

## Lab view 共振實驗

科學背景:

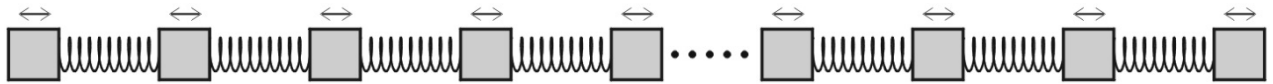
當不同物體受到敲擊時通常會產生不同的聲音，因此我們常能透過聲音就可以知道發出聲音的是黑板、木桌還是木筷子。鐵筷子跟竹筷子的聲音不同，大玻璃杯跟小玻璃杯發出的聲音也不一樣。這些聲音其實對應著物體的多種特定振動頻率，而這些頻率與物體的尺寸、形狀、材質等因素都有關。

以一個最簡單的振動模型來說明，當一個質量為  $m$  的積木連接一個彈力常數為  $k$  且質量可忽略的彈簧時(如右圖)，此系統只有一個振動頻率，這樣的簡單振盪我們稱其為簡諧運動 (Simple Harmonic Motion, SHM)。其振動頻率

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

不論是系統的彈性特性  $k$  或質量特性  $m$  改變，都能影響它的振動頻率  $f$ 。因此藉由觀察此“固有頻率”  $f$  的改變，也可以探究物體的彈性或質量的變化。

如果將許多這樣的積木-彈簧串在一起，則能形成一個具有密度又有彈性的“棒子”，如下圖。棒子可視為由無數積木-彈簧所構成，而棒子的質量特性(密度)與彈性特性同樣會影響振動的頻率。



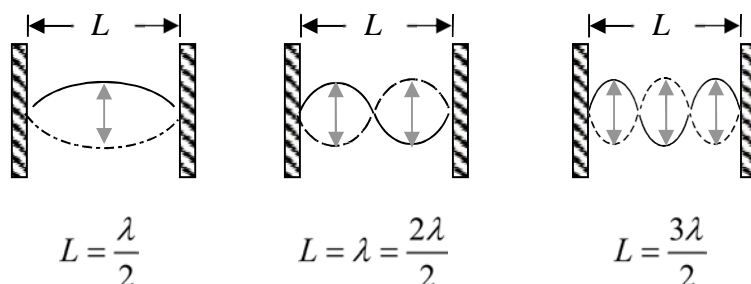
對於像棒子這樣的連續物體，我們通常改用“波”的概念來描述振動在物體上的傳遞。波在棒子上的傳遞速率  $v$  與棒子的質量特性(密度  $\rho$ )及彈性特性(楊氏係數  $Y$ )有關。當振動的方向與波前進的方向平行時，稱為縱波。其波速為

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

如果波是在繩子上傳遞，繩子振動的方向與波前進的方向垂直時，稱為橫波。其傳遞速率  $v$  與繩子的線密度  $\mu$  及張力  $T$  有關，關聯為

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

傳遞的波遇到邊界(例如繩子或棒子末端)時，會產生反射。如果某一個波長為  $\lambda$  的波在兩端被固定的繩子上傳遞，遇到繩子末端時往回反射，則當繩子長度  $L$  是波長  $\lambda$  的半整數倍時(即  $L = \frac{n}{2}\lambda$ ,  $n = 1, 2, 3 \dots$ )，在繩子兩端來回反射的波能產生建設性干涉，使波的能量累積在繩子上並產生駐波，此現象稱共振(Resonance)。



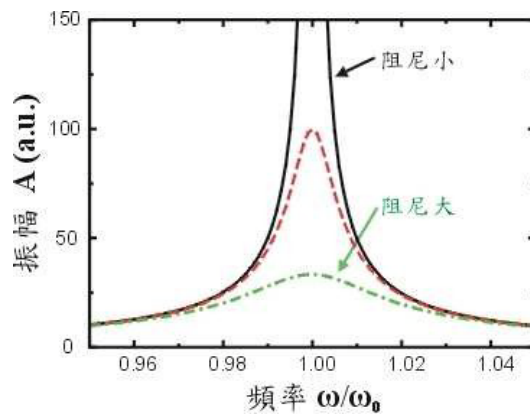
兩端被固定的繩子的駐波條件示意圖。

由於波在繩上的速率  $v$  為振動頻率  $f$  乘以對應的波長  $\lambda$ ，即  $v = f\lambda$ ，因此共振時的頻率

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{1}{2L/n} \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}, n = 1, 2, 3, \dots$$

