

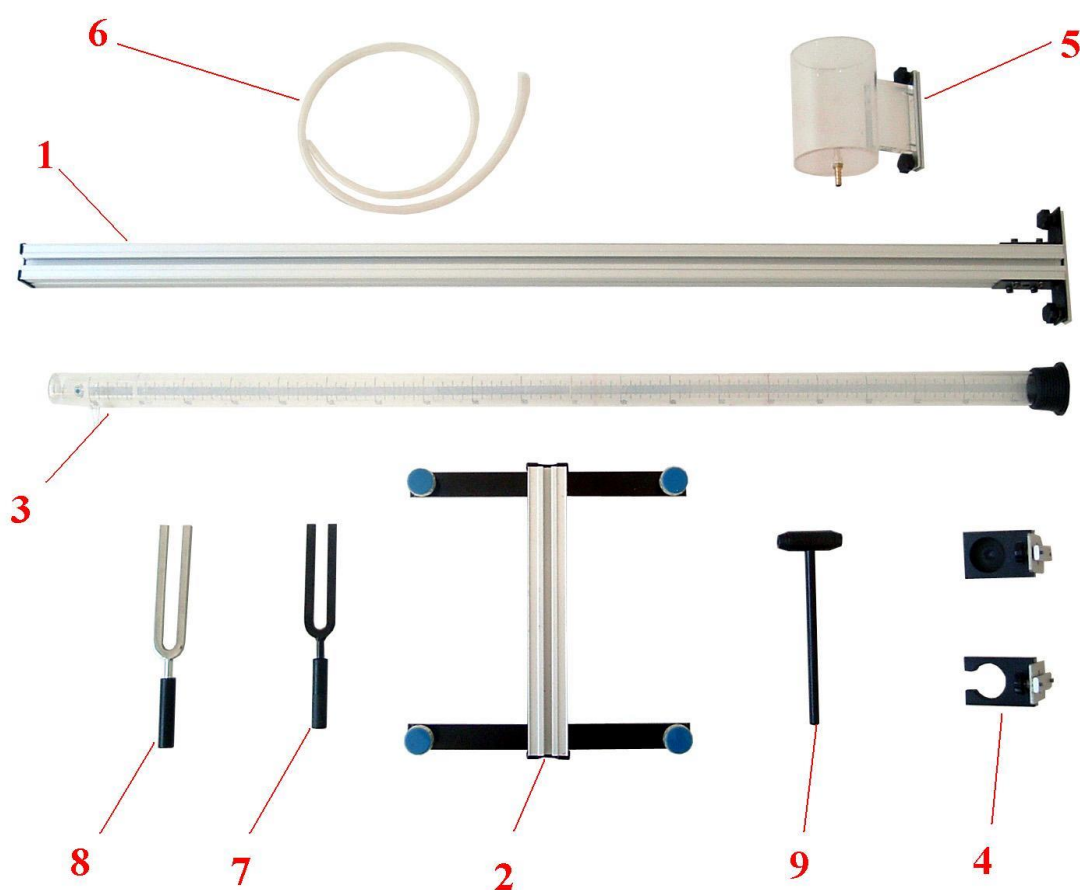
A01-745-Y01

水柱式氣柱共鳴實驗器

一、實驗目的：

利用水柱式共鳴管觀察與學習聲音的駐波共鳴現象，並由已知空氣中的聲音傳播速度求音叉的頻率。

二、實驗儀器：



項次	配件名稱	數量	項次	配件名稱	數量
1	實驗支架	1	2	實驗底座	1
3	共鳴管	1	4	共鳴管支撐座與固定架	2
5	給水裝置	1	6	橡膠水管(110cm)	1
7	已知頻率音叉	1	8	未知頻率音叉	1
9	音叉擊槌	1			

三、實驗原理：

在同一介質中，如有一波向反射面進行，則入射波與反射波會互相干涉而有可能形成駐波。若駐波頻率與音叉之頻率相等時，即生共鳴，使共鳴器產生共鳴之最低音稱為共鳴器之基音，其較高之音則稱倍音；如倍音頻率適為基音頻率之整數倍，則稱為諧音。當氣柱呈駐波時，其開端為一波腹，其閉端為一波節，如圖 1(a)(b)(c)所示。共鳴管所產生倍音只有基音之奇數倍諧音，而無其偶數倍諧音。若氣柱之兩端均開，則與此略異。

