

## 實驗八 水波的傳遞

### 一、目的：

為了解水波的傳播性質，我們利用水波槽產生水波加以觀察。

### 二、原理：

#### (一)圓形波和直線波：

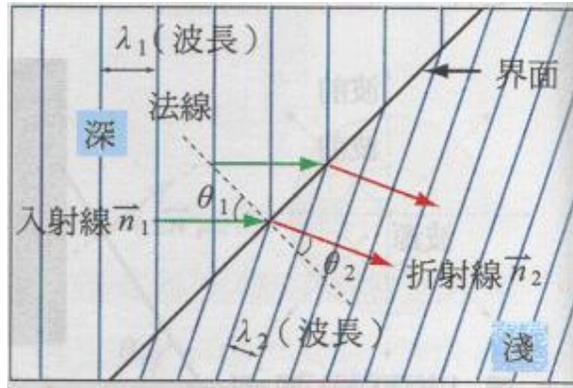
水波槽裝置如圖，透明玻璃上置有一光源，盤座下方有一面鏡子可將影像反射至觀察的屏幕，產生水波後，燈光可將塑膠盤中產生的水波投影到屏幕上。若水波槽水面平靜無波時，屏幕上的亮度並無明暗的差別；但一旦水波產生，鼓起的波峰如同凸透鏡，會將燈光聚而形成亮紋；而凹下的波谷形同凹透鏡，會將燈光發散而形成暗紋；這時屏幕即可見明暗交替的同心圓曲線或直線，端看起波器產生的是圓形波或直線而定。

#### (二)水波的反射和折射：

水波會遵守反射定律(law of reflection)，也就是說：入射角等於反射角。而水波在不同深淺區傳播，深水區波速較大，淺水區波速較小，在兩區的界面(interface)行進的方向也不同。如圖，圖中藍線表波谷形成的波前，黑線則為兩區的界面，入射線  $n_1$  和界面法線的夾角  $\theta_1$  為入射角，水波經界面進入淺水區後，折射線  $n_2$  和界面法線的夾角  $\theta_2$  為反射角，經由實驗觀察後，會發現水波在通過深淺區之界面時，會遵守波的折射定律(law of refraction)，即

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} \quad (1)$$

$v_1$  為深水區裡水波傳遞的速度； $v_2$  為淺水區裡水波傳遞的速度。



### (三)水波的繞射和干涉：

當狹縫寬度小於或略大於直線波波長，直進的水波穿過狹縫後，進行的方向會有所改變而擴散成圓形波，這種波會發生繞過障礙物轉彎前進的現象，稱為繞射(diffraction)。當狹縫寬度調大，將發現波的繞射現象較不明顯；如果狹縫寬度非常大，水波則直接穿過，依然是維持直線波。

若直線波經過雙狹縫(狹縫寬度小於或略大於直線波波長)，這兩個小開口會產生同調(coherence)的兩個點波源，各以圓形波同步地向前傳播，結果會形成干涉波形。

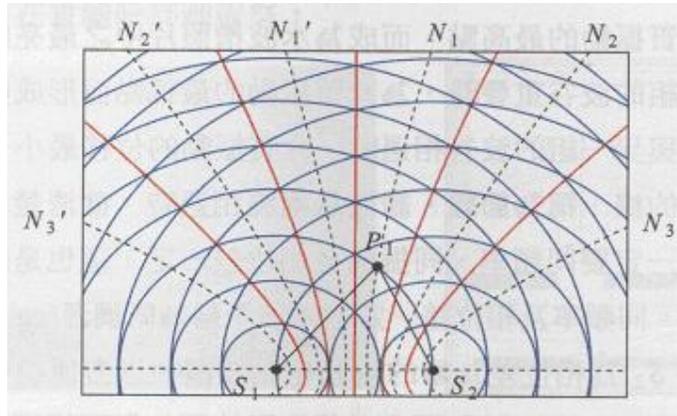
如圖，是以  $S_1$  及  $S_2$  為圓心(代表點波源)做兩同心圓，每一圓弧代表所發出水面波的波峰，相鄰兩同心圓所形成空間的中點即為波谷。因兩波源完全同步，所以  $S_1$  及  $S_2$  對應半圓的半徑均相等。而每條紅色實線恰好通過波峰與波峰、波谷與波谷重疊處，所以紅色實線代表介質振動位移最大的位置。而每條灰色虛線乃為波峰與波谷的重疊處，所以灰色虛線上介質的振動位移為零，也就是水面波干涉後的節線。

而紅色實線的部分為建設性干涉，其發生條件為

$$|\overline{PS_1} - \overline{PS_2}| = n\lambda \quad , \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

