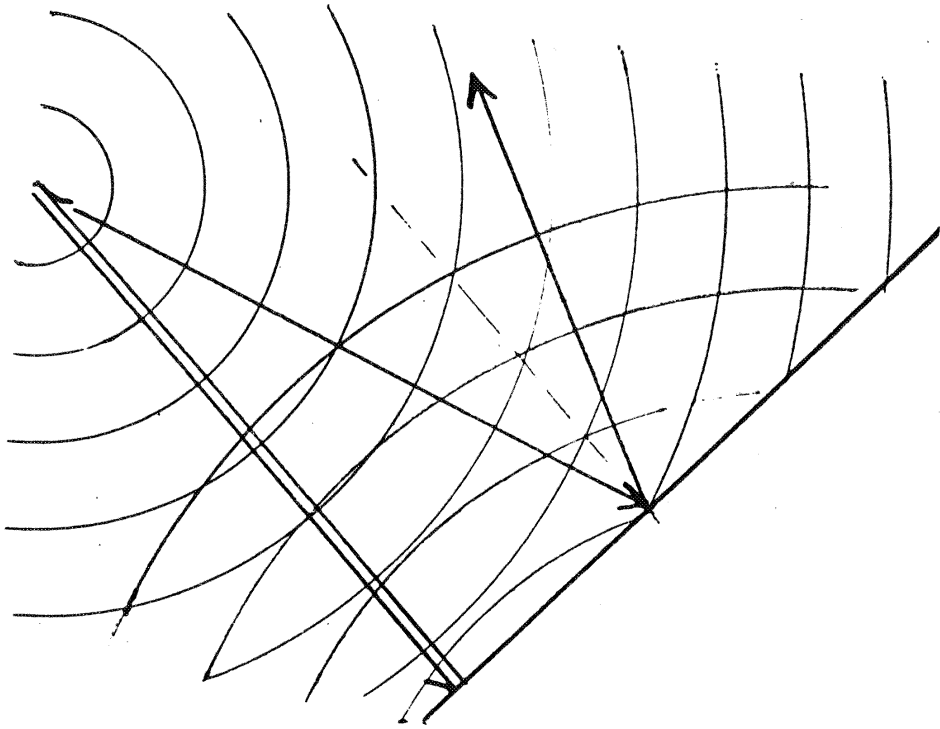


(2) $f = 12.8$ 次/秒

$\lambda = 1.37$ cm

$V = 17.53$ cm/sec

由反射定律預測

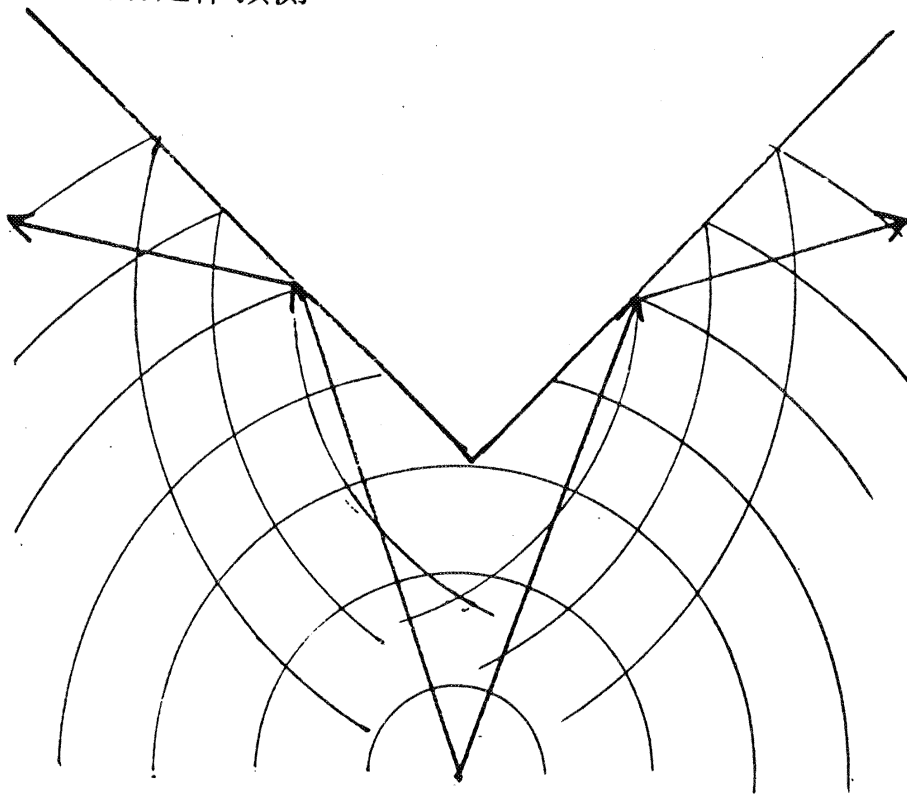


(3) $f = 12.60$ 次/秒

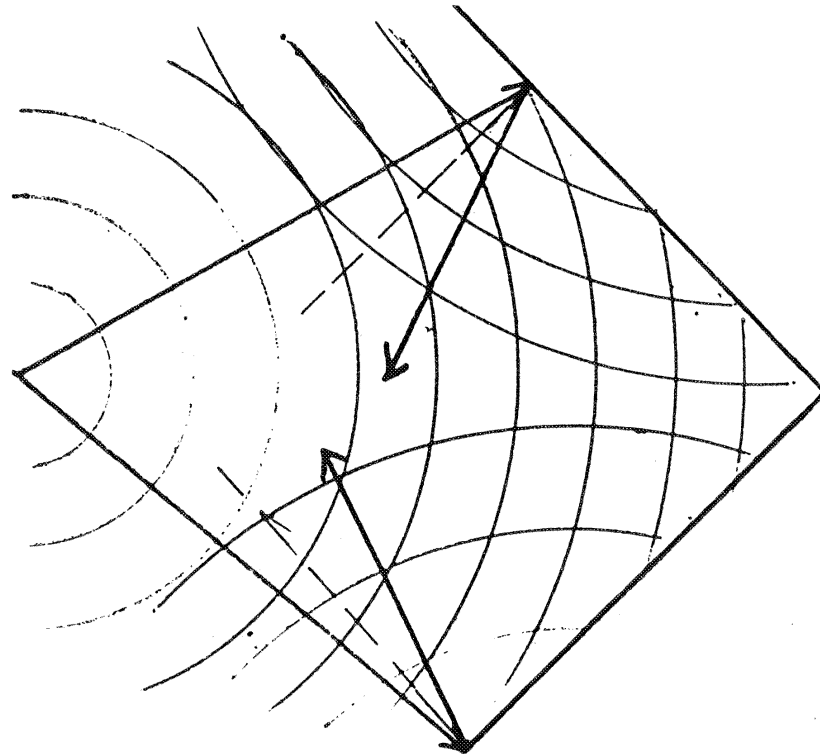
$\lambda = 1.39$ cm

$V = 17.52$ cm/sec

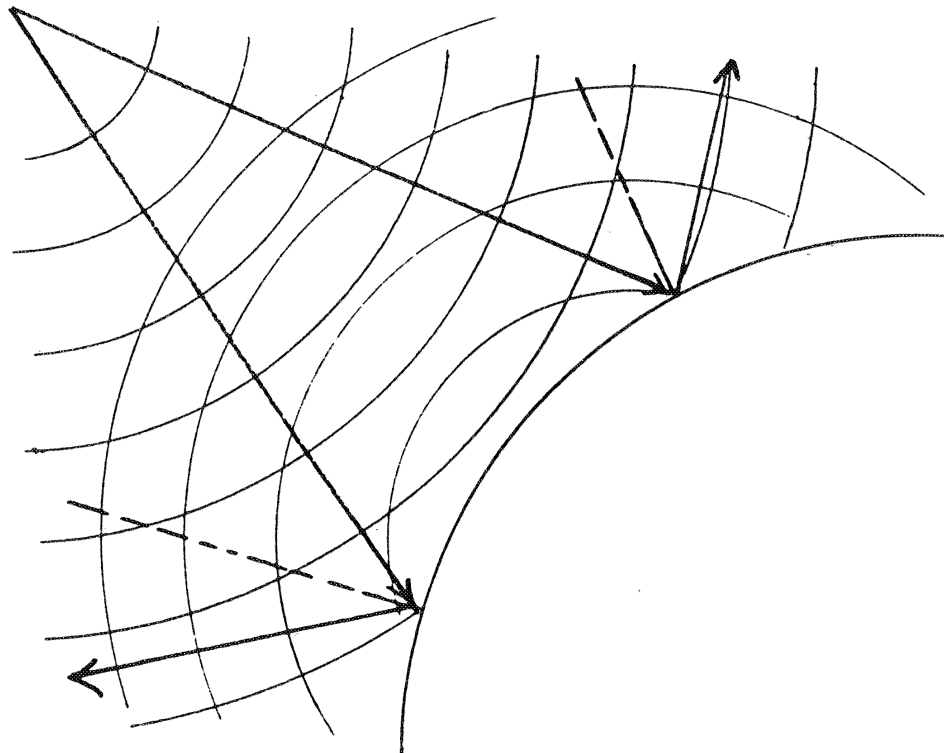
由反射定律預測



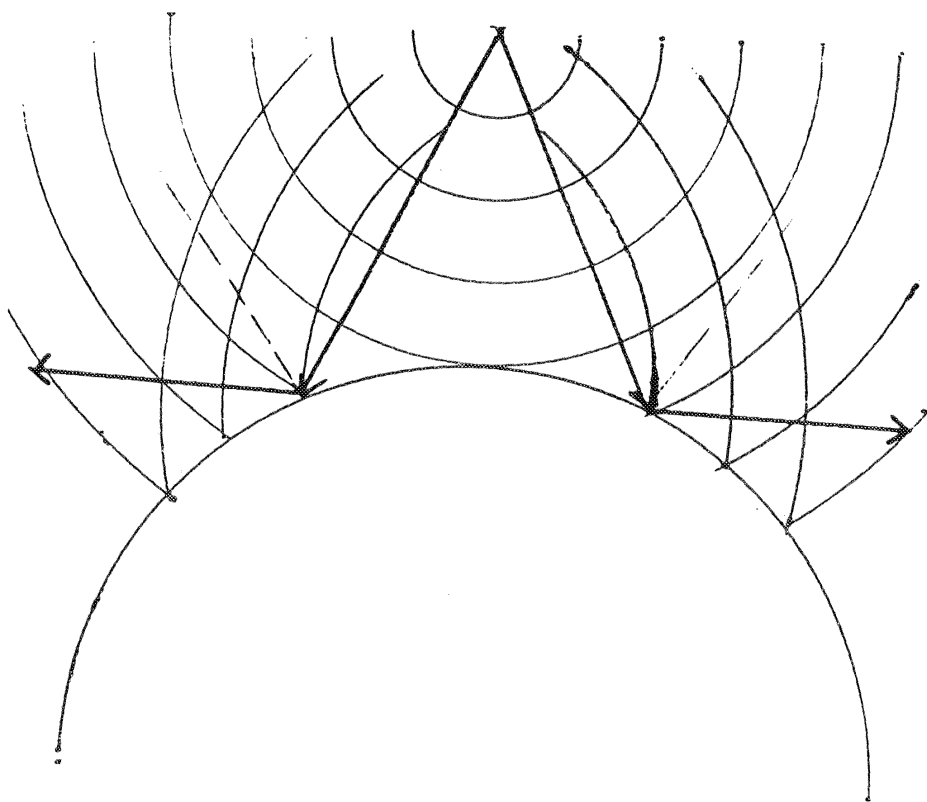
(4) $f = 12.50$ 次/秒 $\lambda = 1.42$ cm $V = 17.75$ cm/sec
 由反射定律預測



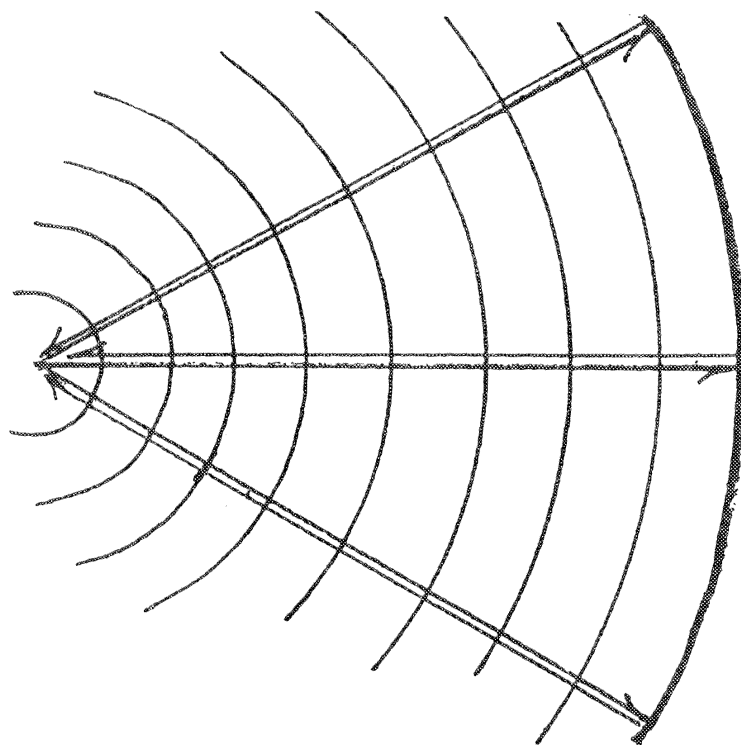
(5) $f = 13$ 次/秒 $\lambda = 1.35$ cm $V = 17.55$ cm/sec
 由反射定律預測



