

# 物質波振動綜合實驗箱

## 一. 實驗目的：

1. 觀察繩的駐波。
2. 觀察彈簧疏密波。
3. 觀察不同長度平板金屬條駐波。
4. 觀察封閉金屬圓環駐波。
5. 觀察克拉德尼圖形。

## 二. 實驗原理：

波傳遞可分橫波與縱波，橫波是質點運動方向垂直於傳播方向的波；縱波是傳播方向平行於質點運動方向的波。一維中，材質均勻的弦，做橫波運動，則弦上會有波動沿著弦不停的傳播，而波上最高點稱為波峰，最低點稱為波谷，個相鄰波峰或波谷間的距離稱為波長 $\lambda$ 。若振盪頻率為 $f$ ，波的運動速度為 $V$ 。則

$$V = f\lambda \quad (1)$$

而且弦的運動速度 $V$ 與弦所受張力 $T$ 和每單位長度弦的質量密度 $\rho$ 二者有下列的關係：

$$V = \sqrt{\frac{T}{\rho}} \quad (2)$$

由式(1)(2)得，

$$f = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{T}{\rho}} \quad (3)$$

若弦長或張力適當的話，兩相同而方向相反的波會形成駐波。

$$\lambda = \frac{2}{n} \ell \quad (4)$$

( $n$ 表形成駐波的段數(即半波數)， $\ell$ 表弦長，)

由(3)(4)式，則為

$$f = \frac{n}{2\lambda} \sqrt{\frac{T}{\rho}} \quad (5)$$

二維波動中，請同學自行查閱波動學原理及波動方程式與綜合波的疊加原理等，以利在本實驗(二)克拉德尼實驗組中，觀察出有趣的圖形。

### 三. 實驗儀器：

物質波的振動綜合實驗儀器列表					
編號	儀器名稱	數量	編號	儀器名稱	數量
1	波動產生器	1	2	音頻擷取器	1
3	細砂	1	4	連接導線	1
5	電源供應器	1	6	四方形實驗版	1
7	圓形實驗版	1	8	附掛鉤接頭	1
9	彈簧	1	10	滑輪附支架	1
11	附插削金屬條(六種尺吋)	1	12	附插削金屬圓環	1
13	鋁製C型夾	1	14	線組	1
15	輕砝碼	2	16	鋁合金保管箱	1
17	附插削鉤	1	18	插削接頭	1