亦即兩端被固定的繩子的共振頻率(Resonance Frequency)是基本共振頻率的整數倍。不同形狀的物體，由於邊界條件的不同，共振頻率的特徵也不盡相同。例如一端被固定而另一端能自由振動的棒子，共振波長  $\lambda$  與棒子長度  $L$  的關係為  $L = \frac{n}{4}\lambda$ ， $n = 1, 3, 5, \dots$ 。

如果從物體外部送入某一個頻率的振動，此振動頻率  $f$  若接近物體的某個共振頻率，則物體會產生共振現象，並且使物體的振動幅度變大。下圖為一個質量  $m$ ，彈力常數  $k$  的簡諧振盪系統的共振曲線(Resonance Curve)，亦即振幅  $A$  隨振盪頻率  $\omega$  的變化。



共振曲線(計算模擬)。

從共振曲線圖可知，當外在的驅動頻率  $\omega$  接近共振頻率  $\omega_0$  時，振幅會變大。此外，系統的阻尼越大，共振時的最大振幅越小。此一共振曲線  $A(\omega)$  可由以下方程式描述：

$$A = \frac{F_0/m}{\sqrt{(\omega^2 - \omega_0^2)^2 + \left(\frac{b\omega}{m}\right)^2}}$$

其中， $\omega = 2\pi f$  為振動的角頻率； $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$  為簡諧振盪系統的自然共振頻率； $b$  為系統的阻尼係數； $F_0$  為驅動的外力。相關的物理方程式推導可參考大學物理學中有關強迫振盪(forced oscillation)的章節。

綜合以上所述，物體的共振曲線與振動物體的質量、力常數、阻尼與邊界等等特性有關。當物體受環境或其他物體的交互作用影響而產生共振曲線變化時，也能反過來藉由共振曲線的變化觀察這些環境或交互作用的特性。

實驗目的:

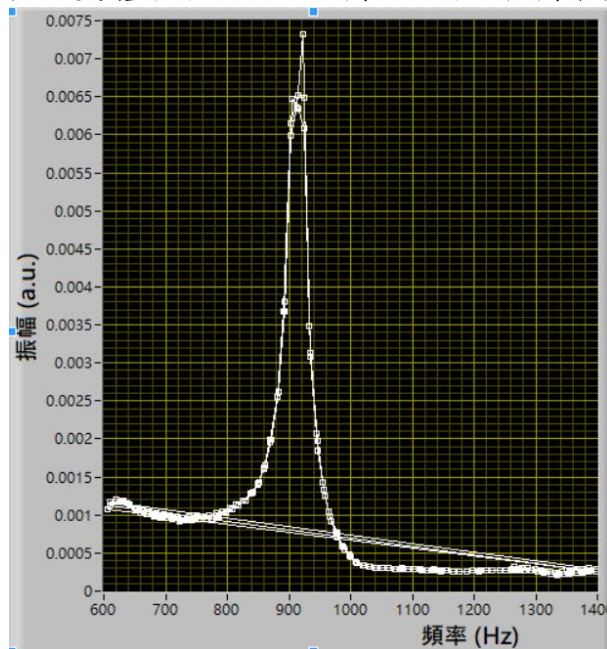
利用音效卡收集壓電陶瓷因為震動所產生的電壓，並同時給另一個壓電陶瓷電壓產生頻率由100~20000的震動，藉此量測物體的共振頻率，並輸出x軸為頻率y軸為振幅的波形。

階段一 有辦法顯示電壓並輸出波形圖。

PS注意60hz雜訊。

階段二 能從電壓訊號中取得頻率和振幅。

階段三 有辦法輸出至波形產生器上面，如圖，並可以從圖中找到共振頻率。



階段四 實驗不同條件下的共振頻率

舉幾個方法:

- 1.不要輸出電壓給壓電陶瓷，衛生紙沾水在杯口畫圓。
- 2.量測空的杯
- 3.在杯子中加水
- 4.隨便拿東西來量(可以拿比較重的東西來試試看)