(6) $f = 12.60$ 次/秒 $\lambda = 1.40$ cm $V = 17.64$ cm/sec
由反射定律預測

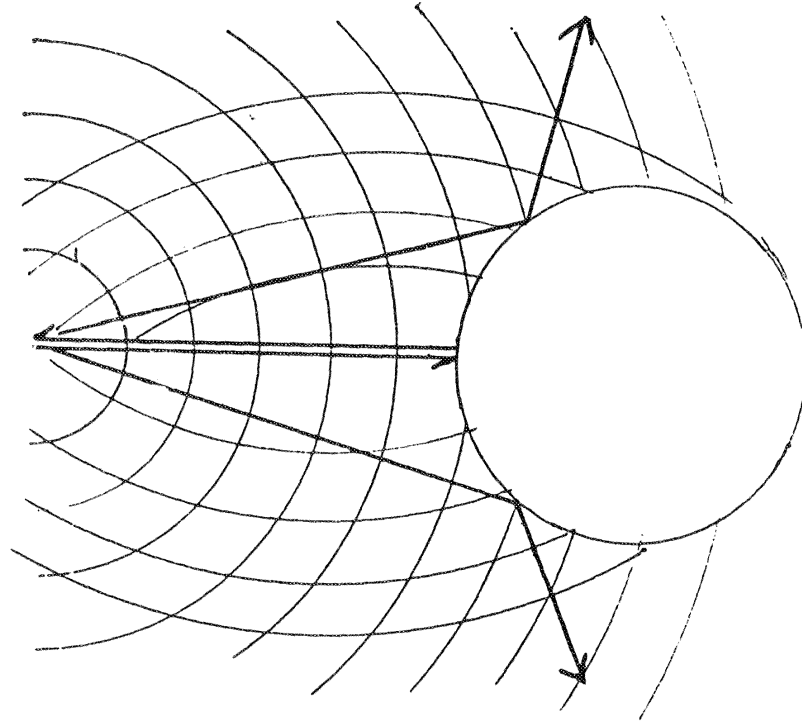


(7) $f = 12.40$ 次/秒 $\lambda = 1.40$ cm $V = 17.36$ cm/sec
由反射定律預測



(8) $f = 12.80$ 次/秒 $\lambda = 1.34$ cm $V = 17.15$ cm/sec

由反射定律預測



由以上分析可知圓形波遇到各種不同形狀的阻礙面時，其反射波形也會隨著其形狀而改變！

3. 由結果 3 得知：波由深水進入淺水的情形分析如下：

(1) 直線波

$$f_1 = 13.32 \text{ 次/秒}$$

$$f_2 = 13.25 \text{ 次/秒}$$

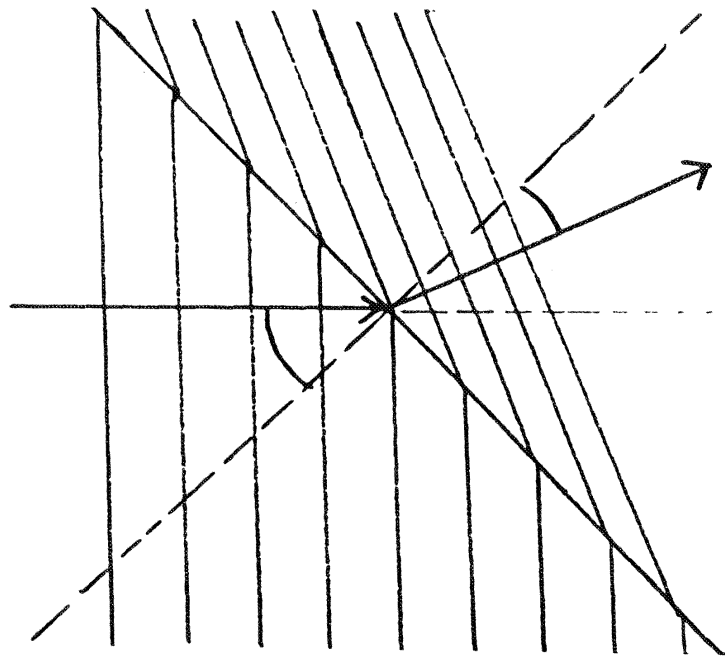
$$\lambda_1 = 1.31 \text{ cm}$$

$$\lambda_2 = 1.25 \text{ cm}$$

$$V_1 = 17.45 \text{ cm/sec}$$

$$V_2 = 16.56 \text{ cm/sec}$$

由折射定律預測



性質：①波長變短，波速變小

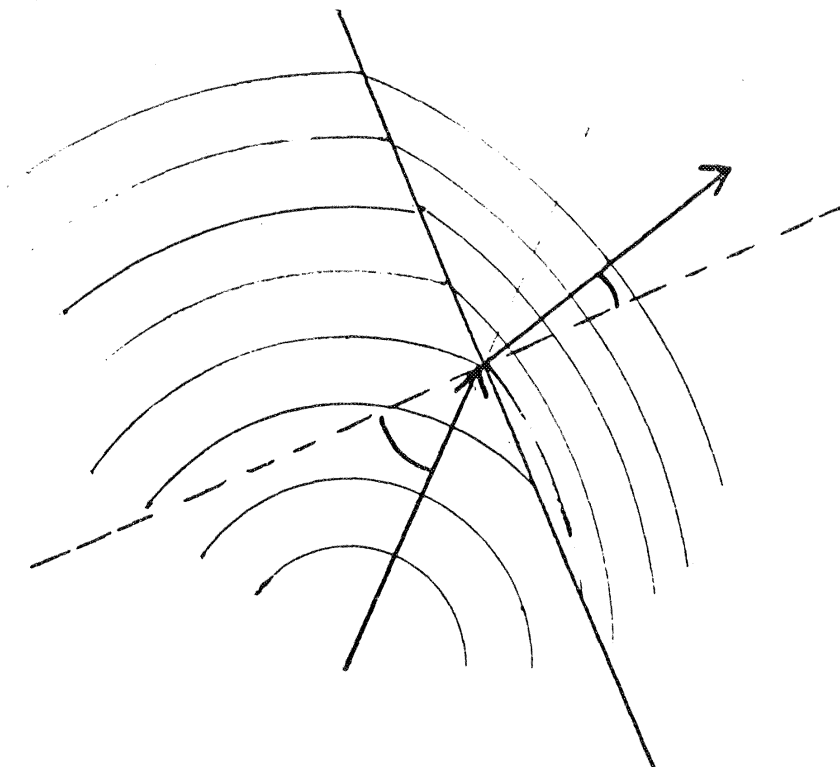
②入射角 $>$ 折射角，折射線偏向法線。

(2)圓形波

$f_1 = 13.42$ 次/秒 $f_2 = 13.49$ 次/秒 $\lambda_1 = 1.31$ cm

$\lambda_2 = 1.25$ cm $V_1 = 17.45$ cm/sec $V_2 = 16.56$ cm/sec

由折射定律預測



性質：①波長變短，波速變小。

②折射角 < 入射角，折射線偏向法線。

4. 由結果 4 得知：入射波由淺水進入深水的折射情形分析如下：

(1) 直線波

$$f_1 = 13.30 \text{ 次/秒}$$

$$f_2 = 13.25 \text{ 次/秒}$$

