

# 力學波振動實驗組

## 一. 實驗項目：

### 一、金屬條環與軟彈簧實驗組

1. 由不同長度平板金屬條探討一維橫波之駐波。
2. 觀察封閉金屬圓環駐波。
3. 利用軟彈簧觀察一維疏密波。

### 二、克拉德尼實驗組

4. 觀察二維共振的克拉德尼圖形。


### 三、弦的共振實驗組

5. 探討繩波共振時的傳播速率、線張力與線密度之間的關係。

## 二. 實驗儀器：

實驗儀器列表					
編號	名稱	數量	編號	名稱	數量
1.	頻率實驗數據擷取器	1	2.	連接導線	5
3.	U型底座	2	4.	鐵棒	4
5.	振動產生器	1	6.	附插削金屬片	1
7.	附插削金屬圓環	1	8.	附接頭掛鉤	1
9.	附鉤插削	1	10.	串接頭插削	1
11.	軟彈簧	1	12.	圓形鋁板	1
13.	方形鋁板	1	14.	細沙	1
15.	待測組線	1	16.	鐵棒串連接頭	2
17.	附接頭單臂	2	18.	附接頭彈簧秤	1
19.	附接頭單滑輪	1	20.	附接頭雙滑輪	1
21.	LED 閃光燈	4			

實驗儀器列表對照圖

				
1.	2.	3.	4.	5.
				
6.	7.	8.	9.	10.
				
11.	12.	13.	14.	15.
				
16.	17.	18.	19.	20.
				
21.				

