

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 物理科

佳作

030112

敲出瓶外之音

學校名稱：嘉義縣立朴子國民中學

作者： 國二 王忻 國二 侯婷瑄	指導老師： 何淑貞 陳嘉惠
------------------------	---------------------

關鍵詞：聲波、頻率、共振

摘要

本研究將裝入定量純水之量筒放入容器中，敲擊量筒，並探討量筒外水量、水位與頻率變化之關係。研究後發現，敲擊量筒後，會產生相對低、中及高三種頻率，其訊號強弱與量筒內外水位高低有關。

我們以水位高度代替水量，來驗證影響頻率變化的僅為靠近量筒內外之有效薄層水體，結果顯示，當水位高度達一定，就能滿足共振條件，而非整體水量。量筒外水位對頻率之影響呈階段性，第一階段頻率變化不明顯，第二階段頻率隨水位增加而降低，第三階段薄層水體達共振條件，頻率持平。

此外，當水位高度一樣，內、外薄層水體相差不多時，頻率可能會相近，但大部分是量筒外有水時較低，推測可能因量筒厚度、底座或量筒內外水體存在空間不同造成之結果。


壹、研究動機

我們在二年級理化課學到，玻璃杯中水位愈高，敲擊後的頻率就會愈低，反之，水位愈低，頻率愈高。而我們聯想到，如果在玻璃杯外也添加水的話，會不會影響到頻率的高低？於是我們就去找老師討論並詢問這個實驗是否可行，老師表示這個想法很有創意，可以試著去做做看。

貳、研究目的

- 一、量筒外鐵罐加入不同水量時，敲擊量筒所產生聲波頻率之研究。
- 二、量筒外塑膠罐加入不同高度水位時，敲擊量筒所產生聲波頻率之探討。

參、研究設備及器材

燒杯	滴管	
鐵罐	塑膠罐	
100mL 量筒	敲擊工具	
墊高書籍	手機	
phyphox 手機物理實作 App	純水	

肆、研究過程與方法

一、研究原理

玻璃杯中盛裝不同高度的水，敲擊之後會發出不同音調的聲音。杯中的水面愈高，玻璃杯愈不易振動，頻率也愈低。



二、研究方法

(一)製作敲擊工具(圖一)

- 1.將手搖碰碰球取下一顆後，做為實驗用敲擊球。
- 2.將敲擊球黏於資料夾邊緣處，並放置於套書上固定。
- 3.調整高度，使敲擊球對準量筒 100mL 處。

(二)研究一

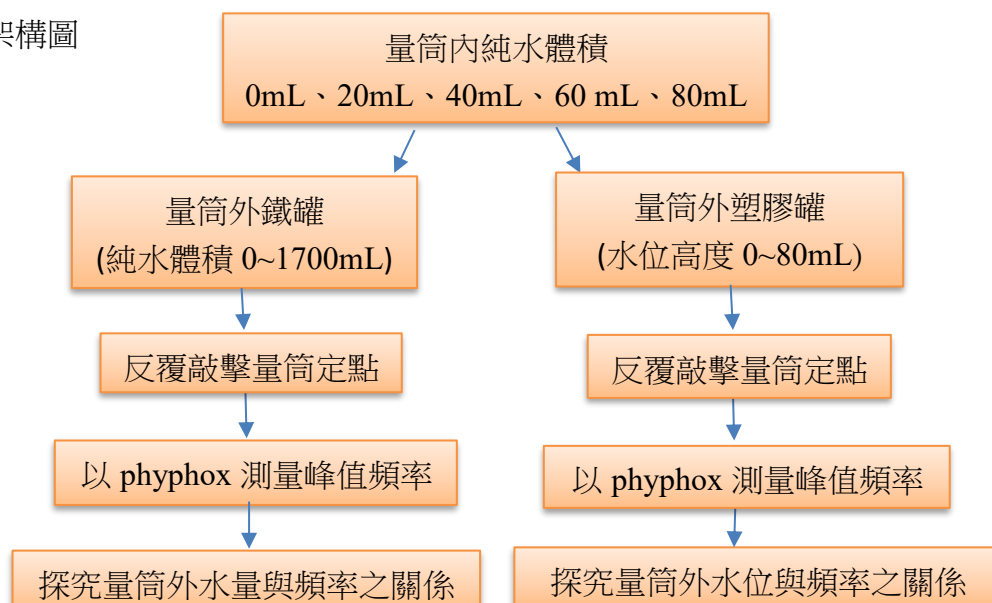
- 1.將空量筒放入鐵罐中，以敲擊工具(圖一)反覆敲擊量筒上方固定點，以手機軟體 **phyphox** (圖二)測量，並將背景音以外之峰值頻率記錄下來。
- 2.於鐵罐中逐次添加純水 100mL 至 1700mL，重複步驟 1。
- 3.將量筒內水量分別增加至 20mL、40mL、60mL 及 80mL，重複步驟 1 及 2。



(三)研究二

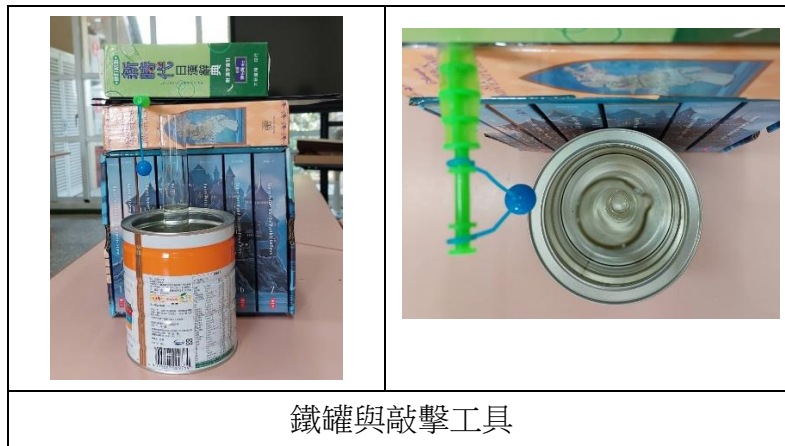
- 1.將空量筒放入透明塑膠罐中，以敲擊工具反覆敲擊量筒上方固定點，以手機軟體 **phyphox** 測量，並將背景音以外之峰值頻率記錄下來。
- 2.於塑膠罐中逐次添加對照量筒刻度 10mL 高之純水至 80mL 高，重複步驟 1。
- 3.將量筒內水量分別增加至 20mL、40mL、60mL 及 80mL，重複步驟 1 及 2。