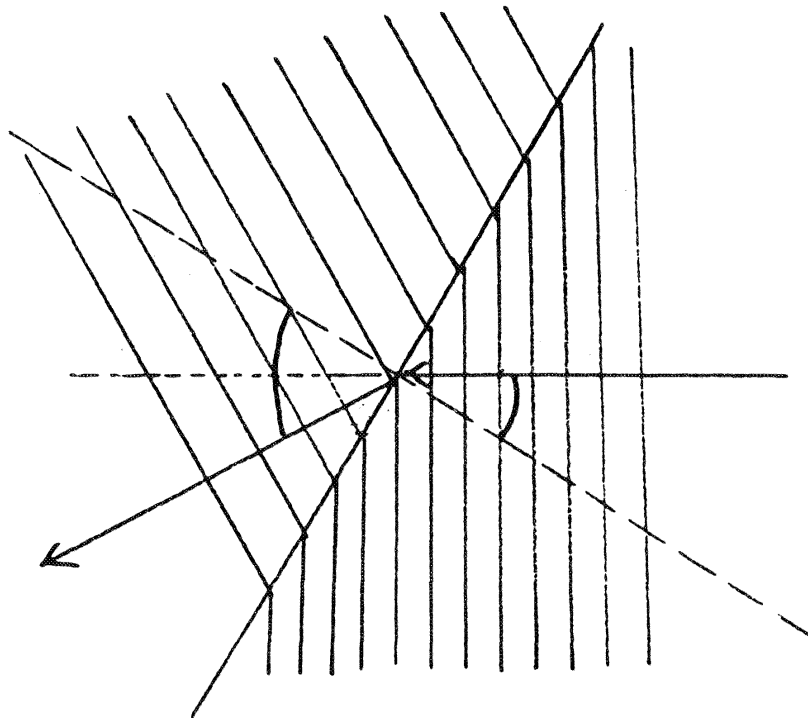
$$\lambda_1 = 1.33 \text{ cm}$$

$$\lambda_2 = 1.45 \text{ cm}$$

$$V_1 = 17.69 \text{ cm/sec}$$

$$V_2 = 18.16 \text{ cm/sec}$$

由折射定律預測



性質：①波長變長，波速變大。

②折射線偏離法線，入射角 < 折射角。

(2) 圓形波

$$f_1 = 13.42 \text{ 次/秒}$$

$$f_2 = 13.49 \text{ 次/秒}$$

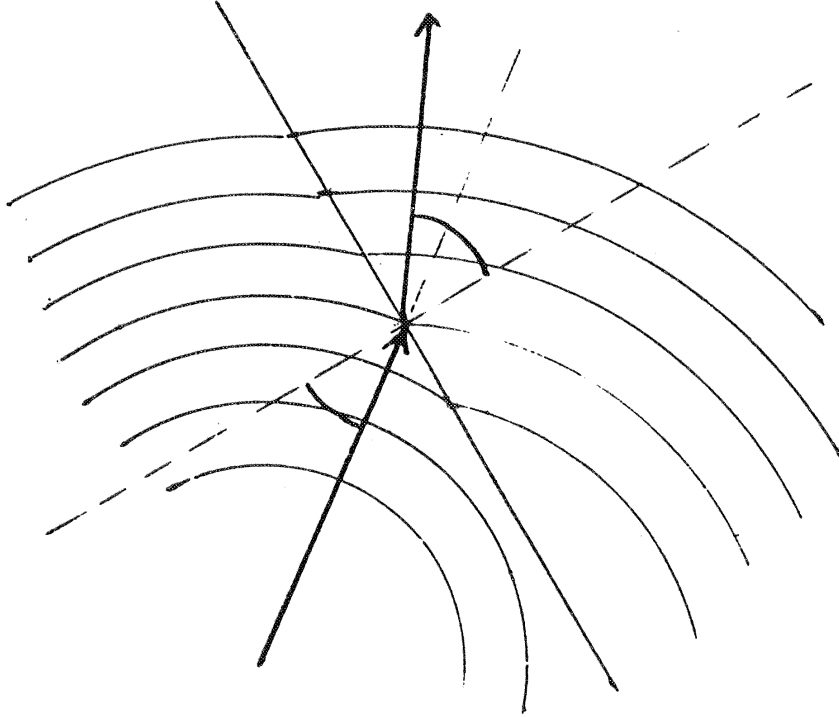
$$\lambda_1 = 1.29 \text{ cm}$$

$$\lambda_2 = 1.35 \text{ cm}$$

$$V_1 = 17.31 \text{ cm/sec}$$

$$V_2 = 18.21 \text{ cm/sec}$$

由折射定律預測



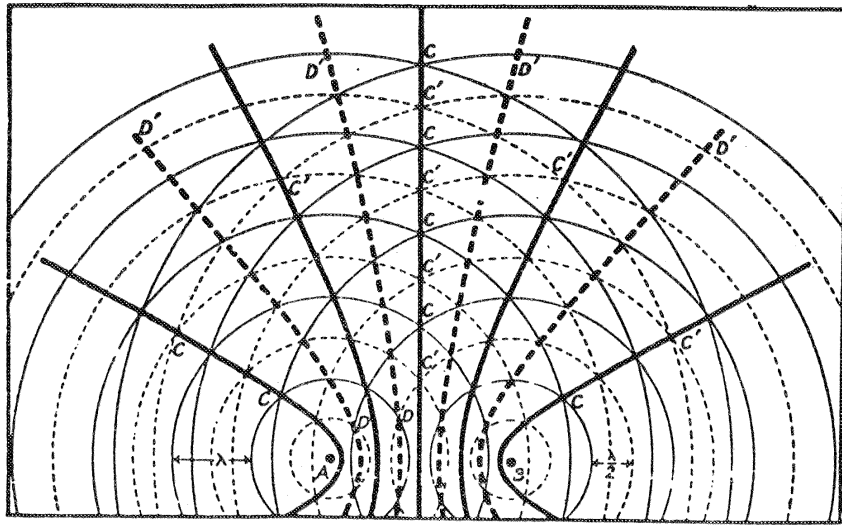
性質：①波長變長，波速變大。

②折射線偏離法線，入射角 $<$ 折射角。

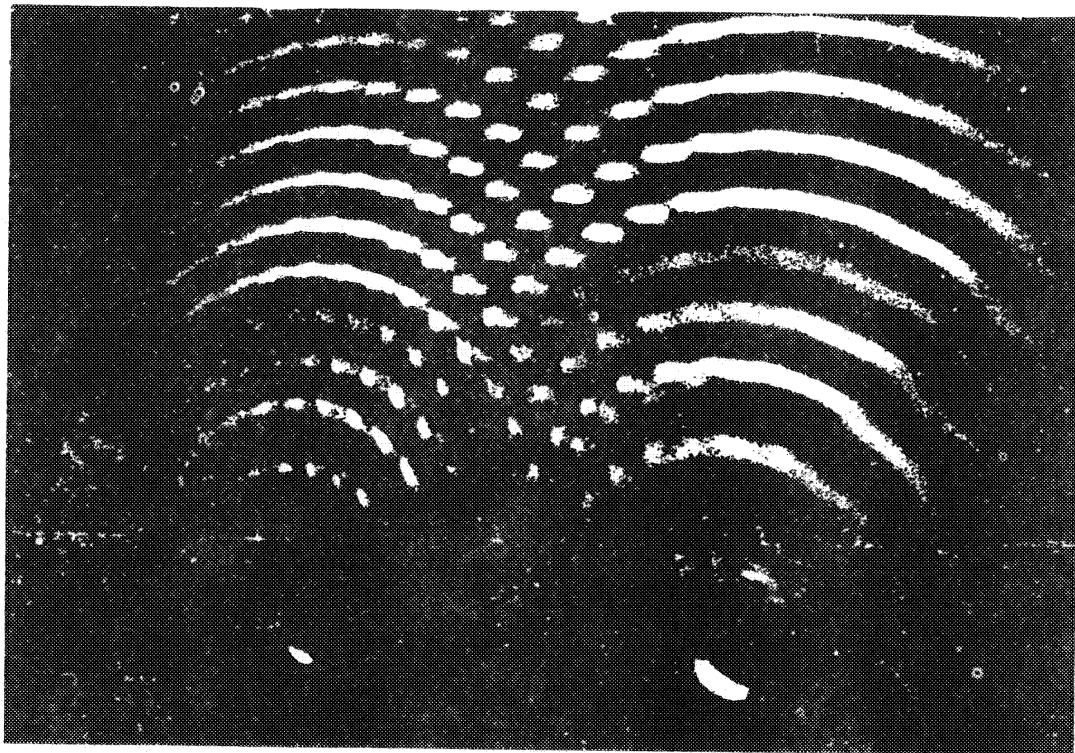
由討論(3)(4)分析，可知波由深水進入淺水，入射角 $>$ 折射角，即折射線偏靠法線，其造成原因是由於波速的不同，也可知由淺水進入深水，折射角 $>$ 入射角，即折射線偏離法線，造成原因，也是因為波速的不同。

由結果 5 得知：

二個頻率相同的圓形波互相干擾後，可由圖中很清楚的看出並畫出其節線與腹線分部情形，並可由此幫助大家更瞭解此一觀念。



兩波發生干涉時的節線



6. 由以上討論可幫助：

- (1) 瞭解波反射後的形狀會隨著阻礙面的形狀不同而改度。
- (2) 瞭解並探討更精確測量頻率及波長的方法，以及與波速的計算。
- (3) 更加瞭解反射定律，並以實際情形得以驗證。
- (4) 瞭解水波在深淺不同的水中會產生折射的現象，並得知其成因。
- (5) 瞭解折射定律，並以實際情形得以驗證。