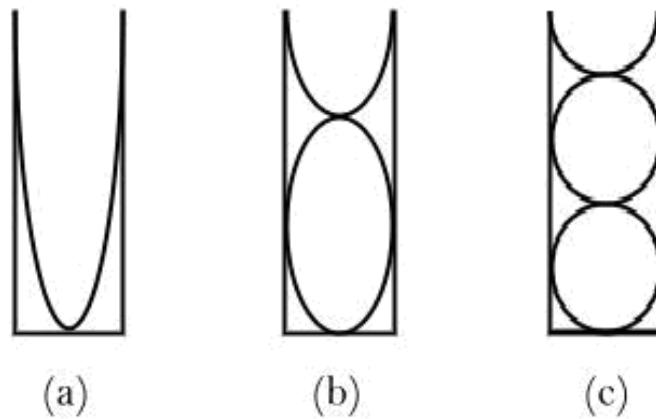


圖 1

因此聲頻一定時，則管的長度適當時就會產生駐波，所以對頻率 f (波長已知為 λ) 的聲源產生共鳴的管子，最短長度為 $\lambda/4$ ，如上圖所示只要管長約為 $\lambda/4$ 的奇數倍都可以和聲源產生共鳴。設共鳴時管長為 l ， λ 為波長， n 為共振位置，則

$$l_n = \frac{(2n-1)\lambda}{4}$$

$$l_1 = \frac{1}{4}\lambda$$

即 $l_2 = \frac{3}{4}\lambda$

$$l_3 = \frac{5}{4}\lambda$$

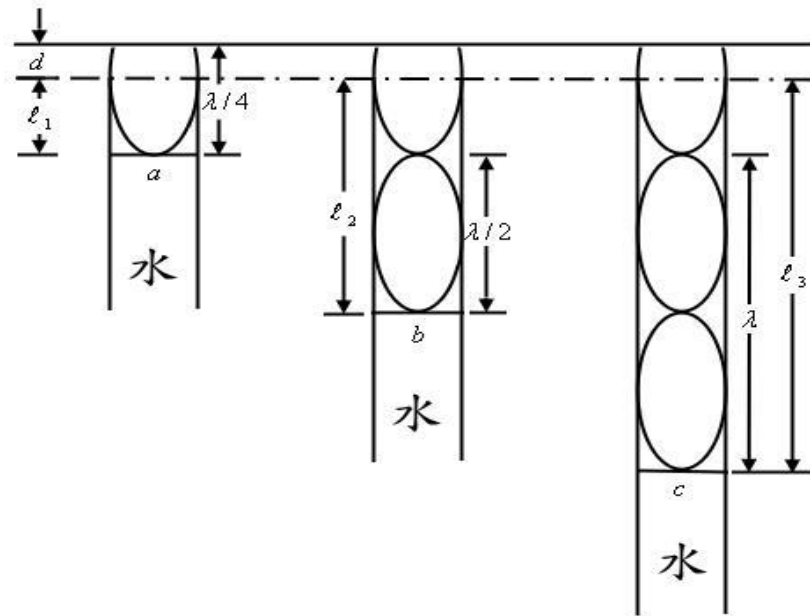


圖 2

這樣的公式，是假設管口端是一波腹音。但實際上，波腹之位置是在管口外而離管口一小段距離，如圖 2，設此距離為 d ，則得

$$l_1 + d = \frac{\lambda}{4}$$

$$l_2 + d = \frac{3}{4}\lambda$$

$$l_3 + d = \frac{5}{4}\lambda$$

故 $l_2 - l_1 = l_3 - l_2 = \frac{\lambda}{2}$ ， $l_3 - l_1 = \lambda$

設 f 為音叉之頻率，當溫度 $T^\circ\text{C}$ 時其傳聲速度

$$\therefore V = f\lambda$$

$$\therefore V = 2f(l_2 - l_1) = 2f(l_3 - l_2) = f(l_3 - l_1) \quad (1)$$

若 f 為已知，則測得 l_1, l_2, l_3 等值，即可得空氣的傳聲速度。

聲音在空氣中的傳播速度與介質的物理性質有關。又由於溫度增加會使空氣密度減小，所以聲速與溫度有關，

$$V_t = 331.4 + 0.6T \quad (\text{m/sec}) \quad (2)$$

式中 V_t 為 $T^\circ\text{C}$ 時之聲速， 0°C 時之聲速 ($V_0 = 331.4 \text{ m/sec}$)