三、研究架構圖



伍、研究結果

一、在量筒外之鐵罐中加入不同體積水量，紀錄敲擊量筒時，所產生之聲波頻率。

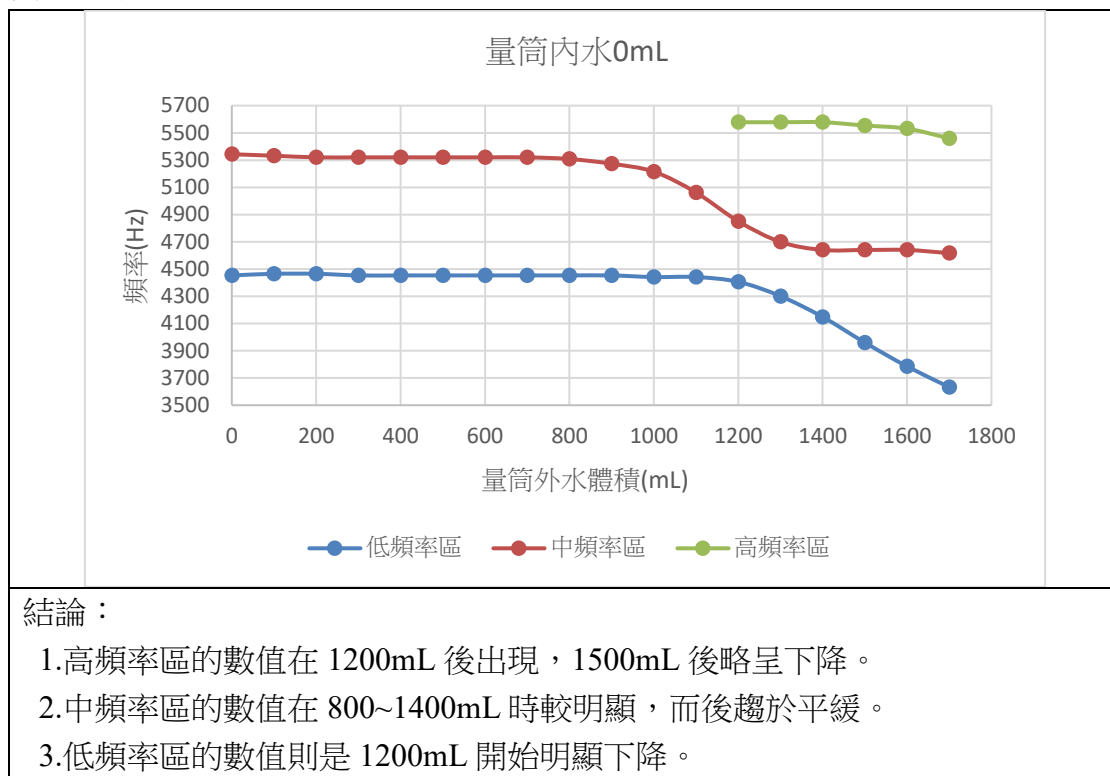


(一)量筒內水量 0mL

1.數據平均值

量筒 (mL)	鐵罐水體積 (mL)	相對低頻率 平均值(Hz)	相對中頻率 平均值(Hz)	相對高頻率 平均值(Hz)
0	0	4453	5343	
0	100	4465	5332	
0	200	4465	5320	
0	300	4453	5320	
0	400	4453	5320	
0	500	4453	5320	
0	600	4453	5320	
0	700	4453	5320	
0	800	4453	5308	
0	900	4453	5273	
0	1000	4441	5215	
0	1100	4441	5062	
0	1200	4406	4851	5578
0	1300	4301	4699	5578
0	1400	4148	4640	5578
0	1500	3960	4640	5554
0	1600	3785	4640	5531
0	1700	3633	4617	5460

2.實驗結果

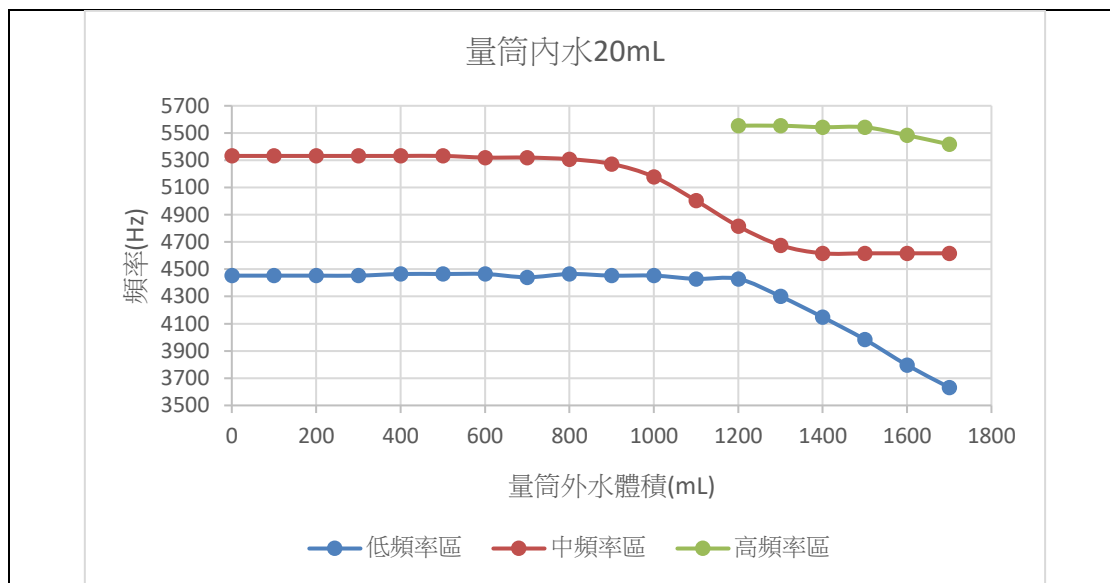


(二)量筒內水量 20mL

1.數據平均值：

量筒 (mL)	鐵罐水體積 (mL)	相對低頻率平均值(Hz)	相對中頻率平均值(Hz)	相對高頻率平均值(Hz)
20	0	4453	5332	
20	100	4453	5332	
20	200	4453	5332	
20	300	4453	5332	
20	400	4465	5332	
20	500	4465	5332	
20	600	4465	5320	
20	700	4441	5320	
20	800	4465	5308	
20	900	4453	5273	
20	1000	4453	5179	
20	1100	4429	5004	
20	1200	4429	4816	5554
20	1300	4301	4676	5554
20	1400	4148	4617	5543
20	1500	3984	4617	5543
20	1600	3796	4617	5484
20	1700	3632	4617	5417