物質波的振動綜合實驗儀器對照圖

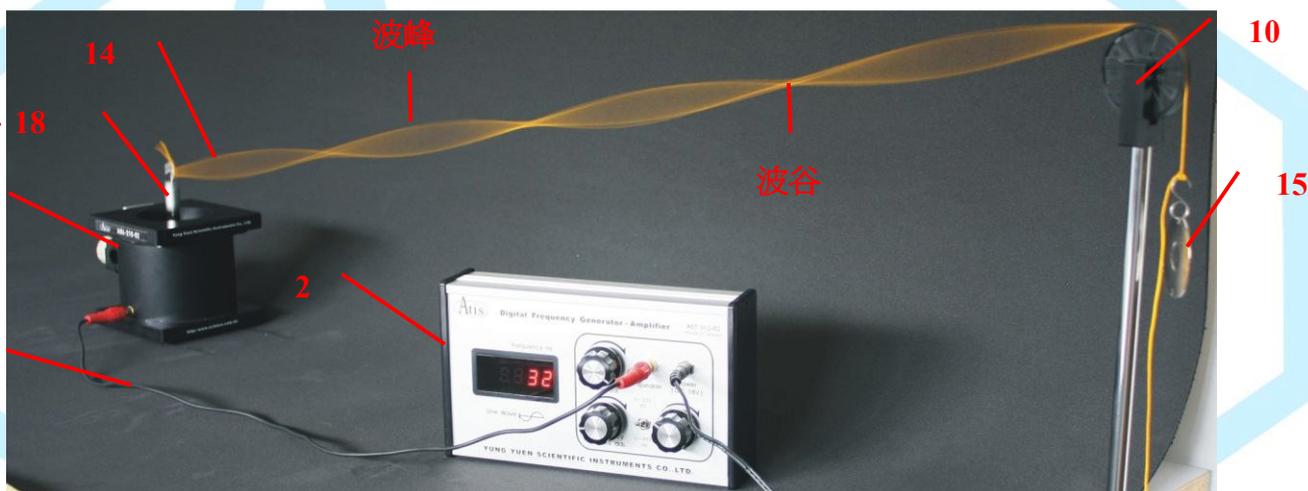




圖(一) 音頻產生器操做說明

#### 四. 實驗方法和步驟：

##### 1. 繩的駐波



圖(1-1) 繩的駐波實驗圖

實驗裝置如上圖(1-1)，根據儀器編號組裝，其中音頻產生器說明如上圖(一)。

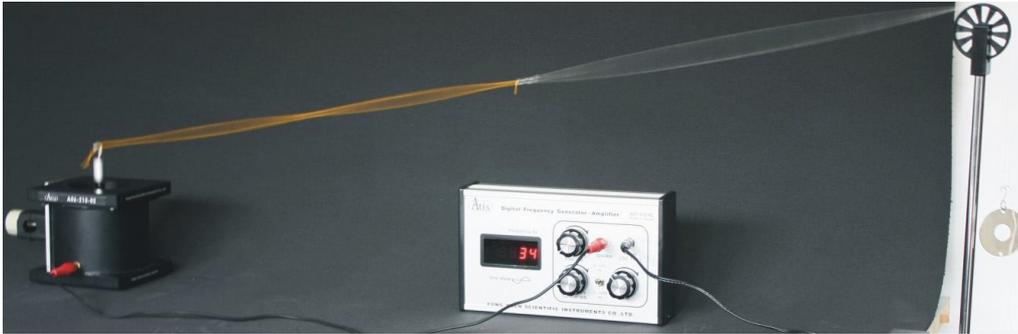
一受張力  $T$ ，質地密度  $\rho$  均勻的弦長  $\lambda$ ，一端經由滑輪懸掛砝碼，一端使其上下振動其頻率  $f$ ，則會有波動沿著弦連續傳播如上圖。而弦上粒子點振動方向與波動傳播方向垂直，此稱橫波。波上振動最大最高點稱波峰，不動點為波谷(也稱波節)，兩個相鄰的波峰或波谷為一半波長  $\lambda/2$ 。根據實驗原理公式(5)，當駐波形成其條件為：

$$\lambda = \frac{2}{n} \lambda \quad , \quad f = \frac{n}{2\lambda} \sqrt{\frac{T}{\rho}}$$

(n：駐波數)

試找出各不同駐波數的振動頻率，試算出波長，並討論繩在水平與非水平狀態下，駐波形成有何不同。

實驗延伸，將兩條不同密度的繩連接如下圖(1-2)，試找出駐波時的頻率，並式推算出波長。



圖(1-2) 不同密度繩的駐波實驗圖

## 2. 彈簧駐波

安裝方式為：

- (1) 先將附掛鉤接頭裝上滑輪附支架，支架再穿過波動產生器側面零件固定夾中並用旋緊螺絲鎖上。(如圖 2-1)
- (2) 將插削接頭裝設在波動產生器上，再裝上附插削鉤。

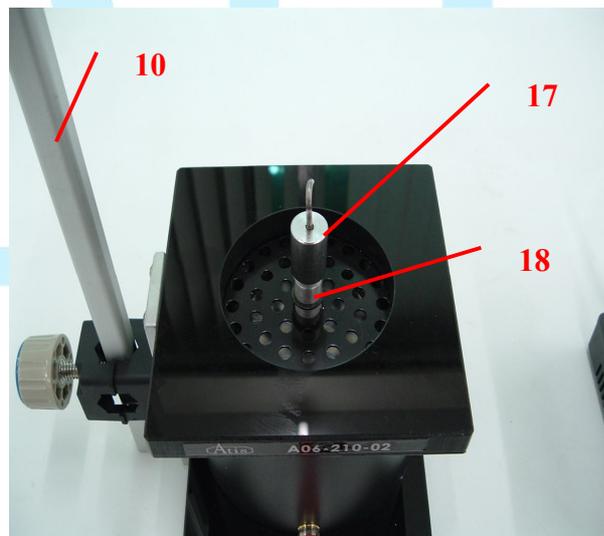
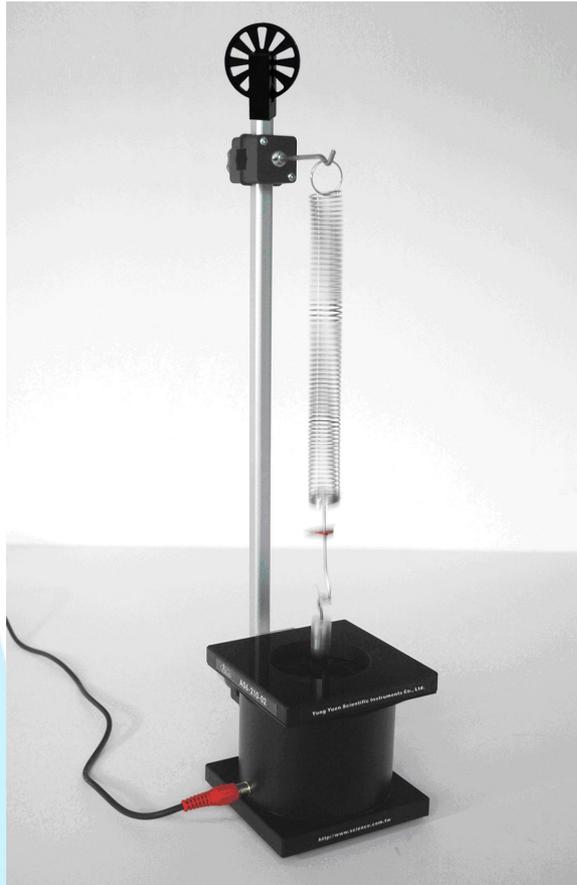