### 三. 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，)

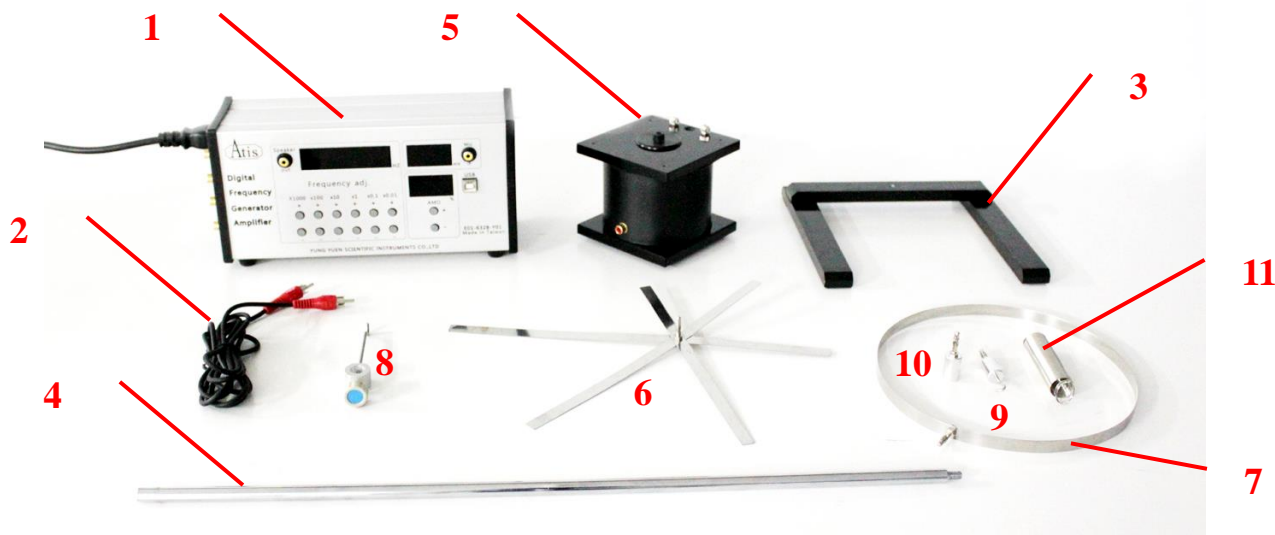
由(3)(4)式，則為

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

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。

# 一、金屬條環與軟彈簧實驗組

實驗儀器圖示組：



(一)金屬條環與軟彈簧實驗組圖列

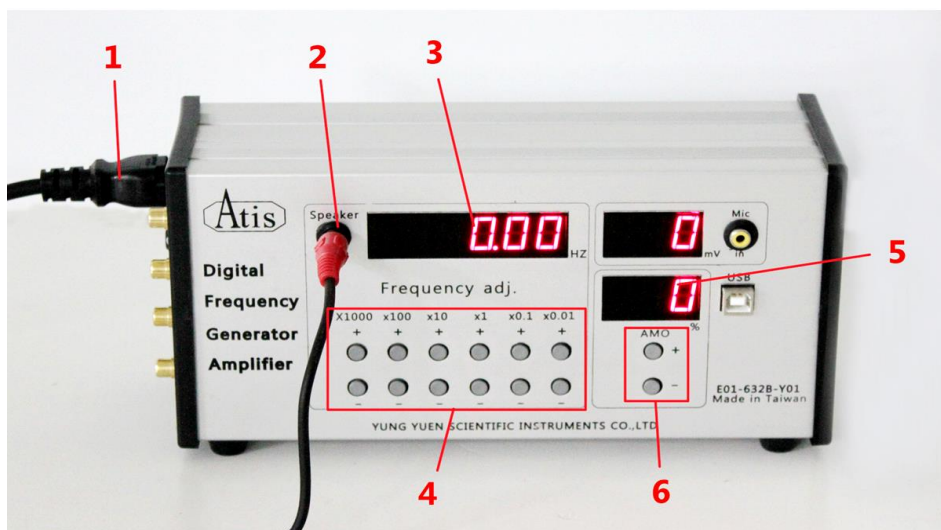


圖 1 對照頻率實驗數據擷取器列表

頻率實驗數據擷取器功能列表			
編號	名稱	編號	名稱
1	電源端	2	音波連接孔
3	頻率顯示器	4	頻率調整按鈕列(十進位)
5	振幅顯示器	6	振幅調整鈕

## 四、實驗方法

### 實驗 4-1. 平板金屬條共振駐波

實驗裝置如下圖 2，插上附插削金屬片，連接頻率實驗數據擷取器(說明依據圖 1)，調整振幅至約 25%，在依觀察需求適當調大，由小至大更改振動頻率，六條不同長度的金屬條分別各自在不同頻率實產生共振駐波(如下圖 3)。觀察不同長度的金屬條，試說明金屬條狀的駐波和諧波現象，並探討其長度、共振頻率以及圖形間的關係。