2.實驗結果：



結論：

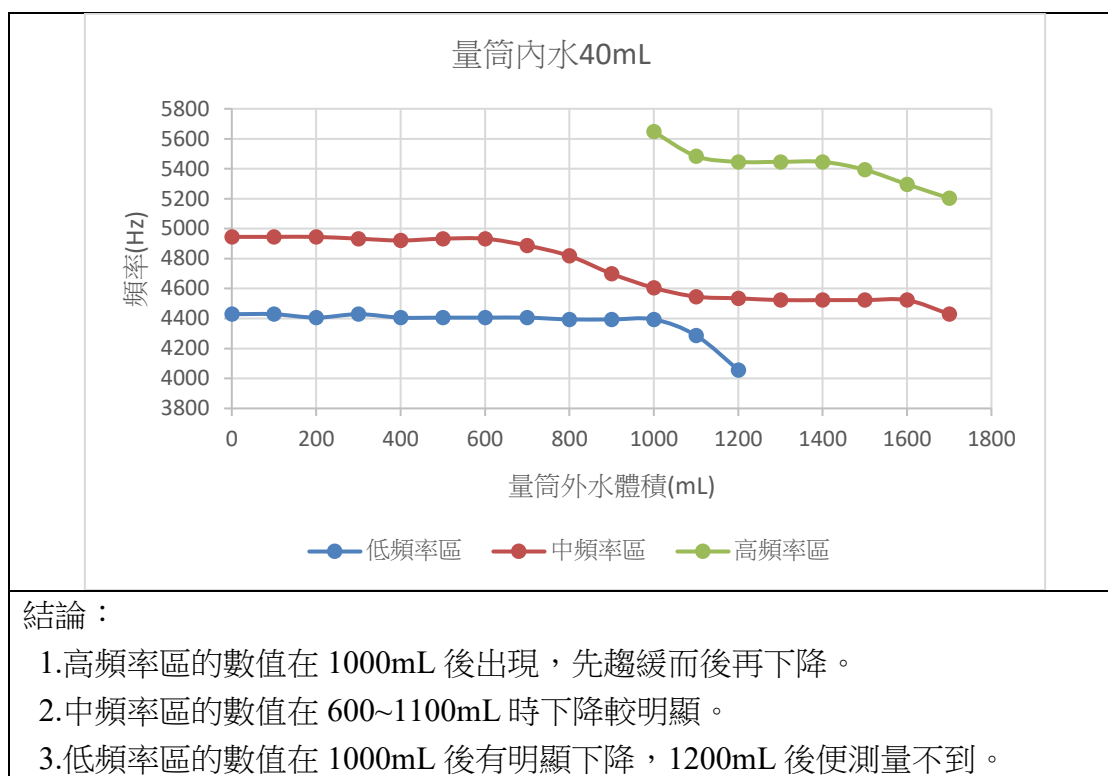
- 1.高頻率區的數值在 1200mL 後出現，1500mL 後略呈下降。
- 2.中頻率區的數值在 800~1400mL 下降較明顯，而後趨於平緩。
- 3.低頻率區的數值在 1200mL 後下降。

(三)量筒內水量 40mL

1.數據平均值

量筒 (mL)	鐵罐水體積 (mL)	相對低頻率平均值(Hz)	相對中頻率平均值(Hz)	相對高頻率平均值(Hz)
40	0	4429	4945	
40	100	4429	4945	
40	200	4406	4945	
40	300	4429	4933	
40	400	4406	4921	
40	500	4406	4933	
40	600	4406	4933	
40	700	4406	4887	
40	800	4394	4818	
40	900	4394	4699	
40	1000	4394	4605	5648
40	1100	4287	4546	5484
40	1200	4056	4535	5446
40	1300		4523	5446
40	1400		4523	5446
40	1500		4523	5393
40	1600		4523	5296
40	1700		4430	5203