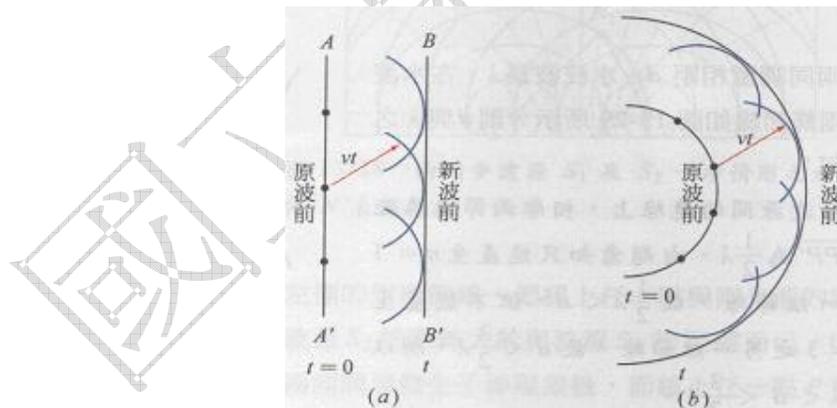
而灰色虛線的部分為破壞性干涉，其發生條件為

$$|\overline{PS_1} - \overline{PS_2}| = \frac{n\lambda}{2} \quad , \quad n = 1, 3, 5, \dots \quad (3)$$



#### (四) 海更士原理(Huygens' principle)：

海更士認為波動中一波前的任一點均可視為新的點波源，此等點波源將產生次一球面子波(wavelet)，而構成一新波前，此新波前即為眾多子波構成的切面，稱為包跡(envelope)，如圖所示，而此新波前又再次產生甚多子波而構成次一新波前。如此繼續不斷，即可形成波的傳播。此即為海更士原理(Huygens' principle)。從海更士原理可了解到波何以能產生繞射，狹縫縫隙處之波前任一點均可視為一點波源，發出球面波而可向前方的任一方向傳播，而使水波產生行進方向轉彎的繞射現象。而海更士原理還可用來解釋水波的反射和折射。



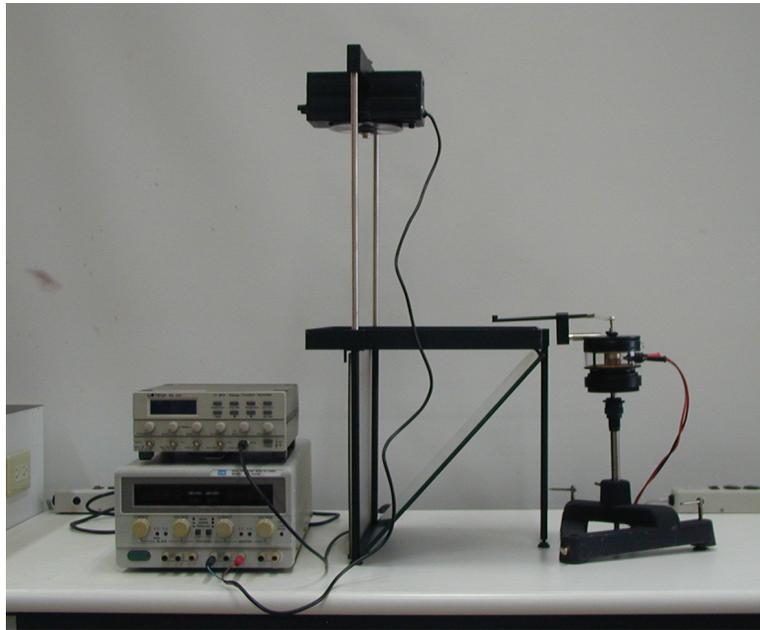
#### 三、 儀器：

水波槽實驗組、頻率產生器。

#### 四、 步驟：

##### (一) 點波源與長直起波：

1. 實驗裝置如圖一，在起波器上裝上點波源。
2. 啟動訊號產生器。
3. 調節波的頻率至與 knurled screw 閃光的頻一致，把條紋圖形固定住，以便觀察。(利用數位相機記錄圖形)
4. 從投影在屏幕上的波紋，量出行進波的波長，利用得知的頻率和波長計算出波速。
5. 在起波器上換裝為長直板，接著重覆步驟 2~5。



圖一 實驗裝置圖

### (二) 在不同深度的水波傳遞：

1. 在起波器上裝上長直板。
2. 在水波槽中直放置梯形壓克力板(直放：斜面朝向波源處)。
3. 啟動 frequency sensor。
4. 節波的頻率至與 knurled screw 閃光的頻一致，把條紋圖形固定住，以便觀察。(利用數位相機記錄圖形)
5. 從投影在屏幕上的波紋，量出行進波的波長(放置壓克力板處及沒有放置壓克力板處)，利用得知的頻率和波長計算出波速。
6. 比較波速在深水中的傳遞速度與淺水中的差異。
7. 把梯形壓克力板橫放(橫放：兩平行面朝向波源處)，重複步驟 3~5。
8. 討論壓克力板接面處所發生的折射條紋。

### (三) 水波的干涉：

1. 在起波器上裝上長直板。
2. 啟動訊號產生器。

3. 調節波的頻率至與 knurled screw 閃光的頻一致，把條紋圖形固定住，以便觀察。(利用數位相機記錄圖形)
4. 從圖形探討兩波源所產生的干涉圖形。

五、問題：

1. 試利用海更士原理解釋水波的反射定律。
2. 試利用海更士原理推導水波的折射定律。

六、討論：