- (6) 瞭解水波干涉後節線及腹線的形成以及分布情形。
- (7) 本實驗所得到的結果以及分析，除了可提供參考外，還可幫助學生對這些觀念的澄清。同時還提供了較理想的觀察以及測量方法。
- (8) 可推動大家對視聽教具應廣泛使用。
- (9) 在做本實驗時發覺水的深度會影響到觀察的情形，因此我們以多次的嘗試，最後以最適當深度作為本實驗控制的變因之一。（關於深度的問題，由於時間不夠之緣故，留著作為以後研究計劃的目標）
- (10) 由實驗可知，深度保持不變時，雖然頻率、波長改變，波速却保持不變。也由此可知，深度會影響波速。
- (11) 本實驗的結果記錄都採用 PENTAX F 1.4 相機拍攝，光圈設定 F 1.4 時間取 1/500 秒，是為为了能拍其瞬間的情形，一系列有系統的照片都是經過多次失敗之後的結晶，十分珍貴。
- (12) 本實驗所有的過程都是由作者自己製作，我們都有詳盡的長期研究計劃，時常與指導老師的聯繫，並訂立作業範圍，定期審查作業進度，以及參與研討會（計劃，報告表附本冊子後面以供參考）

六、檢 討

在本實驗中曾遭遇到很多困難，最後都由師長的指導，經過我們自己的研討，而獲得解決，因此在過程中，我們感到獲益不

少，所遭遇較大的困難，以及解決辦法如下：

1.起波器本使用電池使它振動而產生波，後來發覺頻當不易調節。

解決辦法：

最後改用可變電阻及多段式的整流變壓器，可便於調節。

2.當產的水波，頻率較大時，不易計數，且易造成誤差。

解決辦法：

改用計數器測其頻率，其使用（ cds ）先敏電阻，靈敏度、準確性都高。

3.由於迅速的振動，而使得波長很不易測得，且易造成誤差。

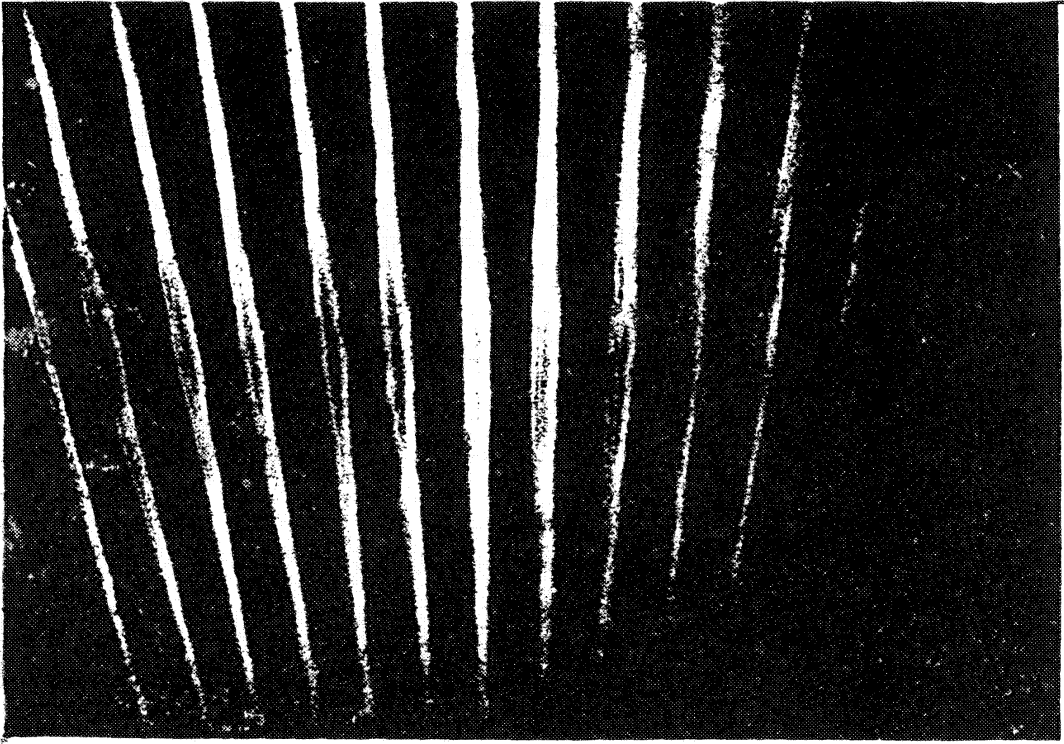
解決辦法：

(1)波長是利用精密的尺置於水波槽下面的投影幕上，再由攝影而得相片測出，但因波長已經投影已經放大，故應先算出其放大倍率，再以測出的數據除之，即得正確而且保有永久的記錄。

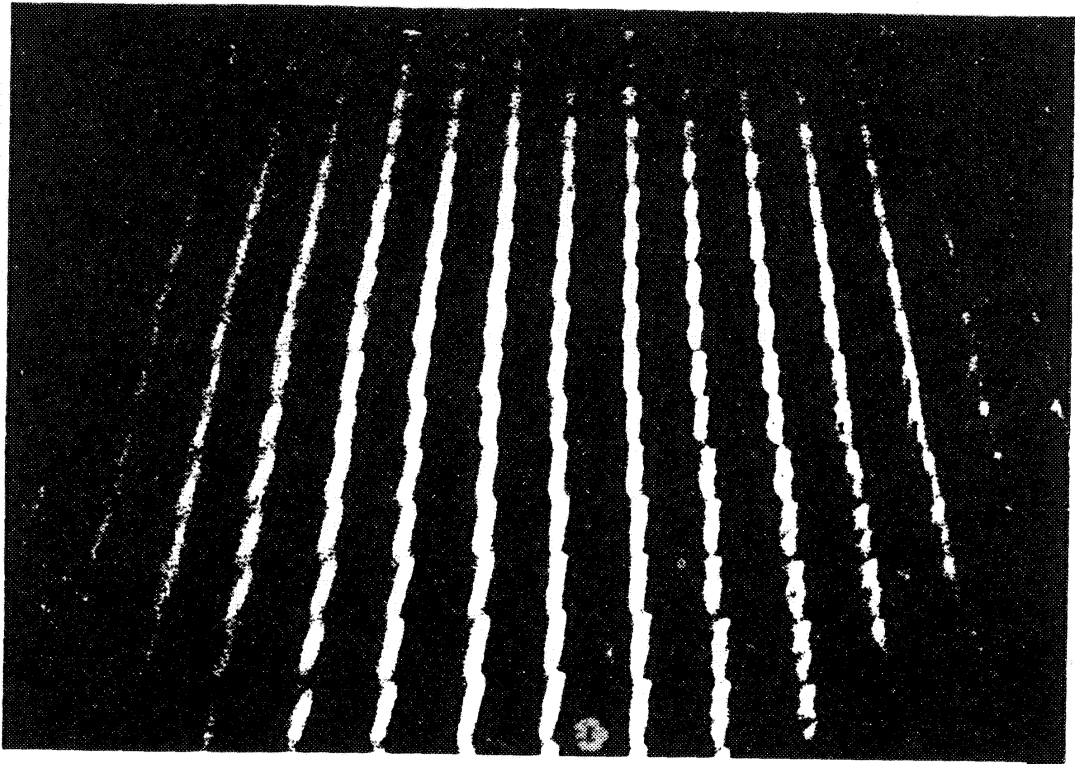
(2)利用教學上的投影機把水波及尺的刻度都投影在銀幕上，如此不但可看的清楚，再加上刻度的放大測出的波長將更為精確。※但尺必須緊貼於水波槽底部。