2.實驗結果：

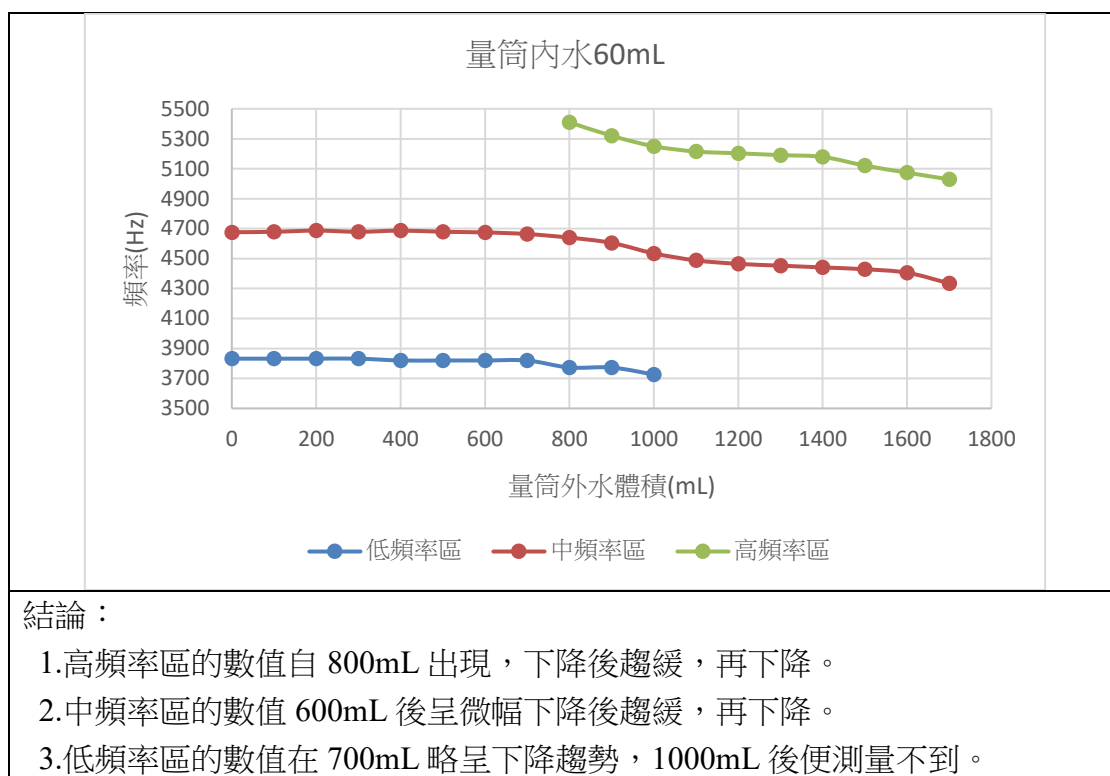


(四)量筒內水量 60mL

1.數據平均值

量筒 (mL)	鐵罐水體積 (mL)	相對低頻率平均值(Hz)	相對中頻率平均值(Hz)	相對高頻率平均值(Hz)
60	0	3832	4676	
60	100	3832	4679	
60	200	3832	4687	
60	300	3832	4679	
60	400	3820	4687	
60	500	3820	4679	
60	600	3820	4675	
60	700	3820	4664	
60	800	3773	4640	5410
60	900	3773	4605	5320
60	1000	3726	4535	5250
60	1100		4488	5215
60	1200		4465	5203
60	1300		4453	5191
60	1400		4441	5179
60	1500		4429	5121
60	1600		4406	5074
60	1700		4335	5029

2.實驗結果：

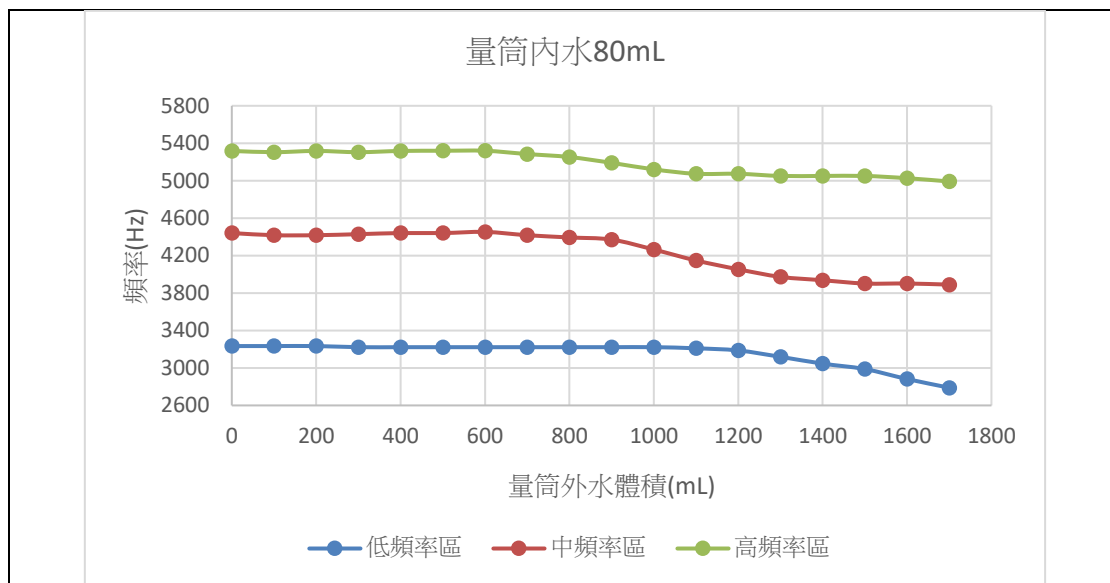


(五)量筒內水量 80mL

1.數據平均值

量筒 (mL)	鐵罐水體積 (mL)	相對低頻率平均值(Hz)	相對中頻率平均值(Hz)	相對高頻率平均值(Hz)
80	0	3234	4441	5318
80	100	3234	4418	5305
80	200	3234	4418	5318
80	300	3222	4429	5305
80	400	3222	4441	5318
80	500	3222	4441	5320
80	600	3222	4453	5320
80	700	3222	4418	5285
80	800	3222	4394	5253
80	900	3222	4371	5191
80	1000	3222	4265	5121
80	1100	3210	4148	5074
80	1200	3187	4054	5074
80	1300	3119	3973	5051
80	1400	3046	3937	5051
80	1500	2988	3902	5051
80	1600	2882	3902	5027
80	1700	2789	3890	4992

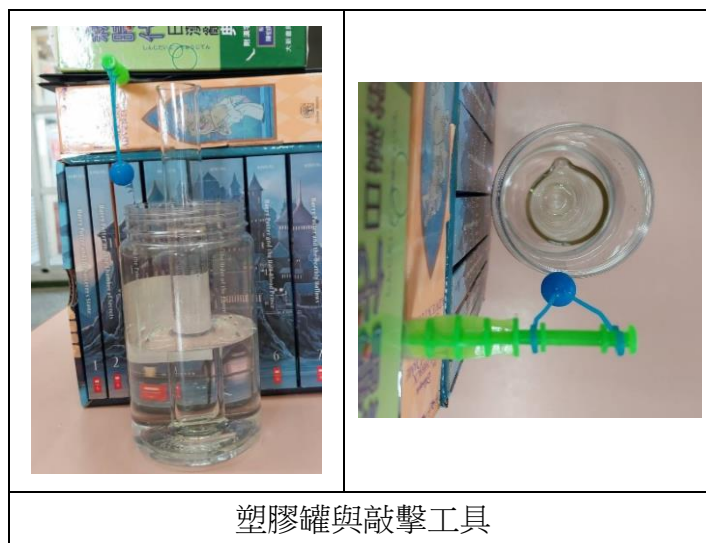
2.實驗結果：



結論：

- 1.高頻率區的數值在 700mL 微幅下降後趨緩。
- 2.中頻率的數值在 800~1400mL 下降較明顯，而後趨緩。
- 3.低頻率區的數值 1200mL 後下降趨勢較明顯。