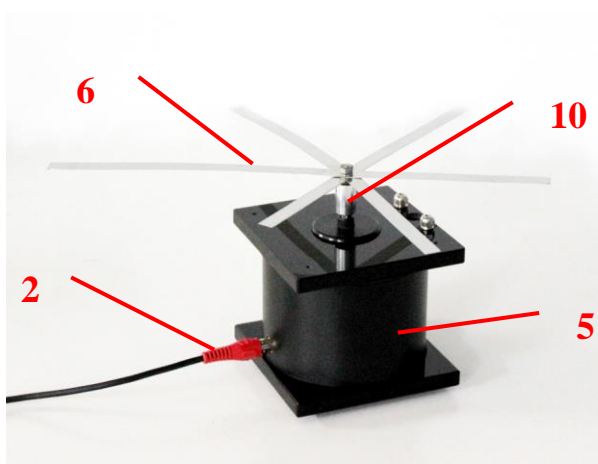


圖 2 六種尺寸之共振駐波裝置圖



圖 3 金屬條共振駐波圖

### 實驗 4-2. 封閉金屬圓環駐波

將實驗裝置換上附插削金屬圓環，如下圖 4，觀察在不同頻率時，金屬圓環會因不同的頻率而產生不同段數的共振(如圖 5)，並與電子物質波原理：波爾原子模型，做比較。



圖 4 金屬圓環的裝置圖



圖 5 金屬圓環之共振駐波圖

### 實驗 4-3. 彈簧駐波

實驗裝置如下圖 6，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。

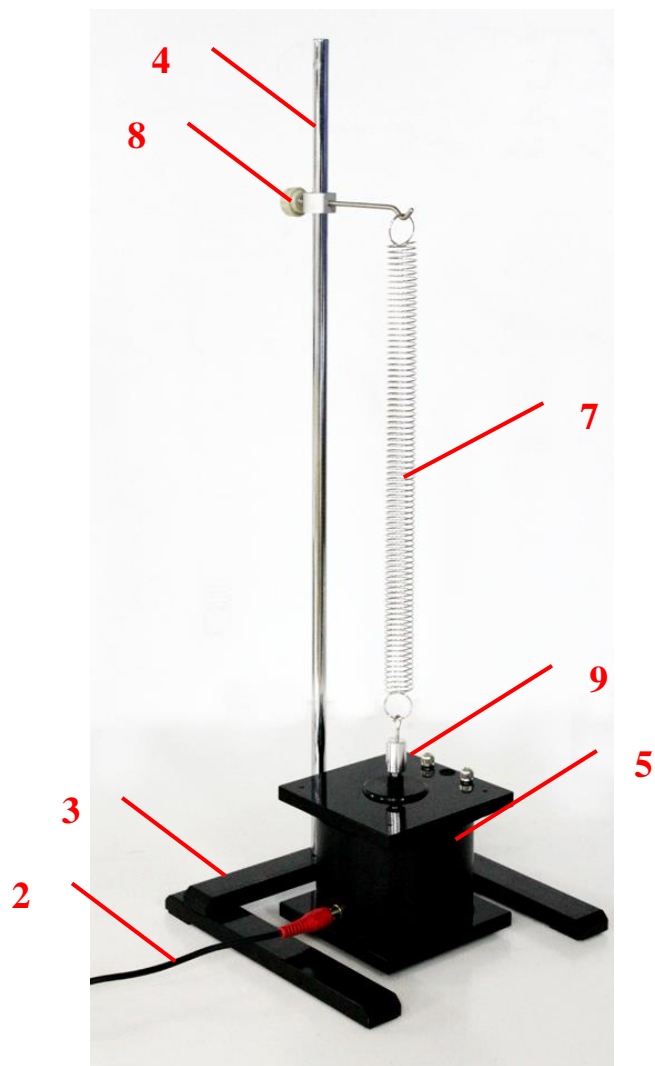
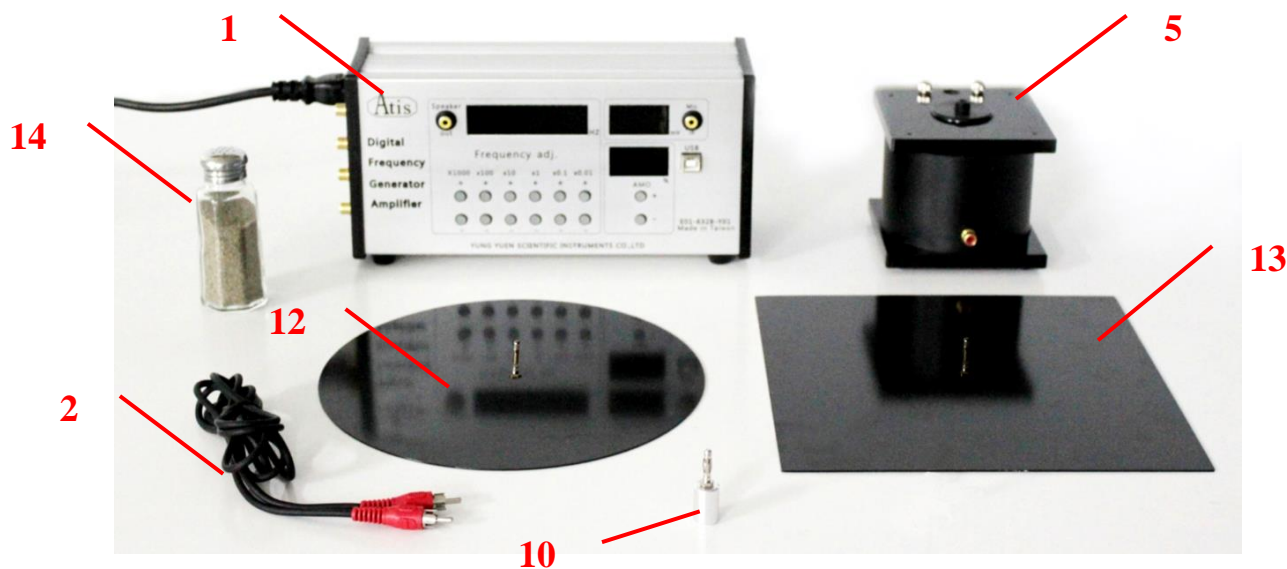