圖 2-1 實驗裝置圖

- (3) 最後把彈簧固定在兩掛勾間，更換不同的頻率，產生的駐波會有變化。(如圖 2-2)

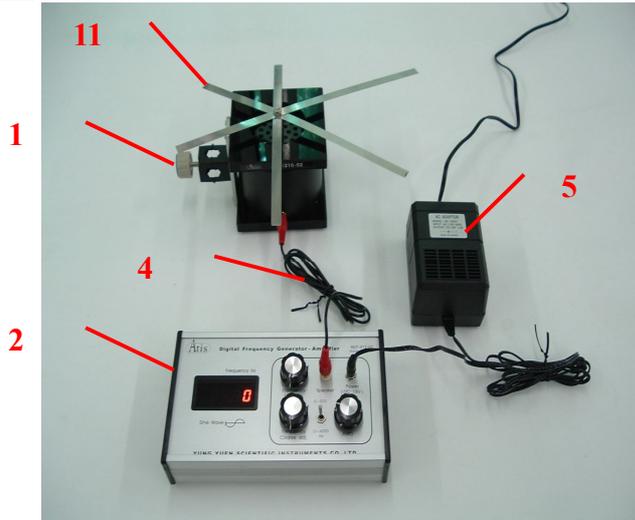


圖(2-2) 彈簧駐波實驗圖

觀察彈簧在實驗中的疏密點，固定高度，改變振動頻率，彈簧會因頻率的不同而產生不同段數的共振。在同頻率，而高度不同時，駐波數也不相同，那麼波速呢？請試說明相關解釋。

## 2. 平板金屬條共振駐波

將實驗裝置如下圖 3-1 放上平板金屬條。更改音頻頻率，六條不同長度的金屬條分別產生振動，結果如圖 3-2。



圖(3-1) 平板金屬條共振駐波裝置圖



圖(3-2) 金屬條共振駐波圖

#### 4. 封閉金屬圓環駐波

將實驗裝置如圖 4-1 插上金屬圓環, 會因不同的頻率而產生不同段數的共振如下圖 4-2。



圖(4-1) 封閉金屬圓環駐波實驗裝置圖

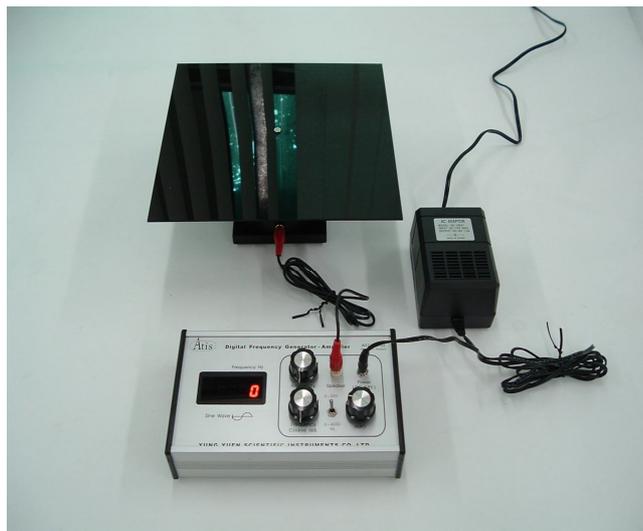


圖(4-2) 圓環駐波實驗圖

#### 5. 克拉德尼圖形

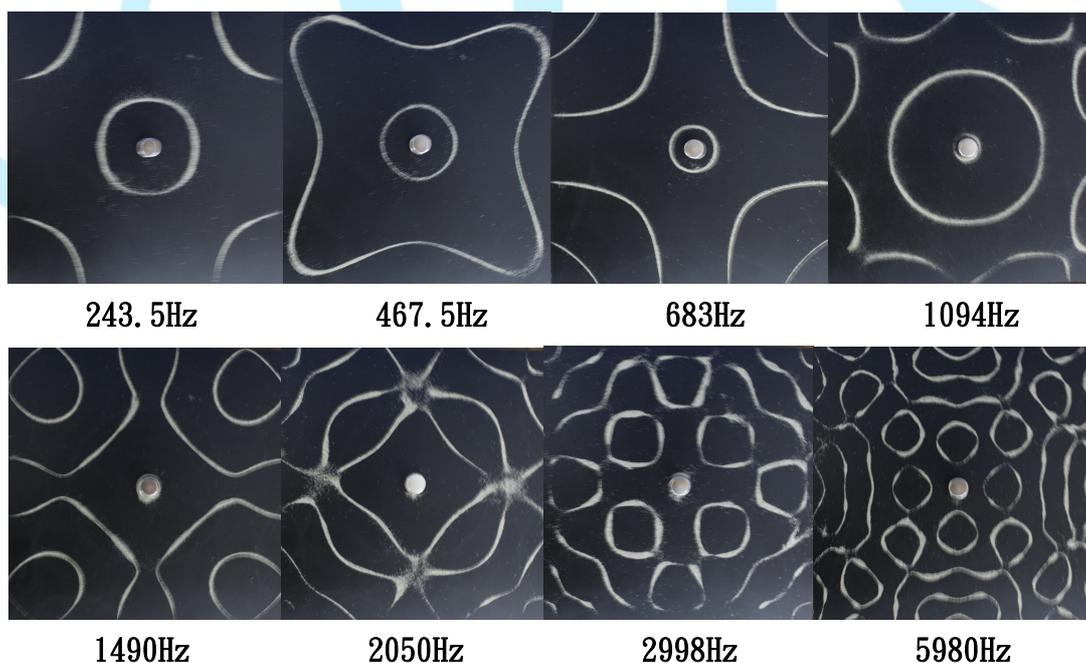
##### 5-1 四方板觀察共振圖形

此實驗將會有有趣的結果出現, 一維弦在共振頻率振動時, 會出現不動的節點與振動幅度大的波腹, 而形成駐波。二維的平面振動, 即二維介質中的波動傳播, 將會產生出更多樣複雜化的二維駐波圖案, 例如金屬平板或鼓皮振盪所產生的多樣化駐波圖案。