二、量筒外塑膠罐加入不同高度水位時，敲擊量筒所產生之聲波頻率。



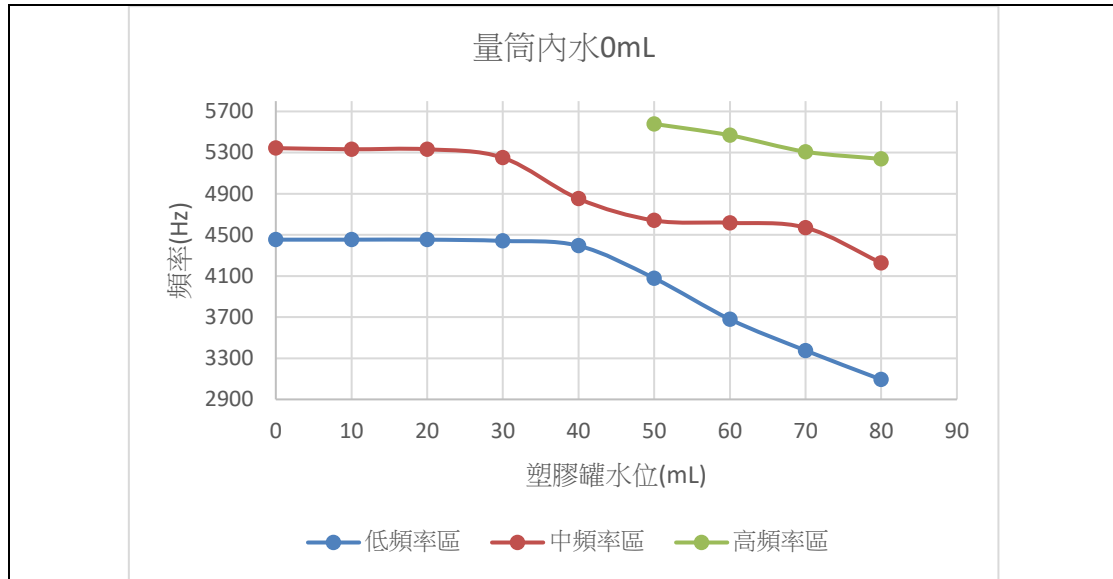
(一)量筒內水量 0mL

1.數據平均值

量筒水位 (mL)	塑膠罐水位 (mL)	相對低頻率區 平均值(Hz)	相對中頻率區 平均值(Hz)	相對高頻率區 平均值(Hz)
0	0	4453	5343	
0	10	4453	5332	
0	20	4453	5332	
0	30	4441	5250	

0	40	4394	4851	
0	50	4078	4640	5578
0	60	3679	4617	5468
0	70	3375	4570	5308
0	80	3093	4227	5238

2. 實驗結果



結論：

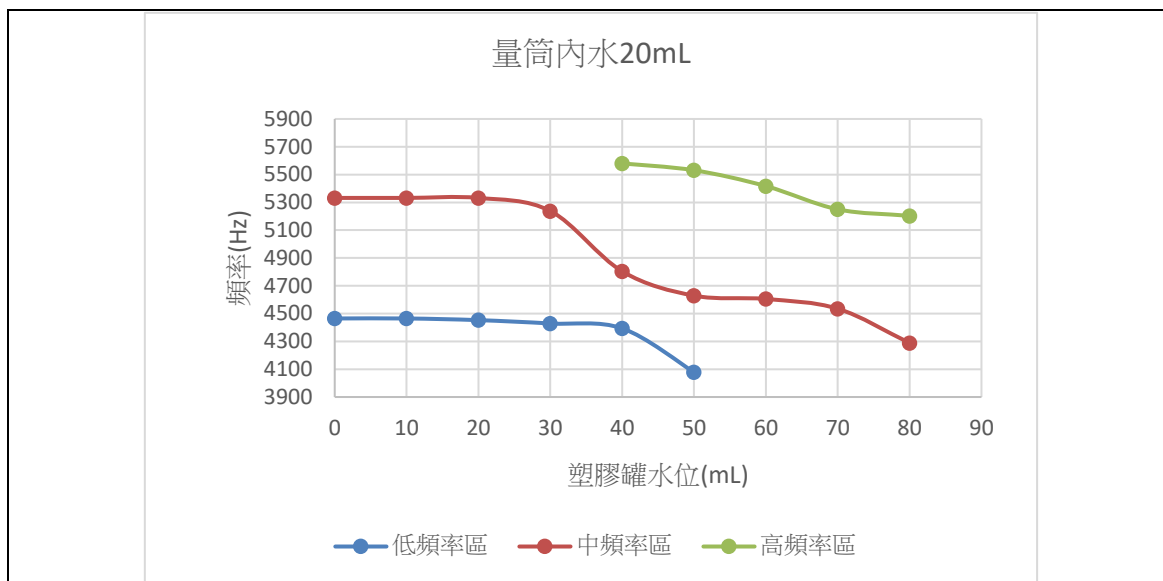
1. 高頻率區的數值在水位 50mL 之後才出現，且有下降後趨緩情形。
2. 中頻率區的數值在 30~50mL 大幅度下降，50mL 後趨緩，至 70mL 後陡降。
3. 低頻率區水位 0~40mL 時的數值大致相同，40mL 後大幅下降。

(二) 量筒內水量 20mL

1. 數據平均值

量筒水位 (mL)	塑膠罐水位 (mL)	相對低頻率區平均值(Hz)	相對中頻率區平均值(Hz)	相對高頻率區平均值(Hz)
20	0	4465	5332	
20	10	4465	5332	
20	20	4453	5332	
20	30	4429	5238	
20	40	4394	4804	
20	50	4078	4629	5531
20	60		4605	5417
20	70		4535	5250
20	80		4289	5203