圖 6 軟彈簧實驗裝置圖

## 二、克拉德尼實驗組

實驗儀器圖示組：



(二) 克拉德尼實驗組圖列

### 實驗 4-4-1. 觀察方形鋁板共振之圖形

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。

固定尺寸的方形鋁板由中心點振動，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，此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。

實驗裝置架設如下圖 7 所示(實驗啟動之前，應先閱讀過注意事項。)，裝置由下往上依序將附插削接頭插入振動產生器的插削孔，再插上附插削螺然後放上方形鋁板，最後鎖上附插削帽，接上頻率實驗數據擷取器，再方形鋁板平均倒入一些實驗細砂，開啟頻率實驗數據擷取器電源，先將振幅調至約 20%，再調整頻率，則方形鋁板上會因共振產生圖形，而改變不同的頻率會出現不同的圖案。實驗圖案如下圖 8 之圖形。

注意事項：

1. 本實驗需在水平面上操作，否則克拉德尼圖形會不完美。
2. 在倒入實驗細砂之前，可將實驗裝置放在淺盤上，接取掉漏的細砂，以便實驗後之收使。裝置前須將方(圓)形鋁板表面清潔乾淨。細砂倒入之方法，以少量多次平均灑入鋁板上，當在某一固定頻率時才隨之增加細砂，圖案便會漸漸清晰。
3. 實驗頻率之調整幅度不可過快過大，實驗頻率範圍約 100Hz~6kHz，過高的頻率會出現複雜且不清晰的共振圖案，不適觀察。
4. 振幅的調整，依實驗過程需求適度調整大小，注意振幅過大，細沙會因跳動過大而掉出鋁板之外，造成不易觀察。



依序由下圖 1~3，組裝順序下至上



圖 7 方形鋁板實驗組裝圖



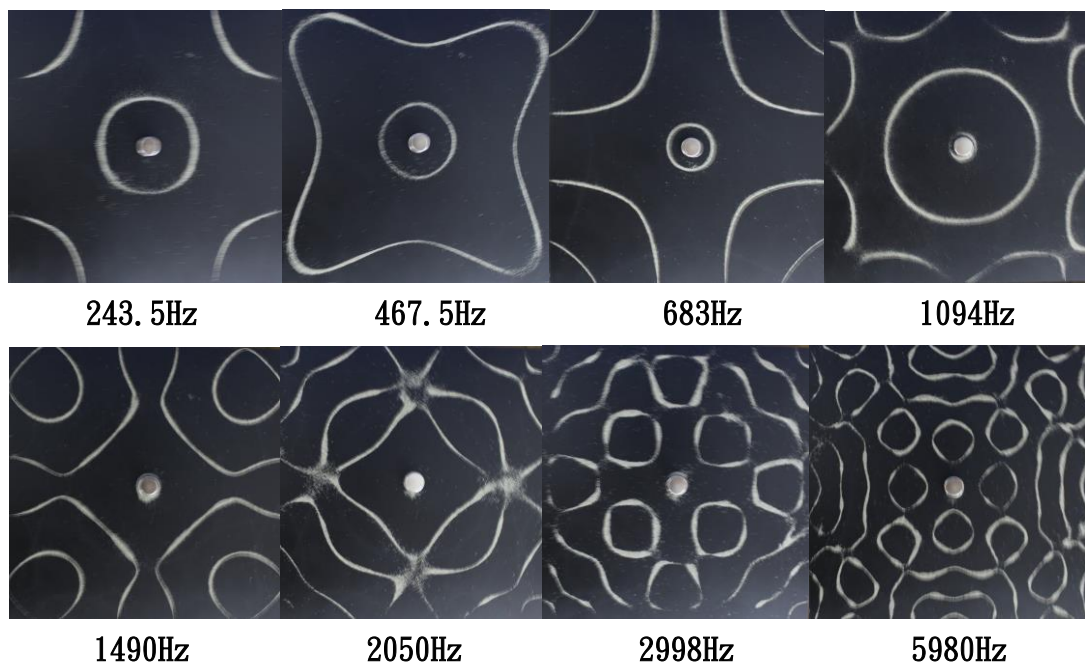


圖 8 方形之克拉德尼圖案