(3)經過多次的檢討以及嘗試改進，使用教學上的投影機，把所有形成的波以及刻度尺投影在銀幕上，可使波紋更清晰，刻度更加的放大，而測出的度量以及性質更為可靠、準確，此種方法不但改進了利用水波槽觀察波的功用，並且在教學上老師也可利用此方法作示範教學，極為便利！

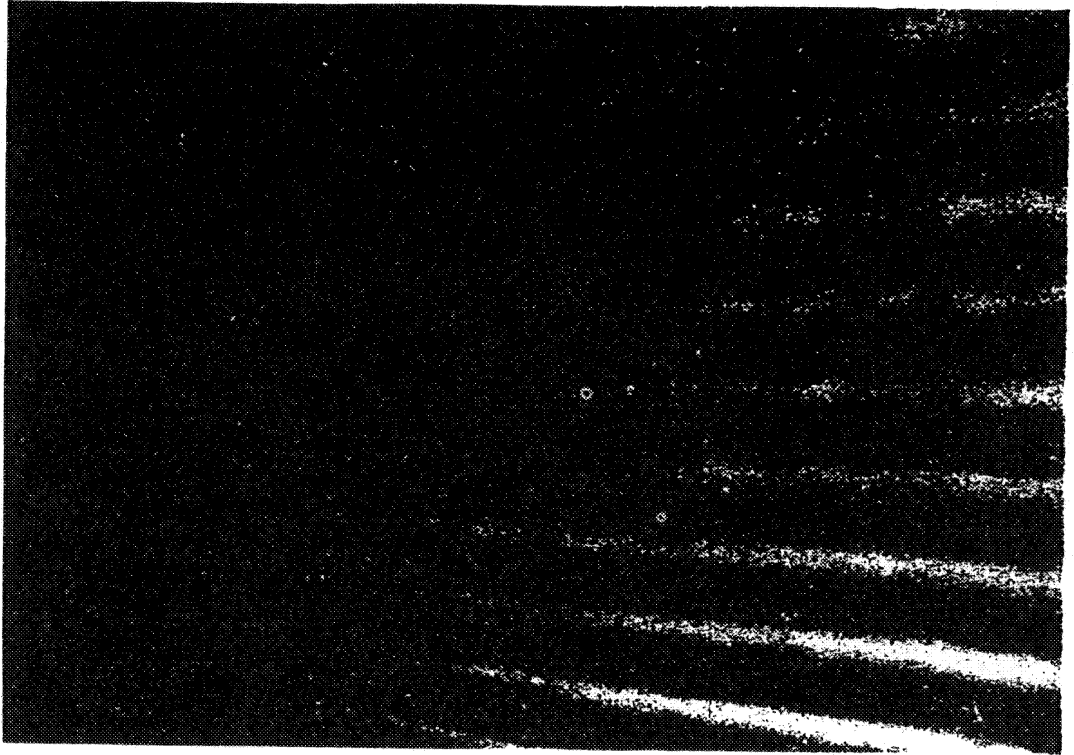
圖一



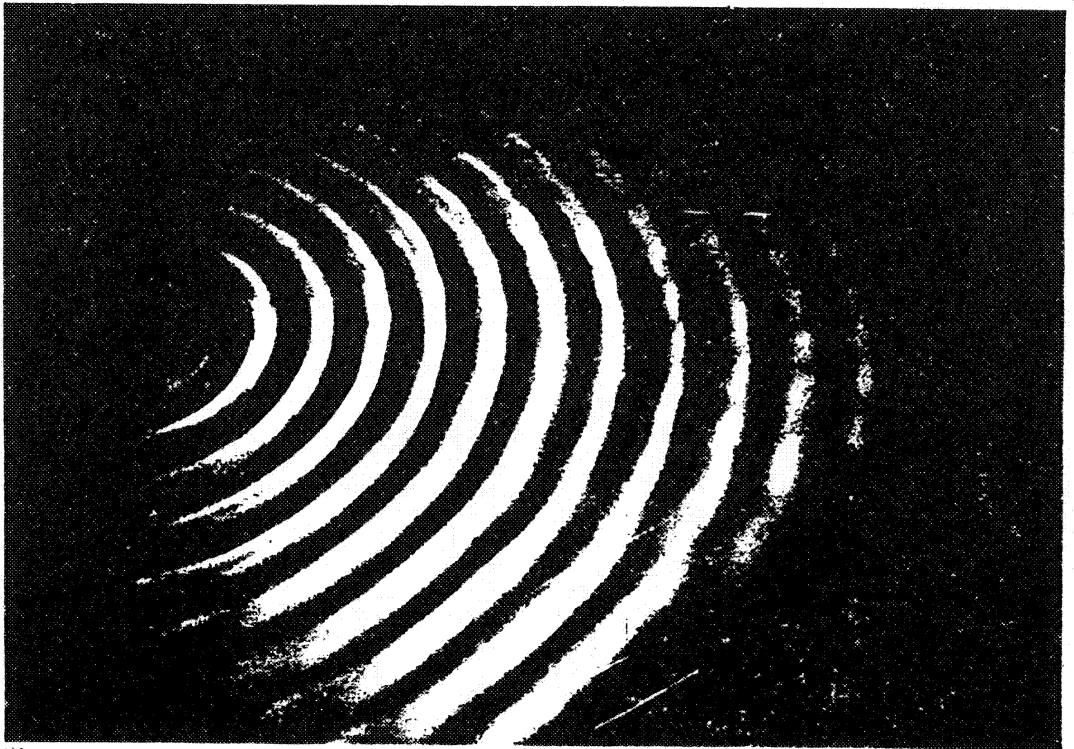
圖二



圖三：