2.實驗結果



結論：

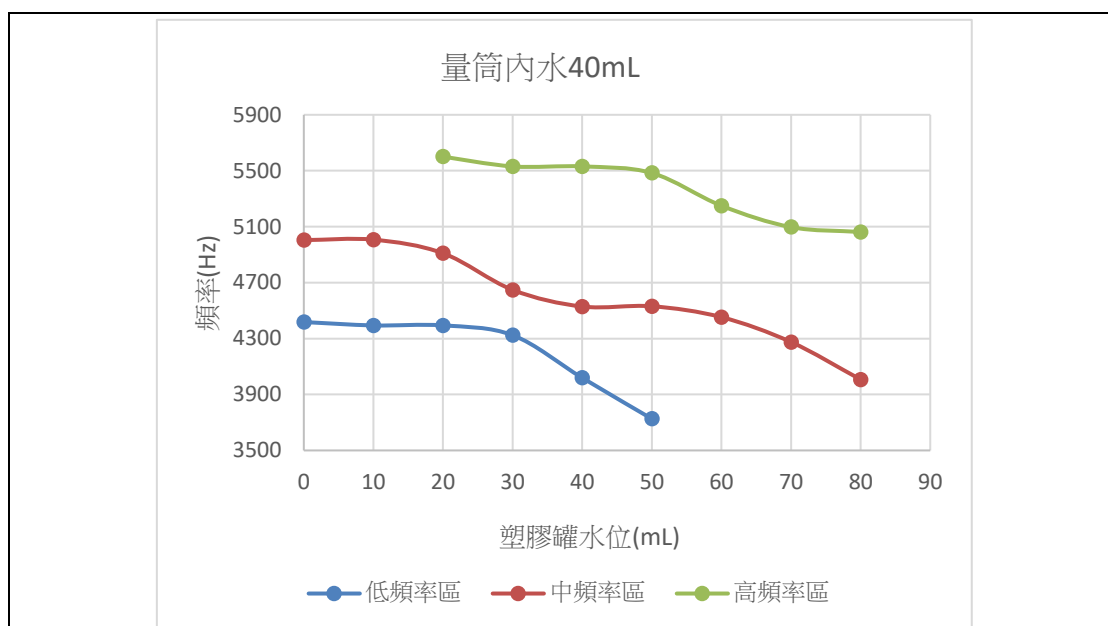
- 1.高頻率區的數值在 40mL 後出現，整體有下降後趨緩的情形。
- 2.中頻率區的數值在 30~50mL 大幅下降，之後趨緩，但在 70mL 後又陡降。
- 3.低頻率區在 0~40mL 時數值大致相同，在 40~50mL 下降，之後便測量不到。

(三)量筒內水量 40mL

1.數據平均值

量筒水位 (mL)	塑膠罐水位 (mL)	相對低頻率區 平均值(Hz)	相對中頻率區 平均值(Hz)	相對高頻率區 平均值(Hz)
40	0	4418	5004	
40	10	4394	5007	
40	20	4394	4910	5601
40	30	4324	4648	5531
40	40	4019	4529	5531
40	50	3726	4531	5484
40	60		4453	5250
40	70		4275	5097
40	80		4007	5062

2.實驗結果



結論：

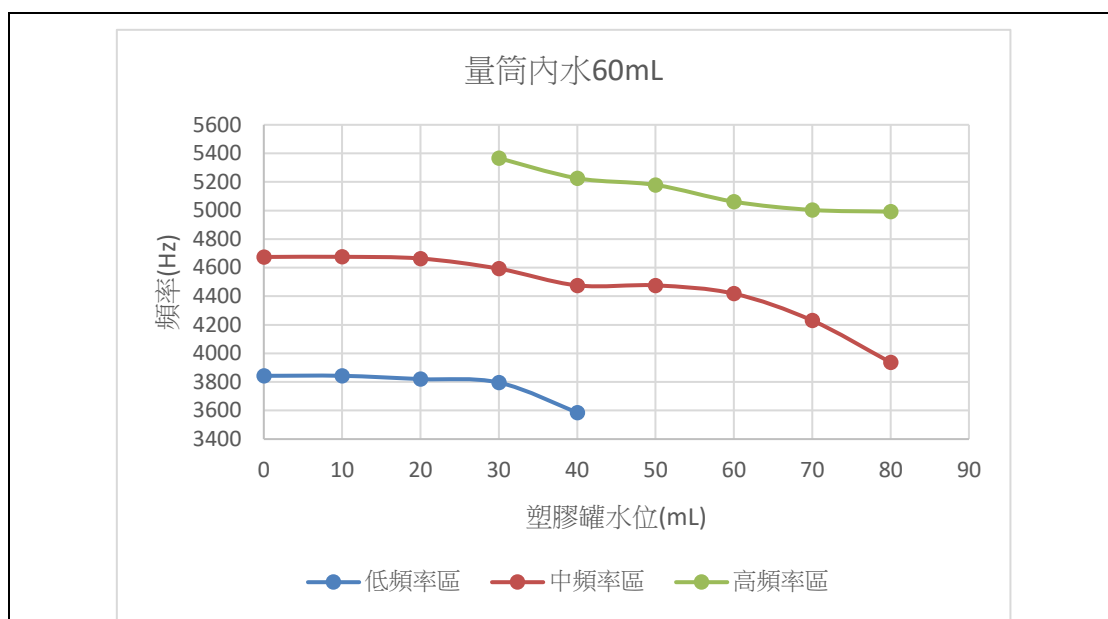
- 1.高頻率區的數值在 20mL 後出現，50mL 開始下降，70mL 後趨緩。
- 2.中頻率區的數值在 20~40mL 下降幅度大，之後趨緩，但於 60mL 後又陡降。
- 3.低頻率區的數值在 30mL 後下降，50mL 後便測量不到。

(四)量筒內水量 60mL

1.數據平均值

量筒水位 (mL)	塑膠罐水位 (mL)	相對低頻率區 平均值(Hz)	相對中頻率區 平均值(Hz)	相對高頻率區 平均值(Hz)
60	0	3843	4675	
60	10	3843	4676	
60	20	3820	4664	
60	30	3796	4593	5367
60	40	3585	4476	5226
60	50		4476	5179
60	60		4418	5062
60	70		4230	5004
60	80		3937	4992

