

# Quantum Analogs Experiment 結報

B5組 0412107 陳麒升、0412001 陳勁宇

## 1. 實驗動機與目的:

分別利用手動與音效卡操作聲波實驗裝置以模擬氫原子波函數，觀察裝置resonance frequencies之相關性質。

## 2. 實驗操作重點方式:

◆於手動實驗操作方面我們組別認為需要注意的有:

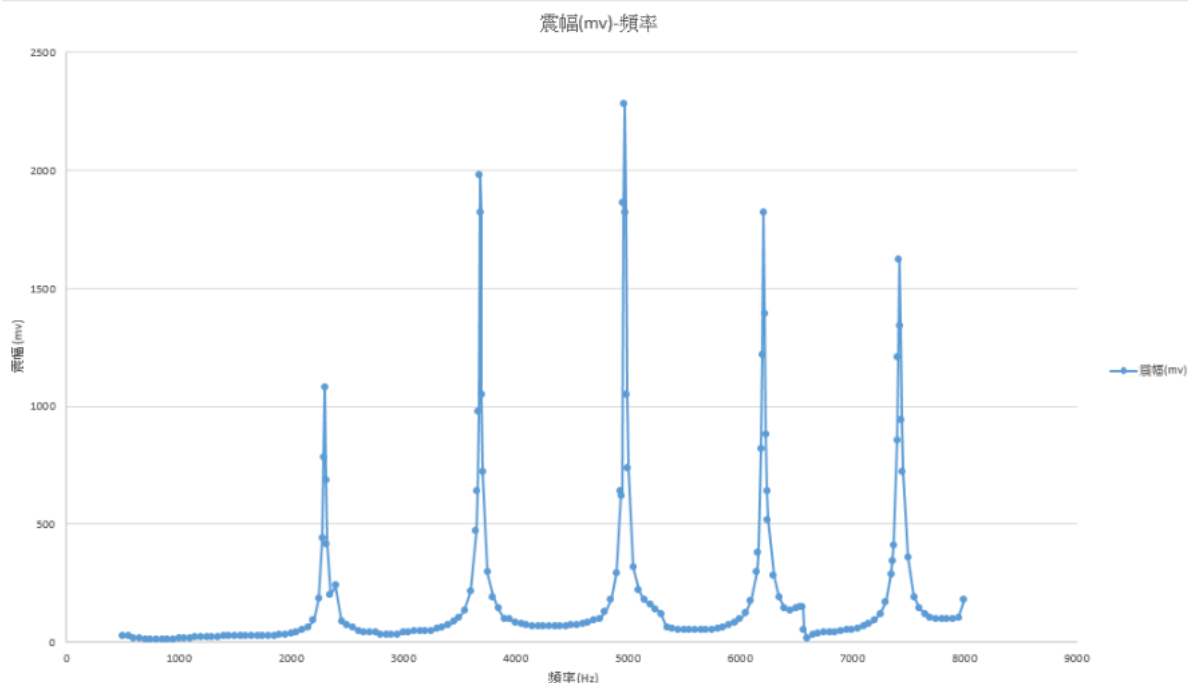
- (1) 注意線路品質、線路是否都能穩定收發訊號。
- (2) 注意一定要登記attenuator之刻度值，並於實驗中該值需要維持固定。
- (3) 於尋找震幅極值時調整頻率盡量精確到個位數。

◆於音效卡自動掃頻實驗操作方面我們組別認為需要注意的有:

- (1) 將Atom Analog金屬雙半球裝置於實驗時盡可能遠離電腦主機(例如我們進行實驗時將莊置平穩放於椅子上操作)，可以有效避免主機運作時震動所帶來的掃頻誤差。
- (2) 於最後繪製  $Y_x^0(\theta, \varphi)$  之極座標作圖時掃描時間不可太大(本實驗我們組改動預設的10秒為0.1秒)。

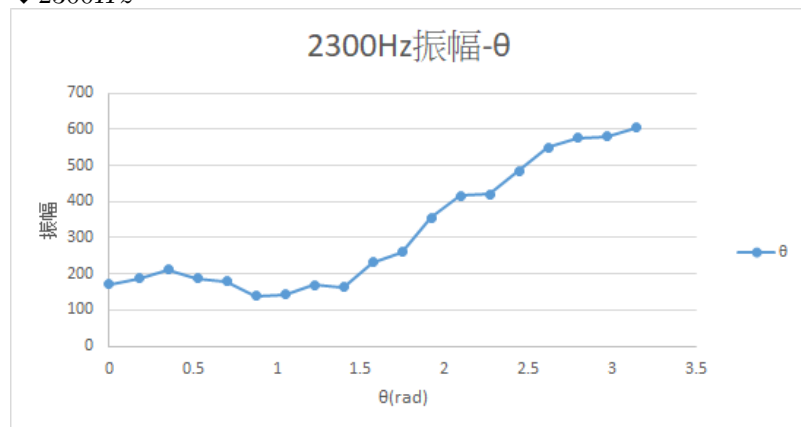
## 3. 實驗raw data:

(1) 實驗裝置振幅(mV)-頻率(Hz) 關係圖：

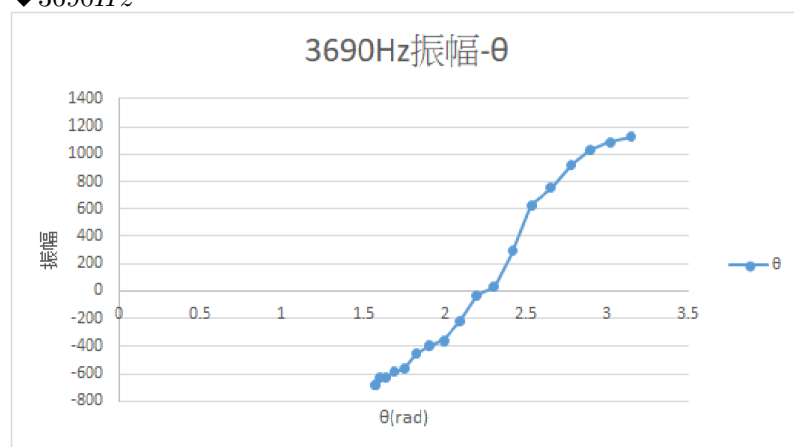


(2)各頻率( $Hz$ )之振幅( $mV$ )-弧度( $rad$ ) 關係圖:

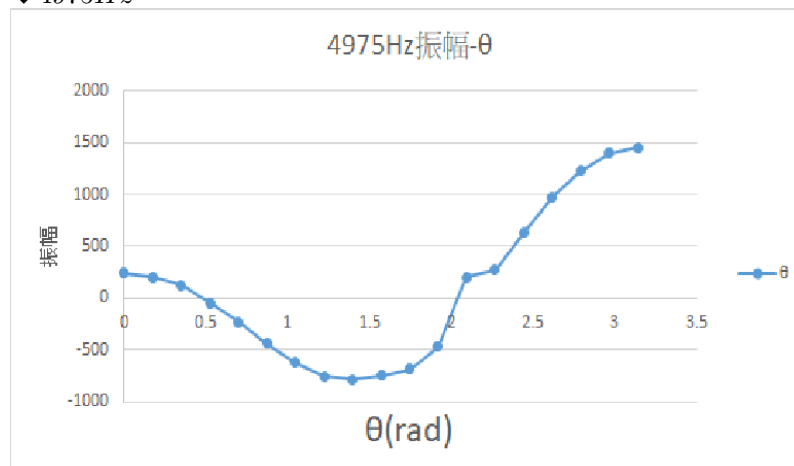
◆2300 $Hz$



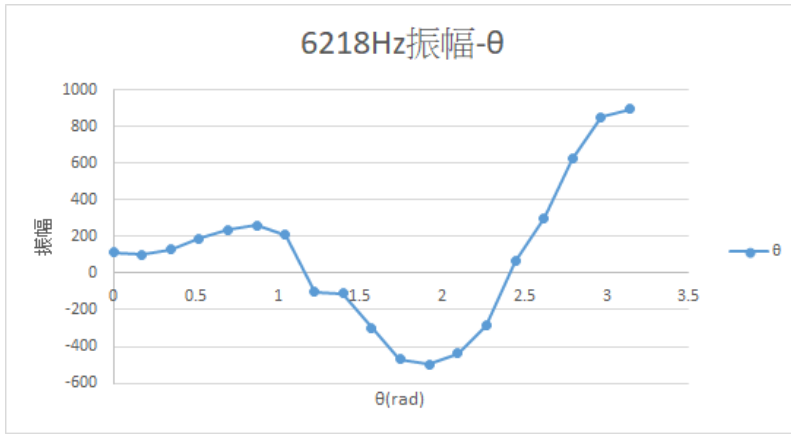
◆3690 $Hz$



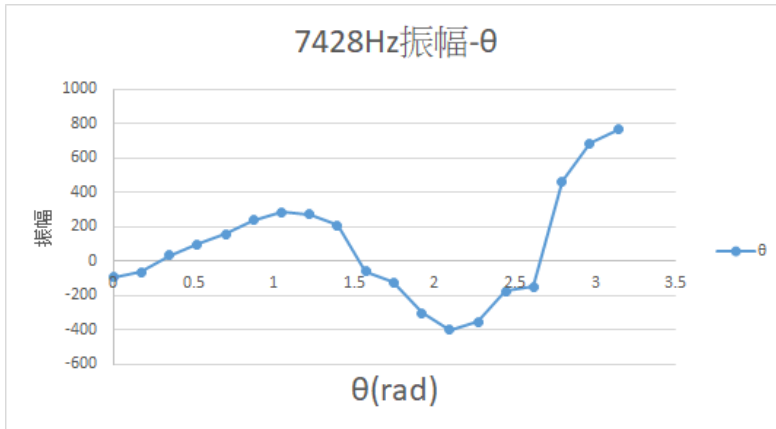
◆4975 $Hz$



◆6218 $Hz$

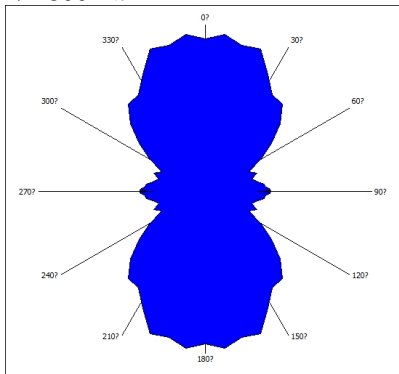


◆ 7428Hz

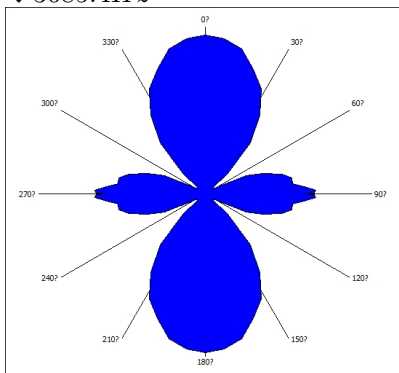


(3)各頻率(Hz)之極座標掃描圖:

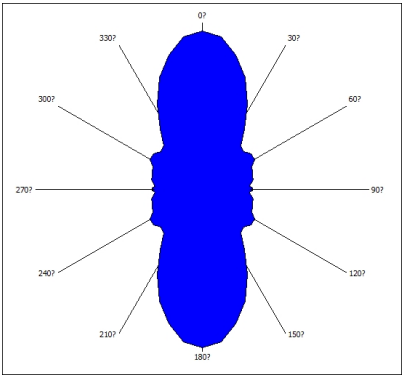
◆ 2300Hz



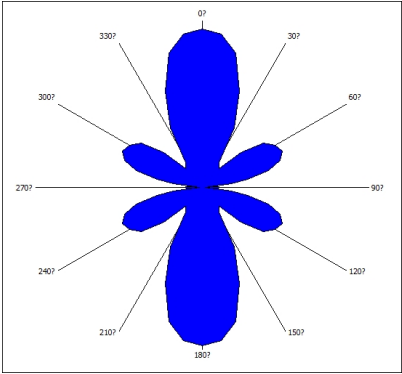
◆ 3685.4Hz



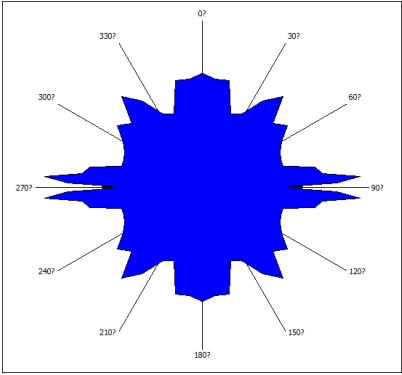
◆4953Hz



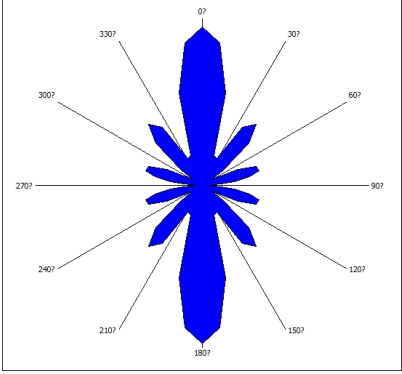
◆4970Hz



◆6543Hz



◆7420Hz



#### 4. 資料分析數據整理:

(1) 實驗裝置振幅( $mV$ )-頻率( $Hz$ ) 關係圖:

從圖中可得知, 在 $2000Hz$   $8000Hz$ 的頻域中, 有5個明顯的peak, 分別大約是在 $2300Hz$ 、 $3690Hz$ 、 $4975Hz$ 、 $6218Hz$ 與 $7428Hz$ 。

(3) 各頻率( $Hz$ )之極座標掃描圖:

上面各圖對照(3)之結果以及e3實驗講義中的Fig.1.4 可知以下對應:

◆  $2300Hz \iff Y_1^0(\theta, \varphi)$

◆  $3685.4Hz \iff Y_2^0(\theta, \varphi)$

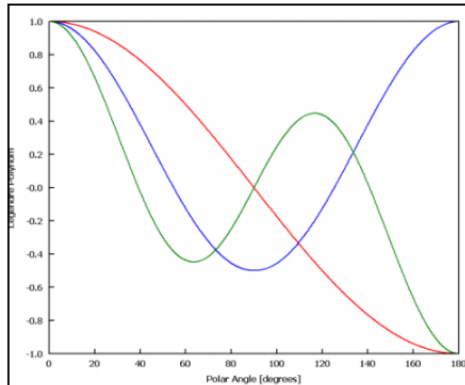
◆  $4970Hz \iff Y_3^0(\theta, \varphi)$

◆  $6543Hz \iff Y_4^0(\theta, \varphi)$

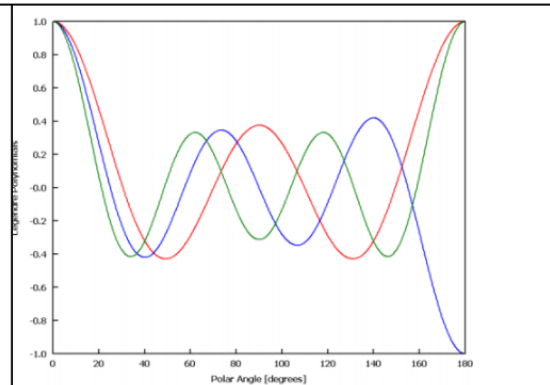
◆  $7420Hz \iff Y_5^0(\theta, \varphi)$

(2) 各頻率( $Hz$ )之振幅( $mV$ )-弧度( $rad$ ) 關係圖:

從上面各圖對照(3)之結果以及e3實驗講義中的Legendre Polynomials圖型(如下圖)可相互對應:



**Fig. 1.1: Legendre Polynomials**  
 $P_1(\cos \theta) = \cos \theta$  in red,  
 $P_2(\cos \theta) = \frac{1}{2}(3\cos^2 \theta - 1)$  in blue and  
 $P_3(\cos \theta) = \frac{1}{2}(5\cos^3 \theta - 3\cos \theta)$  in green.



**Fig. 1.2: Legendre Polynomials**  
 $P_4(\cos \theta) = \frac{1}{8}(35\cos^4 \theta - 30\cos^2 \theta + 3)$  in red,  
 $P_5(\cos \theta) = \frac{1}{8}(63\cos^5 \theta - 70\cos^3 \theta + 15\cos \theta)$  in blue  
 $P_6(\cos \theta) = \frac{1}{16}(231\cos^6 \theta - 315\cos^4 \theta + 105\cos^2 \theta - 5)$  in green.

會發現, 除了 $2300Hz(Y_1^0(\theta, \varphi))$ 、 $3685.4Hz(Y_2^0(\theta, \varphi))$ 之曲線趨勢近似之外, 其餘 $4975Hz$ 、 $6218Hz$ 與 $7428Hz$ 之波型並未如同 $Y_3^0(\theta, \varphi)$ 、 $Y_4^0(\theta, \varphi)$ 、 $Y_5^0(\theta, \varphi)$ 有相近的曲折起伏, 研判是手動實驗時取頻率之間隔太大以及多項人為操作誤差所致。

#### 5. 分析結果與誤差來源討論:

(1) 手動觀測之誤差來源可能為手掌於實驗過程中一直接觸Atom Analog金屬雙半球裝置上, 手溫使鋁球內部聲音共振並非那麼完美理想。

(2) 關於極座標做 $Y_x^0(\theta, \varphi)$ 作圖之誤差可能是在選取欲掃描頻率時不夠準確(即選中並非振幅最大值)所致。

## 6.如何改進實驗:

- (1) 在Atom Analog金屬雙半球裝置上之  $180^\circ$  刻度刻痕可用黑色簽字筆加以強調使其更加醒目、使實驗對準角度時不用為了找尋刻度痕而花費過多時間。
- (2) 在音效卡自動掃頻實驗中可於實驗桌旁放置一平穩桌子來作為Atom Analog金屬雙半球裝置之實驗台，以避免電腦主機運作時震動所帶來的掃頻誤差。

## 7.Reference:

- (1) e3上之實驗講義, "Quantum Analogs Modeling a Hydrogen Atom with a Spherical Resonator", 2018
- (2) Wikipedia, "Spherical harmonics", [https://en.wikipedia.org/wiki/Spherical\\_Harmonics](https://en.wikipedia.org/wiki/Spherical_Harmonics)

## 8.組員貢獻分布:

所有實驗與結報數據分析討論均是我們同組2人共同完成。

(此次結報之 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 格式繕打為 0412107 陳麒升負責)