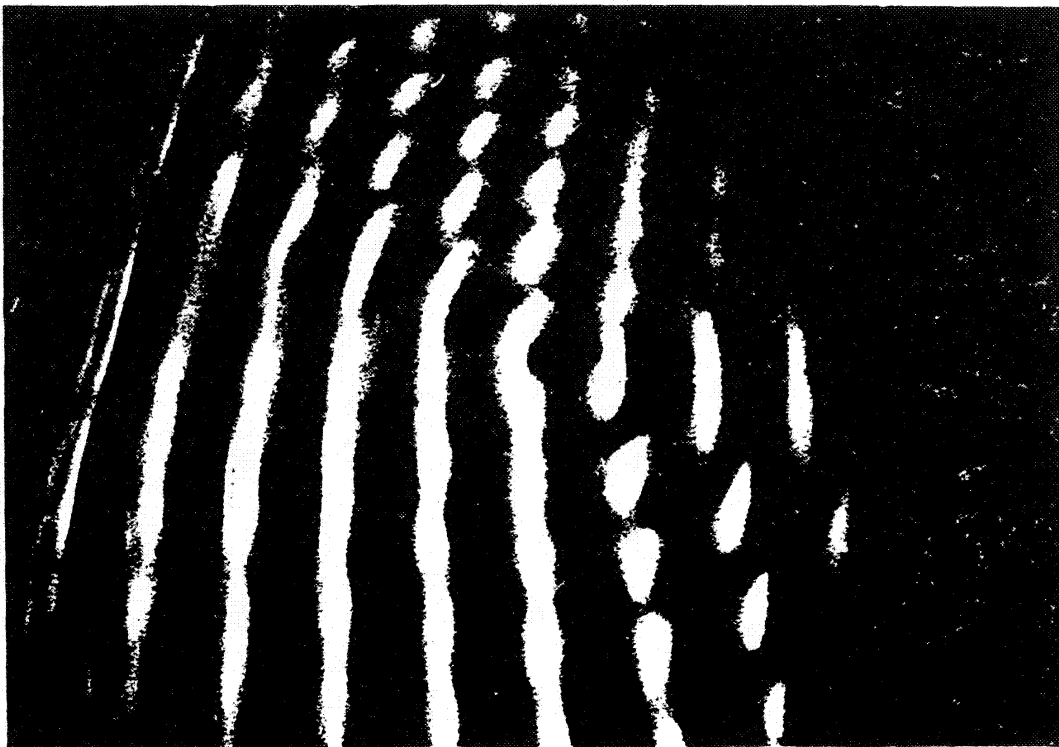
圖四：



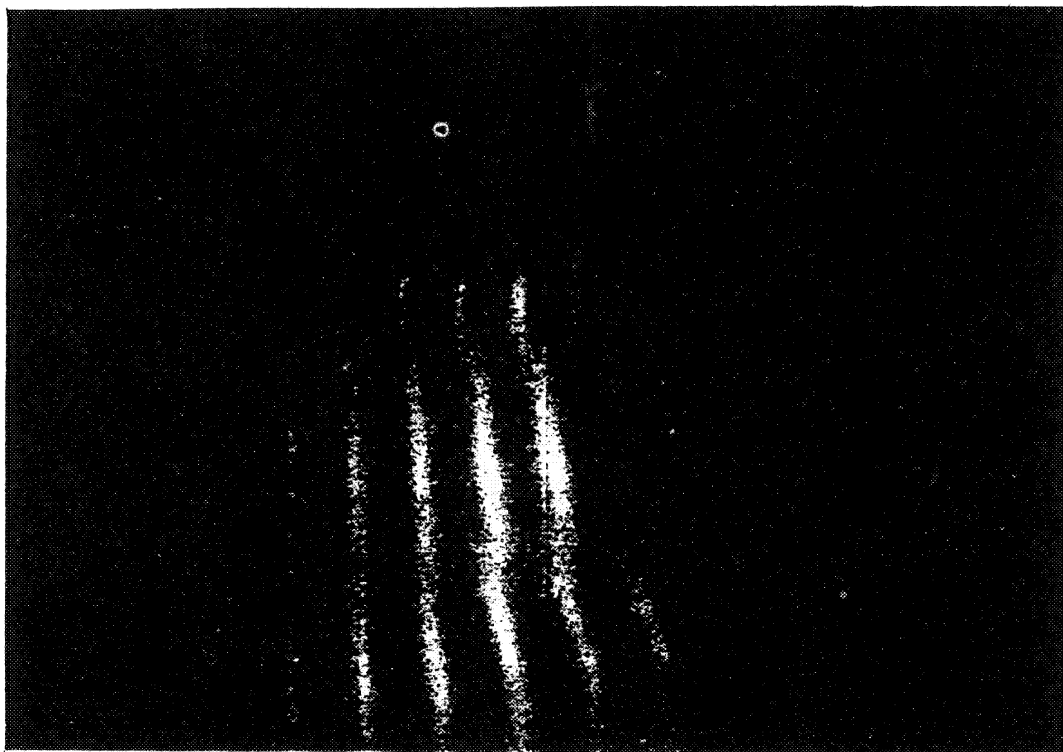
圖五：



圖六：



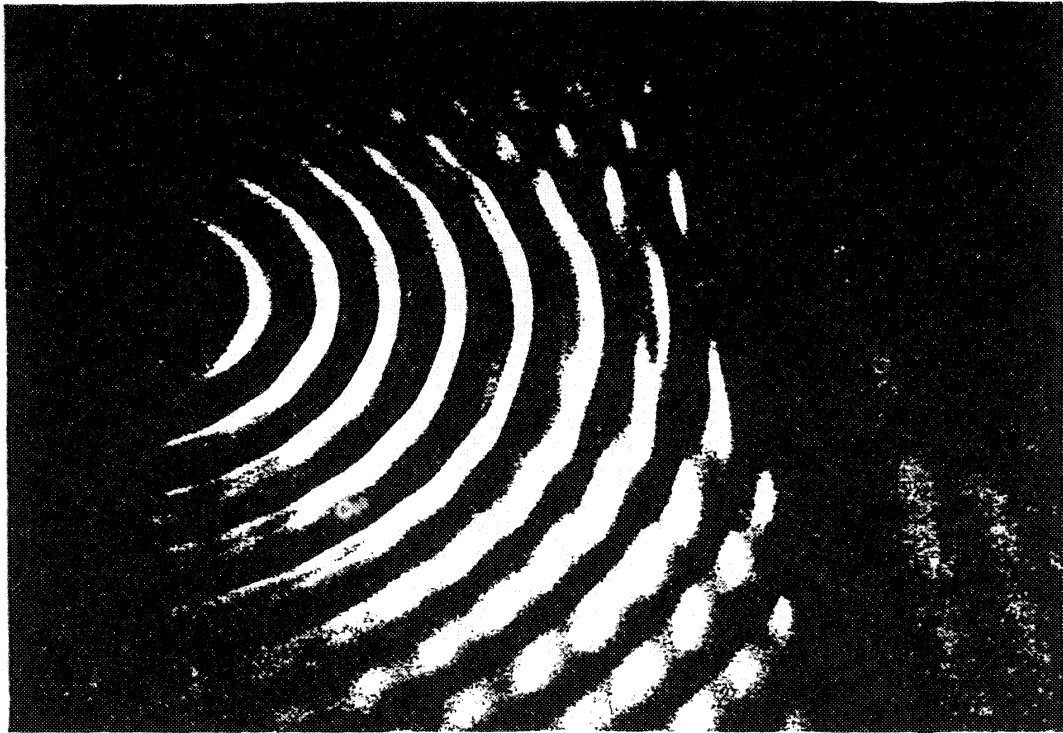
圖七：



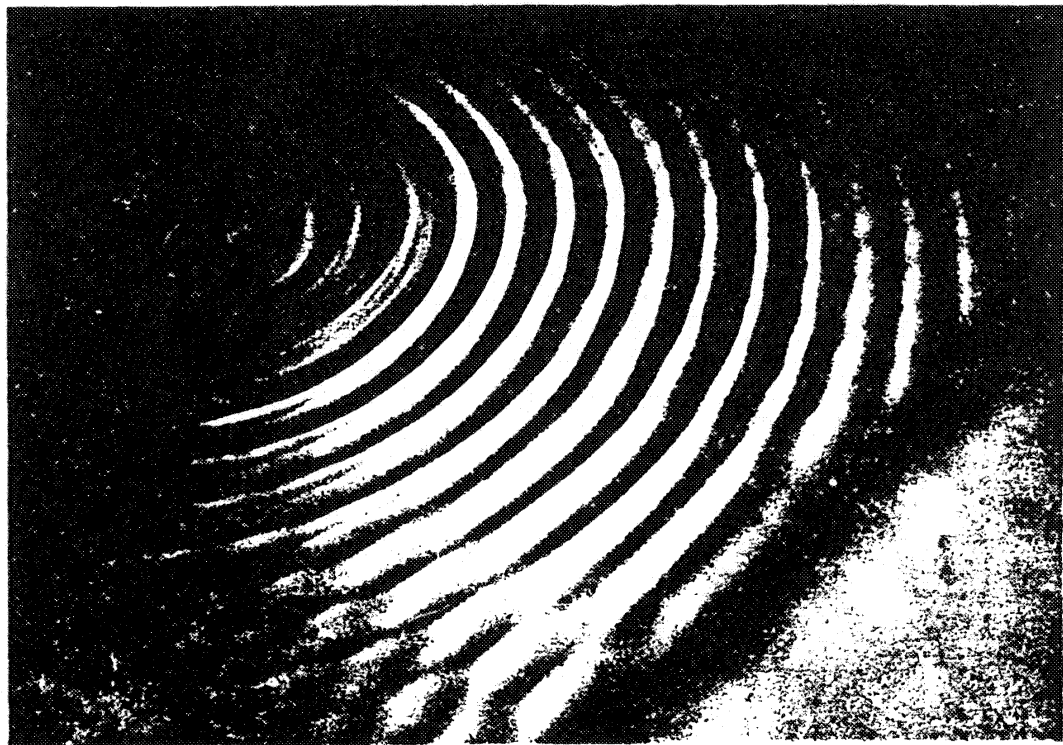
圖八：



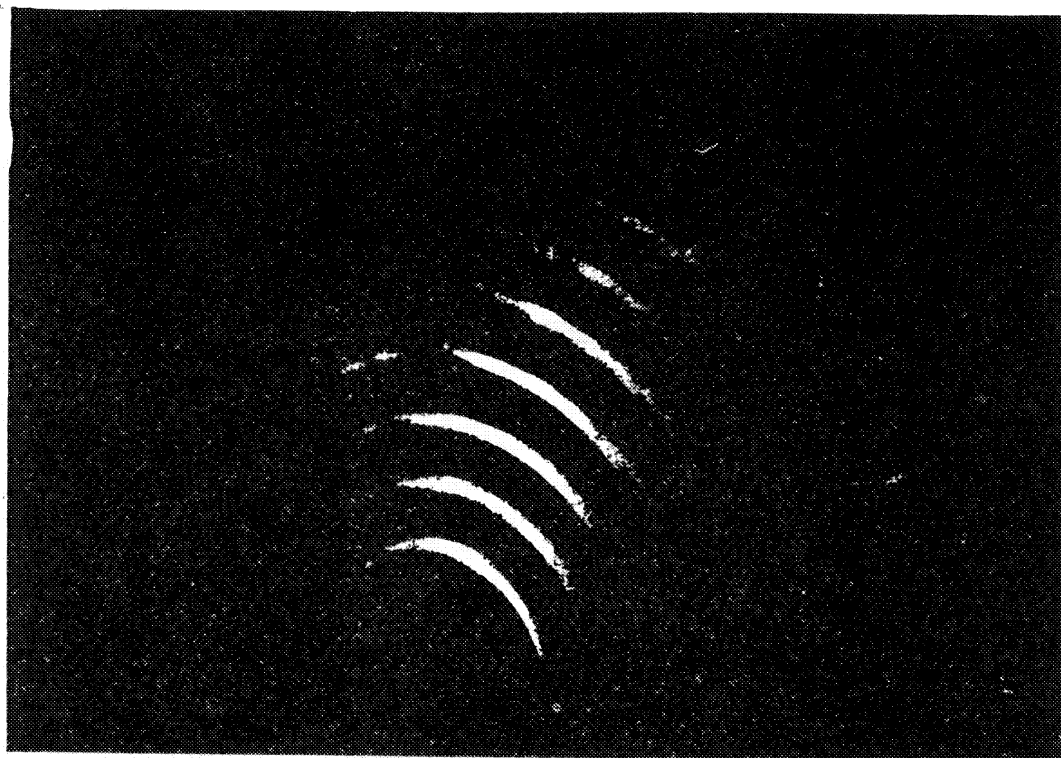
圖九：