2.實驗結果



結論：

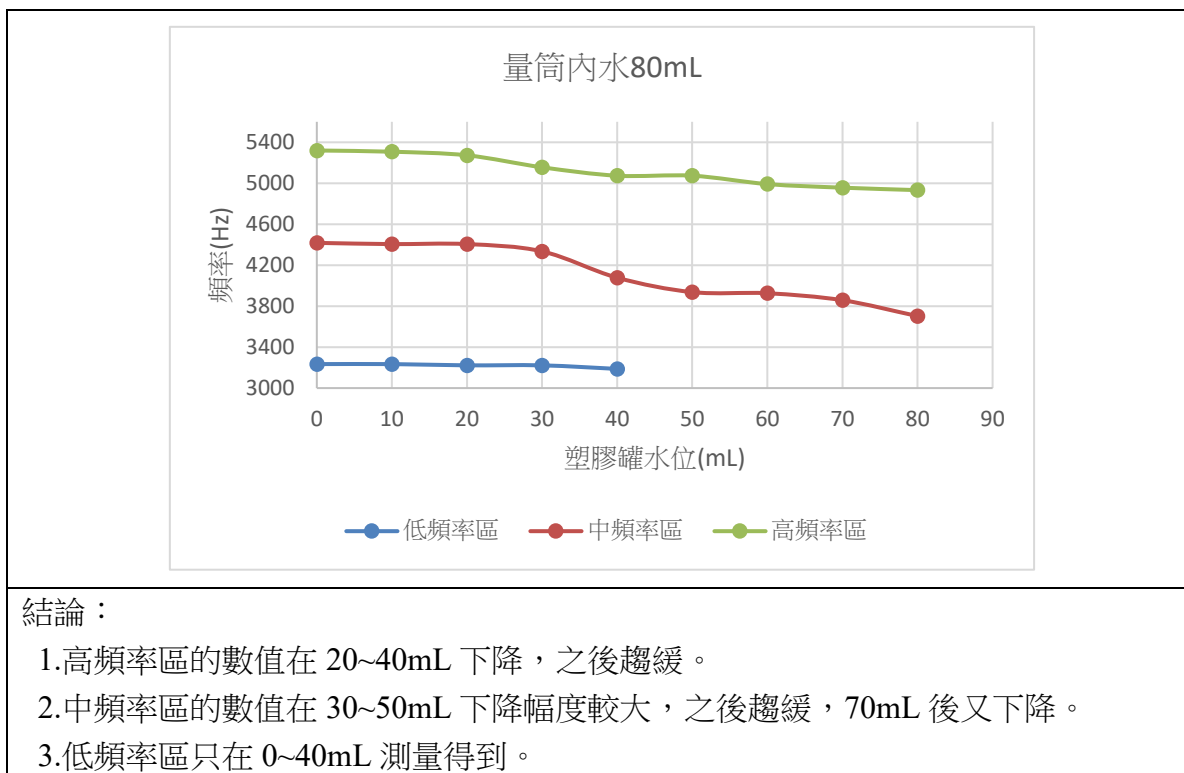
- 1.高頻率區的數值在 30mL 後出現，整體呈下降後趨緩狀態。
- 2.中頻率區的數值在 30~40mL 下降，之後趨緩，60mL 後又下降。
- 3.低頻率區的數值在 30~40mL 陡降，之後便測量不到。

(五)量筒內水量 80mL

1.數據平均值

量筒水位 (mL)	塑膠罐水位 (mL)	相對低頻率區平均值(Hz)	相對中頻率區平均值(Hz)	相對高頻率區平均值(Hz)
80	0	3234	4418	5320
80	10	3234	4406	5308
80	20	3222	4406	5273
80	30	3222	4335	5156
80	40	3187	4078	5074
80	50		3937	5074
80	60		3926	4992
80	70		3858	4957
80	80		3703	4933

2.實驗結果



陸、討論

一、敲擊玻璃杯產生聲波的原因

經查詢文獻後了解，敲擊玻璃杯振動杯壁質點，產生了波動(橫波)，所聽見的聲音是波動形成駐波的結果。

二、量筒外容器材質之選擇

(一)剛開始實驗時，我們是在量筒外放置大燒杯，但擔心量筒與燒杯同為玻璃材質會影響實驗結果，因此決定將第一個研究的容器換成大容量的鐵罐。

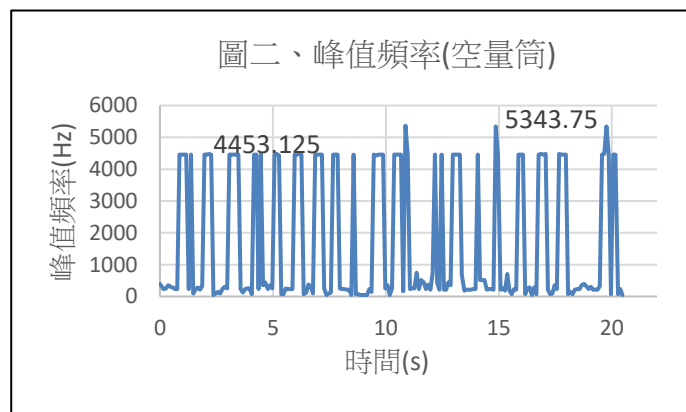
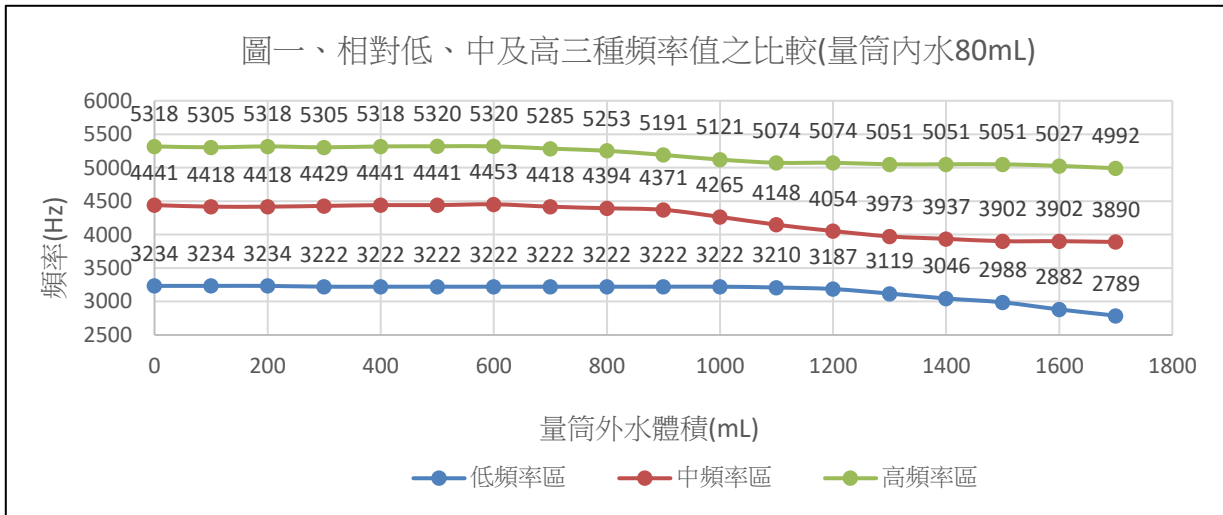
(二)在第二個研究中，因為必須觀察水位高低，因此使用透明塑膠罐，方便觀察。

