

## ● 實驗名稱

一維駐波與二維共振的克拉尼圖案

## ● 實驗目的

在實驗中將觀測繩線、金屬環及彈簧的共振現象，及力學波在不同形狀之金屬平板上的駐波行為—克拉尼共振圖形，並探討產生駐波共振所需的條件

## ● 實驗儀器及架設方塊圖

振動儀、彈簧、信號產生器、不同長度之鋁製金屬長片組 金屬線環 鋁製平板

桌邊支撐夾具（含鋼棒、固定器）、滑輪（含支架）、

專用細沙(砂)：一瓶，觀察二維克拉尼共振圖案用。

灑砂瓶：觀察二維克拉尼圖形共振用。

細砂收集箱、電子天平(共用)

## ● 原理與分析方法

根據牛二定律，波於線(介質)上的速率為

$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

其中  $v$  為波速(m/s)， $T$  為繩之張力(N)， $\mu$  線密度(N/m)。

而波速又可轉換成頻率和波長的積，其公式為

$$v = f * \lambda$$

駐波波長(兩端皆為固定端)的公式為

$$L = n * \frac{\lambda}{2} (n \text{ 為自然數})$$

其中  $L$ (m)為線的長度， $\lambda$ (m)為此駐波的波長，而  $n$  則代表著線上的節點總數個數-1。

因此，我們可藉由觀察線上節點數來得知駐波的波長，而加上頻率可以間接得知波速。

## ● 步驟大綱

實驗 7-A：一維橫波弦振盪與其駐波共振

A. 固定線密度  $\mu$ ，測量波速  $v$  與繩線所受之張力  $T$  間的關係

B. 固定張力  $T$ ，測量波速  $v$  與振盪繩線之線密度  $\mu$  間的關係

自取一段線密度均勻的繩線，測量繩線的總長度，並以電子天平稱量繩線的質量，並根據此兩數據，計算繩線的線密度(linear density)  $\mu$ 。

1. 架設實驗裝置，在弦線的垂直尾端懸掛上質量約 100 g 的砝碼，此重量求算繩線所承受的張力(Tension)  $T$  大小。

2. 開啟信號產生器的電源，調整信號的振幅大小到適當值，慢慢增加頻率。找出至少 4 個不同的共振頻率，並記錄因共振效應所產生的駐波圖形。分別記錄下駐波的節點數目、節點

位置、波腹位置、駐波的波長  $\lambda$  和共振頻率  $f$ 。

3. 根據上述所得的實驗數據，計算振動波的傳遞波速  $v$ 。

4. A. 改變砝碼重量共 5 次，每次增加 50 克的砝碼重量，重複上述步驟

(B. 更換 2 種不同線密度的線)

5. 請繪出「波速  $v$ 」和與「繩線之張力  $T$ 」間的各種可能關係圖，同時並用 MS Excel 軟體中的最小平方誤差迴歸法(Least-square-fitting regression method)求算此關係式。比較兩種方式所得的結

#### 實驗 7-B 金屬長條片的橫波振盪

1. 測量金屬共振條(片)組上每一片金屬片的精確長度和寬度。

2. 旋轉六條金屬共振片的角度，使它們彼此之間的角度相同

3. 將波形信號產生器的信號輸出端連接至振動儀的信號輸入，緩慢地增加振動信號的頻率，記錄下當金屬片尾端振盪振幅最大時的頻率

4. 根據所測得的數據，畫出金屬共振片的長度和共振頻率的關係圖，並推導兩物理量間的關係式。探討實驗所得的關係圖和關係

5. 改變六條金屬共振片彼此之間的角度，使它們彼此之間不再具有相同的角度，觀察角度對共振現象的影響。

#### 實驗 7-C 環型駐波振盪與電子軌道運動

1. 將金屬線環架設在振動儀的驅動臂上。

2. 啟動振動儀，緩慢增加震動的頻率，觀察在線環產生駐波時的振動頻率並記錄下駐波的共振頻率及對應的節點數目。

3 重複步驟 2，求取不同節點數的四組數據。

#### 實驗 7-D 彈簧縱波振盪

1. 將彈簧的一端穿過香蕉型接頭上的洞口，使之鉤掛在香蕉接頭上。

2. 將彈簧的另一端以環狀支撐物或其他支撐物上，垂直地懸掛起來，並使彈簧繩長約 30~60 公分

3. 設定振動波的頻率為 10 Hz 與振幅約 0.1 公分，啟動振動儀後再慢慢增加頻率，。當彈簧達到共振現象時，可能需要調低驅動波的振幅

4. 畫出節點數與共振頻率的關係圖，將所得之結果與理論作詳細的比較與分析

5. ，改變 4 次不同的彈簧伸長長度

#### 實驗 7-E 二維共振之克拉尼圖形

1. 將 24 x 24 cm<sup>2</sup> 正方形鋁製平板上的香蕉插座直接插入位於驅動器上之驅動臂的香蕉型接頭上，使克拉里尼平板連接到驅動器的傳動軸上。

2. 以水準儀校正克拉里尼平板的水平並使用撒砂瓶將細砂均勻地撒於克拉里尼平板上

3. 將信號產生器的輸出信號連接至振動儀，並開始啟動信號產生器送出信號

4. 另取圓形金屬平板和小提琴型平板，重複步驟

5. 方形金屬平板上不均勻的受力點或定點的特殊張力對共振頻率與駐波圖形的影響觀測

6. 觀測圓形金屬平板上不均勻的受力點或定點的特殊張力對共振頻率與駐波圖形的影響

7. 當振盪波動係經由偏離圓心的位置(off-center position)傳送到圓形金屬平板時，觀測圓形金屬平板之共振頻率與駐波圖形的變化