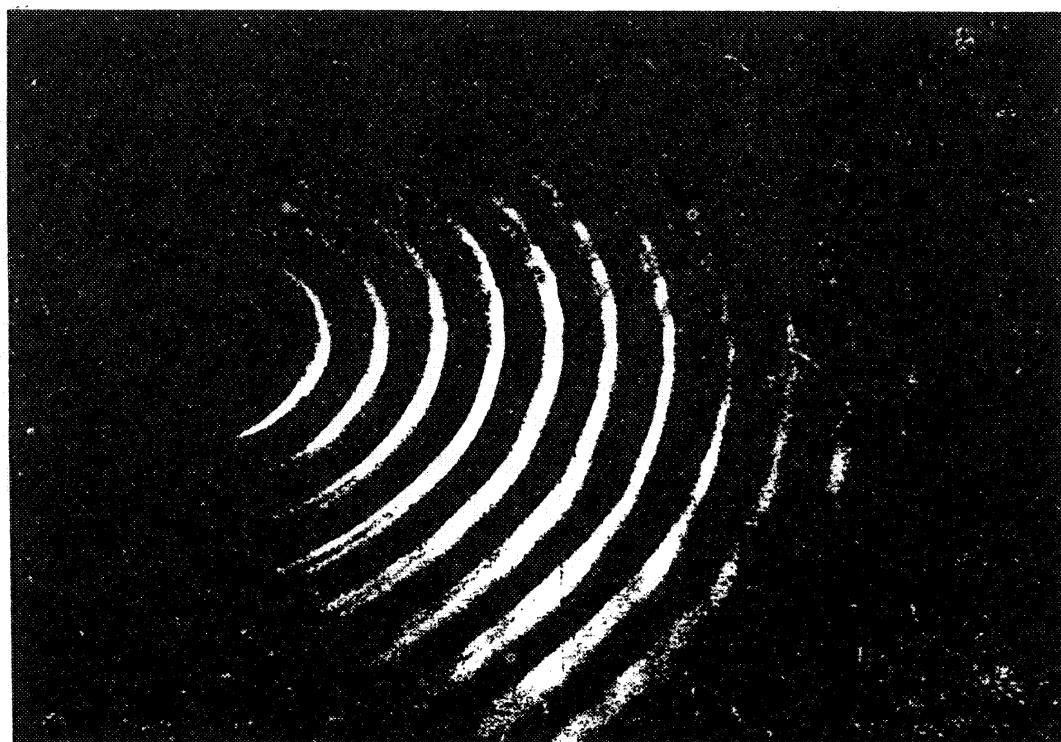
圖十：



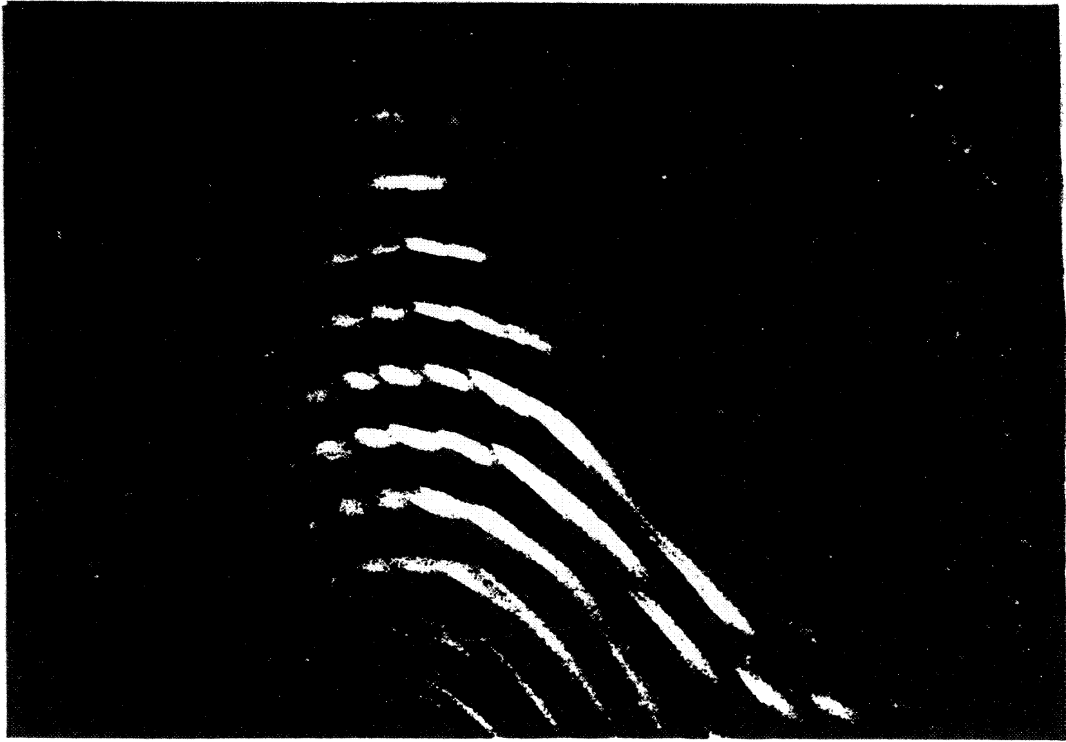
圖十一：



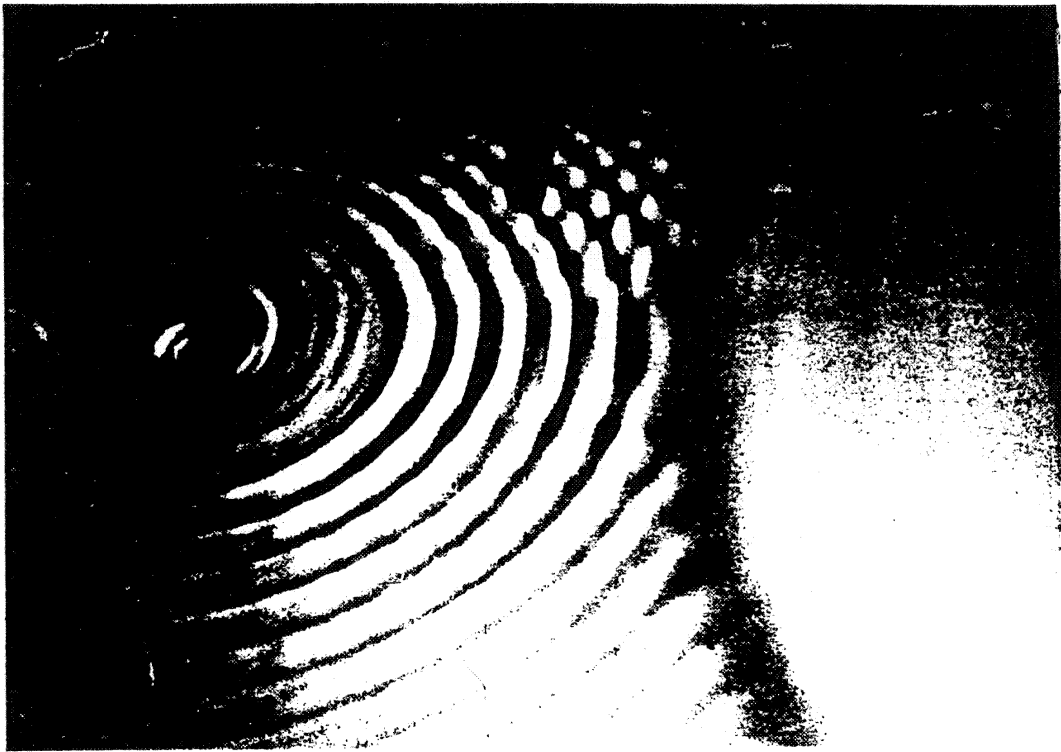
圖十二：



圖十三：



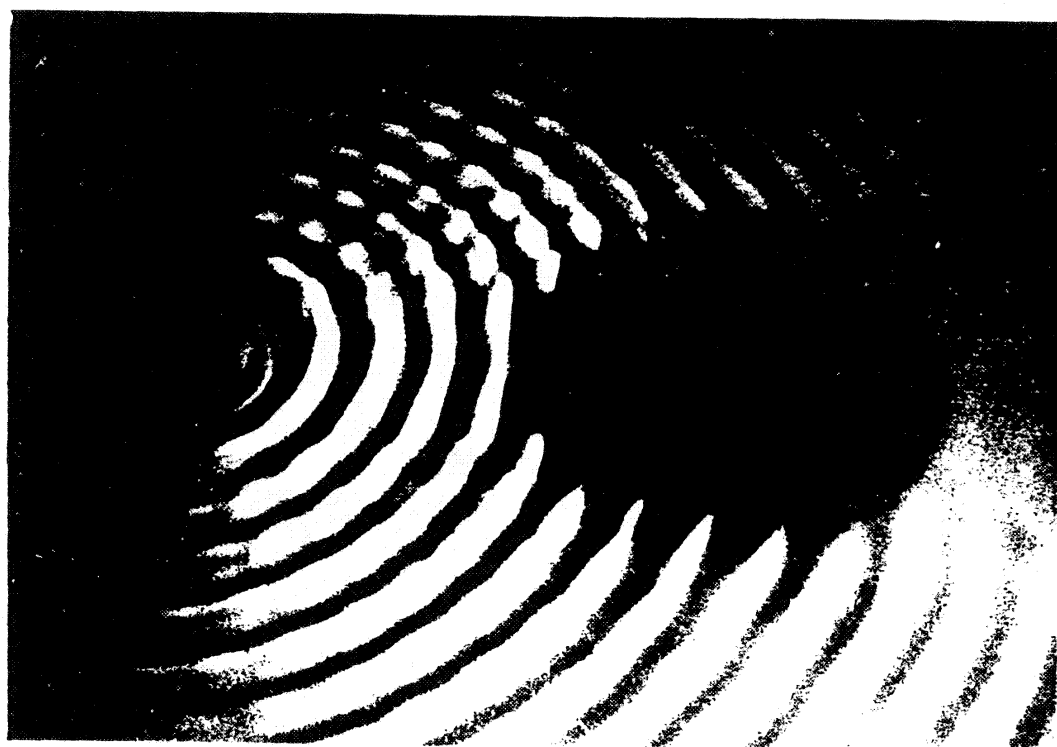
圖十四：



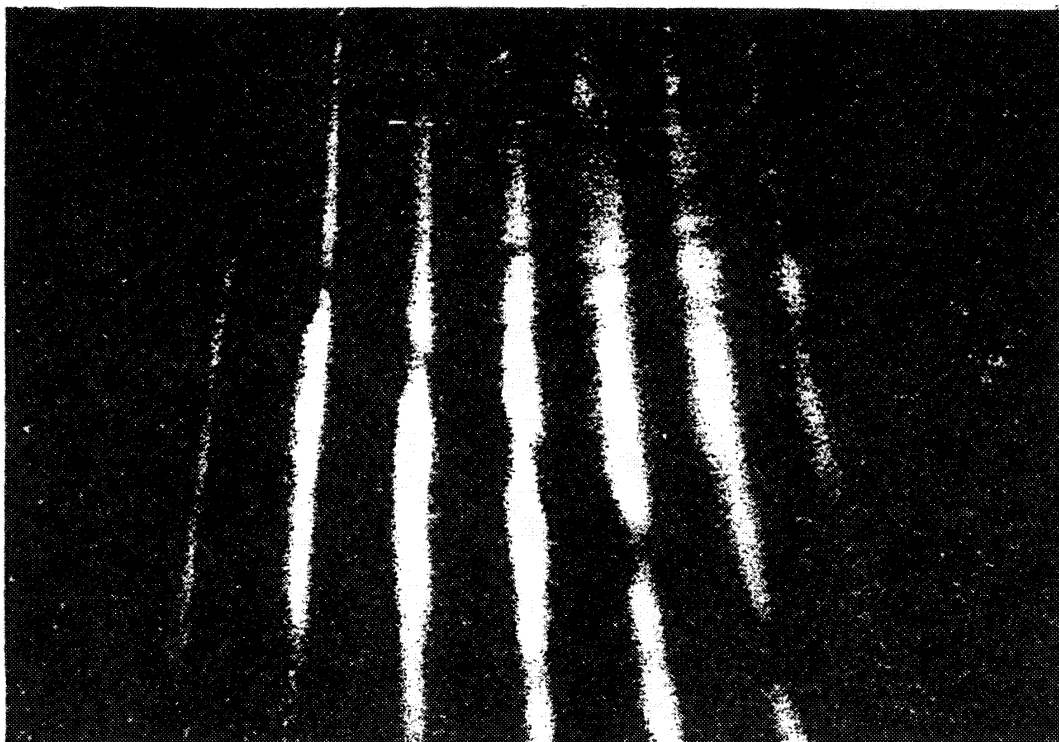
圖十五：