四、實驗步驟：

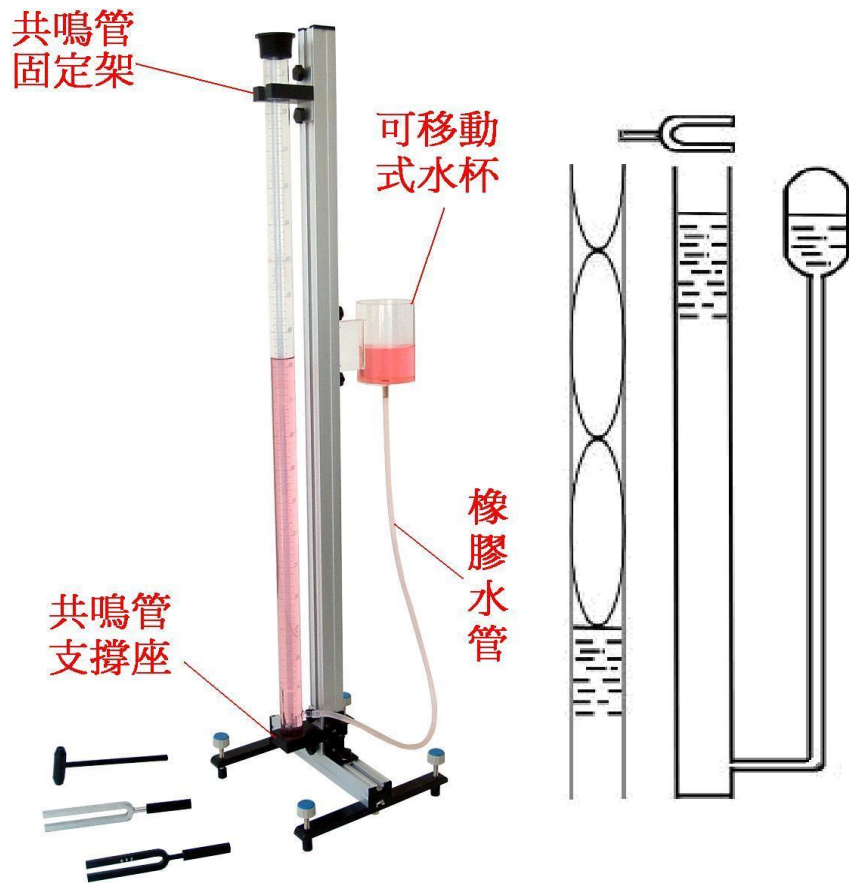


圖 3

第一部份：空氣中的聲速

1. 將實驗裝置如圖 3。
2. 調整水杯位置使杯底和共鳴管尺標 10cm 處等高。
3. 把水加入共鳴管到水位離管口 10cm 處，此時橡膠水管內充滿水而水杯內恰好無水。
4. 以擊錘輕敲已知頻率的音叉，橫向置於管口上方距管口約 0.6 倍管口半徑處，如圖 3。
 ※不可直接在管口處敲擊音叉，因為不小心很容易打破共鳴管，應離管口一段距離等敲響音叉後再將音叉移近管口。
5. 仔細聽共鳴管是否有共鳴，調整水位每隔一公分做一次。
6. 記錄下共鳴最明顯的位置 l_1 、 l_2 、 l_3 利用已知音叉頻率以實驗原理第一式求出聲速實驗值，並以溫度計測量室溫利用第二式找出聲速理論值，比較兩種方法求出的聲音速度是否相近。

第二部份：未知頻率的音叉

1. 將實驗裝置如圖 3。
2. 調整水杯位置使杯底和共鳴管尺標 10cm 處等高。
3. 把水加入共鳴管到水位離管口 10cm 處，此時橡膠水管內充滿水而水杯內恰好無水。
4. 以擊錘輕敲已知頻率的音叉，橫向置於管口上方距管口約 0.6 倍管口半徑處，如圖 3。
 ※不可直接在管口處敲擊音叉，因為不小心很容易打破共鳴管，應離管口一段距離等敲響音叉後再將音叉移近管口。
5. 仔細聽共鳴管是否有共鳴，調整水位每隔兩公分做一次。找出較明顯的共振位置，在明顯的共振位置上下一公分處分別再做兩次實驗，比較三點的共鳴找出最明顯的共振位置。以此方法可以找出更準確的共振位置。
6. 記錄下共鳴最明顯的位置 l_1 、 l_2 、 l_3 ，利用已知聲速理論值，求出未知音叉的頻率。

五、實驗結果：

①由已知音叉頻率測量聲速

室溫 T ($^{\circ}\text{C}$)		
音叉標示頻率 f (Hz)		512
共鳴時空氣柱的長度 (cm)	l_1	
	l_2	
	l_3	
波長 λ (m)	$2(l_2 - l_1)$	
	$2(l_3 - l_2)$	
	$l_3 - l_1$	
波長平均值 λ (m)		
聲速實驗值 V_{expt} (m/sec)		
聲速理論值 V_{theo} (m/sec)		
百分誤差 (%)		

聲速實驗值 $V_{\text{expt}} = \text{頻率 } f \times \text{波長 } \lambda$

聲速理論值 $V_{\text{theo}} = 331 + 0.6T$

百分誤差 = $\frac{V_{\text{expt}} - V_{\text{theo}}}{V_{\text{theo}}} \times 100\%$

②由已知聲速測量音叉頻率

室溫 T ($^{\circ}\text{C}$)		
聲速 V (m/sec)		
共鳴時空氣柱的長度 (cm)	l_1	
	l_2	
	l_3	
波長 λ (m)	$2(l_2 - l_1)$	
	$2(l_3 - l_2)$	
	$l_3 - l_1$	
波長平均值 λ (m)		
頻率實驗值 f_{expt} (m/sec)		
頻率標示值 f_{theo} (m/sec)		390
百分誤差 (%)		

$$\text{頻率實驗值 } f_{\text{expt}} = \frac{\text{聲速 } V}{\text{波長 } \lambda}$$

$$\text{百分誤差} = \frac{f_{\text{expt}} - f_{\text{theo}}}{f_{\text{theo}}} \times 100\%$$