階段五 有辦法不靠現有程式，直接自己寫輸出掃描電壓給壓電陶瓷。

注意:

1. 嘗試的過程請注意不要讓水潑到自己的電腦或者DAQ。
2. 壓電陶瓷非常容易壞，請勿折到。

## 自動電燈實驗

### 實驗目的:

利用光敏電阻以及回饋控制控制LED燈泡亮暗，模擬天暗時會自動將燈具打開，此外更進一步利用PID回饋中的P Gain回饋使環境亮度維持在同個亮度上，就像手機會因為燈光的亮暗而自動改變背光亮度，使環境亮度維持在眼睛舒適的程度。

### 實作:

階段一 有辦法量測到光敏電阻的電阻值。(請確認好光敏電阻照光時和沒照光時的電阻趨勢)  
PS 注意60Hz雜訊(這邊請使用平均把雜訊去除，mathematics→Prob & start→ mean，mean需要1D array的輸入，因此轉換資料請用1D array)

階段二 能夠控制在環境變暗時使LED燈馬上亮起。

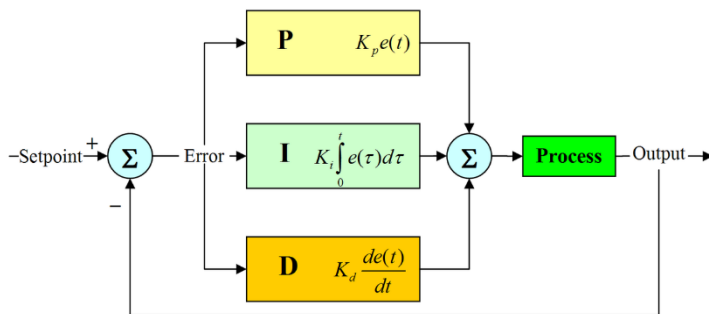
階段三 能夠控制在環境變暗時使LED燈緩慢亮起(慢慢給LED電壓)。

階段四 能夠將PID回饋中的P Gain回饋應用到LED輸出中使光敏電阻測出的電阻值維持在設定阻值附近。

階段五 能夠紀錄光敏電阻的電阻值與電燈開關狀態。

### 注意:

1. LED最高能承受伏特為5V，請勿給超過5V的電壓。
- 2.



P Gain 計算:  $Output = [(量測數值 - 設定值) * K_p] + 上一次output$

## 超音波測距實驗

實驗目的:

利用超音波模組發射超音波，若超音波有遇到物體會反射回接收器，利用Labview量測發射與接受到超音波的時間間隔回推距離，並當距離小於設定值時觸發蜂鳴器，模擬當倒車時即將撞到物體時所發出的警報。

### 實作

階段一 能夠發射3個(或設定值)並且3 ms的脈衝時間(可以利用wait)的超音波  
→脈衝時間為觸發超音波到關閉觸發超音波之間的時間間隔。

階段二 能夠測量到回波電壓，並顯示出來。

(量測回波時間間隔可以利用Timing and Transition Measurements中Plus Duration 的功能。  
Express→ signal analysis →Timing and Transition Measurements)

階段三 能夠算出距離(聲速340m/s)，並用出隨時間改變的距離的波形顯示器。

階段四 能夠設定警示裝置，當距離小於設定值時會使蜂鳴器鳴叫。

注意:



左邊的那顆是發射器 (Transmitter)，會發出 40 kHz 的聲波，這個聲波超出人類可感知的 20 kHz 上限，因此才稱之為超音波，右邊那顆被標示為 R 的是接收器 (Receiver)，可接收超音波。

HC-SR04 腳位從左至右分別為 Vcc、Trig、Echo 與 GND，Vcc 與 GND 就是接 5V 電源及 GND 了，Trig 為輸入腳位，Echo 為輸出腳位，超音波的發射與接收，就是靠 Trig 與 Echo 這兩個腳位，如果你送出 10 微秒的 5V 高電位訊號給 Trig，就會觸發超音波的發射，接著 Echo 腳位就會處於 5V 高電位狀態，如果接收到反射的超音波訊號，那麼 Echo 腳位就會處於 0V 低電位狀態。