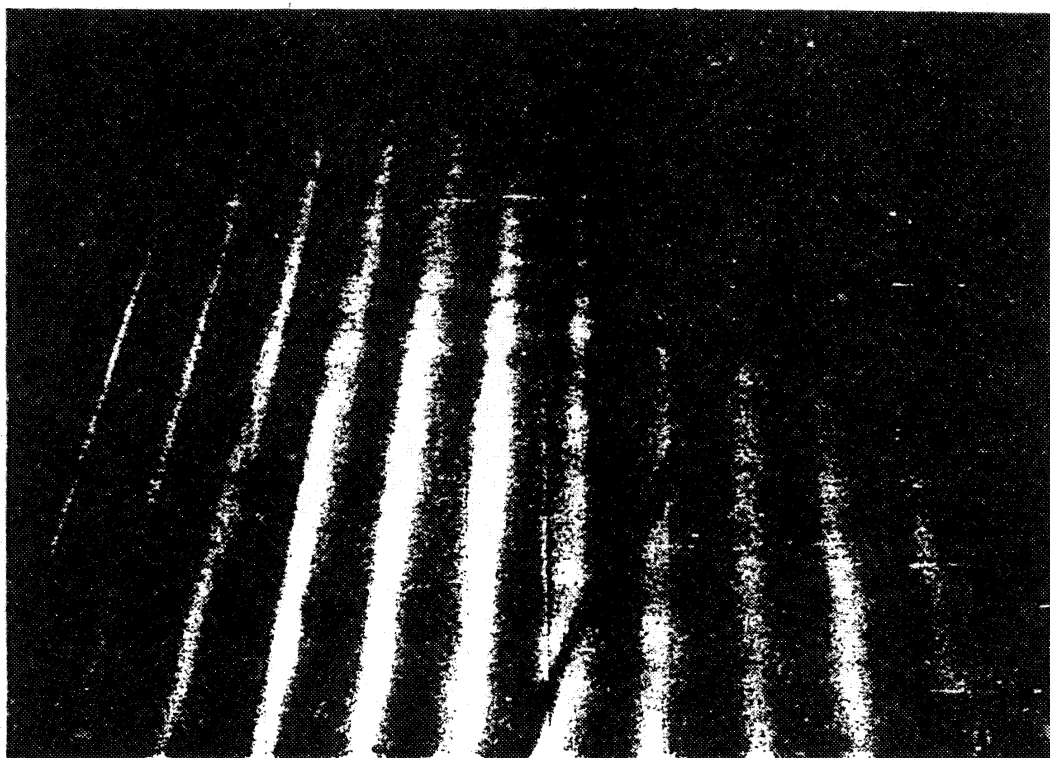
圖十六：



圖十七：



圖十八：



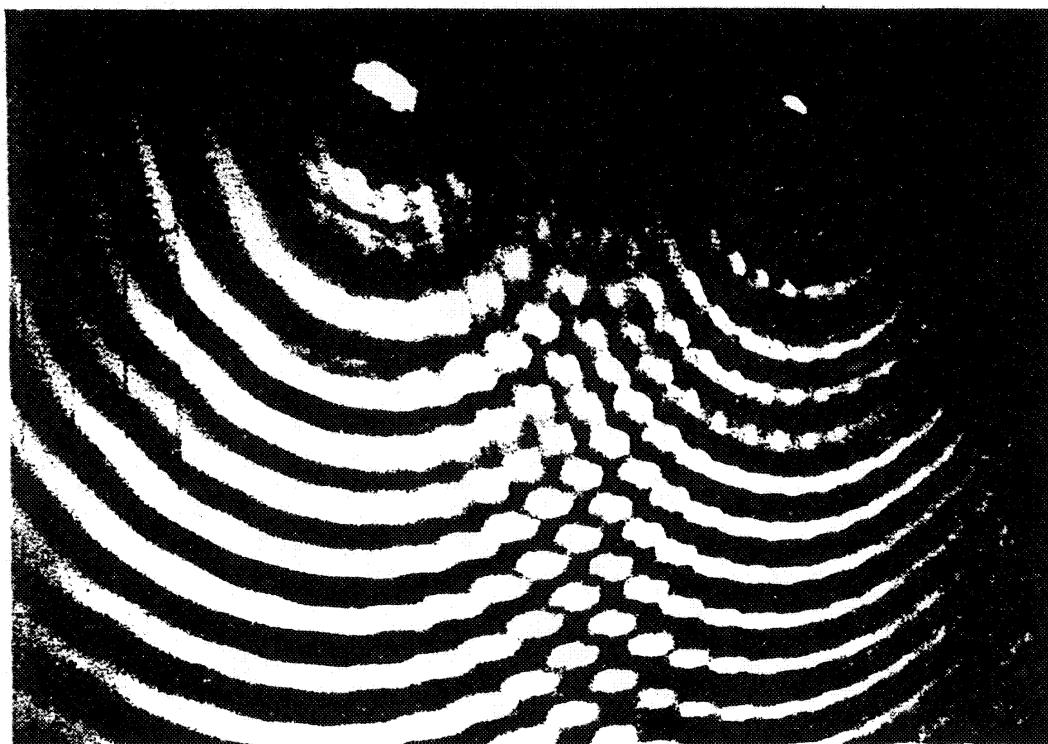
圖十九：



圖二十：



圖二十一：



- 評語：
1. 利用水波陰影明暗計數波數並從而求得波速，頗有創意。
 2. 能在實驗中，繼續改進其效果。精神可嘉。
 3. 能以電腦模擬，配合實驗且學生操作純熟，顯示技能甚佳。
 4. 合作良好，為一有組織之研究。