圖(5-1) 克拉德尼實驗裝置圖

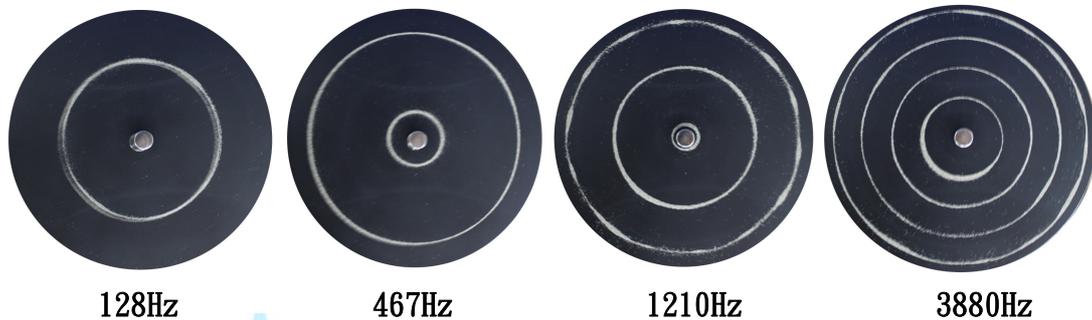
實驗裝置如下圖(5-1)，將固定尺寸的方形鋁板中心插削插入波動產生器，電源供應器連接上音頻產生器(音頻產生器無開關，插入電源線後即開機)，由中心點振動，若振動的平板具有均勻的密度且對稱的形狀，則給予平板穩定特定頻率的振動，當倒入細砂時可觀察到細砂會停留在沒有振動幅度的節點集合上，我們可以稱為節線。而不在節線上的細砂會隨著波動的振盪持續跳動，直到細砂彈跳到節線處，並將停留在節線上，產生有趣的圖案，即是克拉德尼圖形，當施予的波動頻率改變，而將呈現各種不同的對稱圖案，如下圖(5-2)。



圖(5-2) 方形之克拉德尼圖案

5-2 圓形板觀察共振圖形

實驗架設方式和四方板相同，只是將四方板更換為圓形板。不過圓形板所呈現的圖形為同心圓。如下圖(5-2)



圖(5-1) 圓形之克拉德尼圖案

### 五. 實驗問題與討論：

1. 試簡單說明波速  $v$  與張力  $T$  和波速  $v$  與線密度  $\mu$  的關係。
2. 為什麼四方形板能產生很多種共振圖形，圓形板只能有同心圓？
3. 平行金屬條實驗中，金屬條長度和振動頻率有何相關？
4. 若將封閉金屬圓環半徑加大或縮小，結果是否會有影響？
5. 彈簧產生駐波的頻率和彈簧彈性係數是否有關？