三、相對低、中及高三種頻率來源之探討

(一)當我們敲擊量筒後竟出現多種峰值頻率，讓我們無所適從，我們試著把相近的頻率視為同一區段平均之，大致歸納出低、中及高三種相對頻率。經查詢資料得知，在敲擊玻璃水杯後產生的聲波可能包含了基音及泛音。我們比對了低、中及高三種頻率，彼此間並沒有接近倍數的關係，且三者都偏高，因此我們推測，實驗所測得之頻率皆為泛音頻率。

(二)以量筒內裝水 80mL 的實驗結果來看(圖一)，低、中及高三條變化曲線彼此間的頻率間隔很接近，低頻率與中頻率之間的差平均為 1089(Hz)，而高頻率與中頻率之間的差

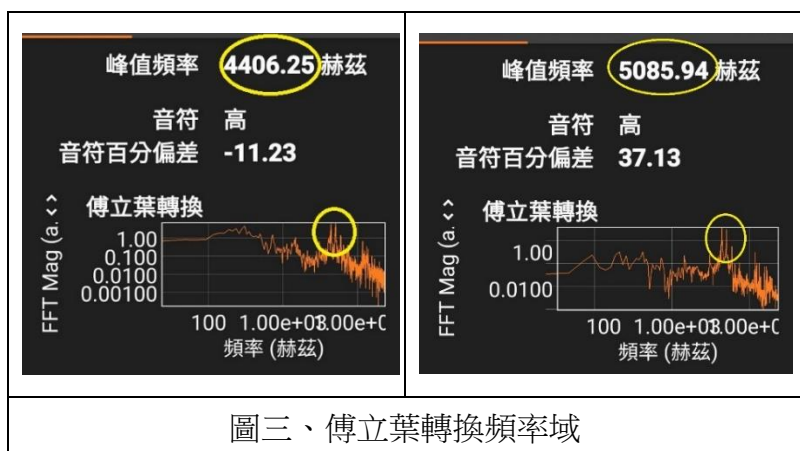
平均為 949(Hz)，兩者差距不大，由此可說明我們實驗所得之數據為鄰近的三組泛音頻率。文獻資料中也提到，當以敲擊的方式進行實驗，泛音的強度可能會超過基音，圖二為我們反覆敲擊空量筒(內外皆無水)時所收到的峰值頻率，其中 4453Hz 訊號最強，其次為 5343(Hz)，兩者皆為泛音。也代表以我們的敲擊工具撞擊量筒定點後，收集到的峰值頻率確實只有泛音。



四、關於消失之頻率

(一)研究中發現，每一次敲

擊，會有一種或兩種訊號比較強的峰值頻率，我們稱為主要頻率，而主要頻率以外的聲波有可能測量不到、出現次數較少或是手機靠近量筒時才能測得。(圖三)我們以量筒內外水位皆為 60mL



圖三、傅立葉轉換頻率域

時為例，測得之峰值頻率為 4406.25Hz 及 5085.94Hz，即此時之主要頻率(中頻率及高頻率)，低頻率則測量不到。

(二)為了探討原因，我們紀錄了三種頻率出現的難易程度(表一)，歸納如下：

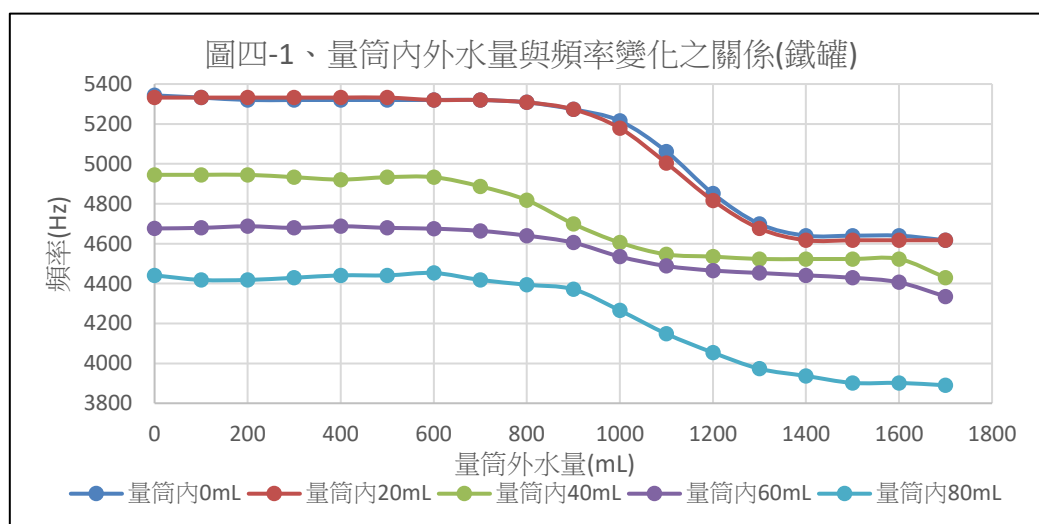
- 1.相對頻率出現之難易程度與量筒內外之水位有關。
- 2.整體而言，低頻率區之聲波在量筒內外水位皆較低時，容易成為主要頻率，較為明顯，水位較高時則不易出現；高頻率區之聲波則相反，當量筒內外水位較高時，會成為主要頻率，水位較低時，則不易出現；中頻率區之聲波則介於兩者之間，而我們測得之數據以中頻率區最為完整。

	量筒內水位	量筒外不同水位時，三種相對頻率出現情形
1	0mL	1.量筒外 0~40mL，低頻率為主。 2.量筒外 50~60mL，中頻率為主。 3.量筒外 70~80mL，中、高頻率為主。
2	20mL	1.量筒外 0~40mL，低頻率為主。 2.量筒外 50~60mL，中頻率為主。 3.量筒外 70~80mL，中、高頻率為主。
3	40mL	1.量筒外 0~20mL，低、中頻率為主 2.量筒外 30~40mL，中頻率為主。 3.量筒外 50mL 中、高頻率為主。 4.量筒外 60mL~80mL，高頻率為主。
4	60mL	1.量筒外 0~50mL，中頻率為主。 2.量筒外 60mL，中、高頻率為主。 3.量筒外 70~80mL，高頻率為主。
5	80mL	量筒外 0~80mL，高頻率為主。

表一

五、量筒外水量多寡與頻率變化之關係(鐵罐)

我們的研究結果中，相對中頻率區之數據最為完整，因此往後討論，我們便以此區頻率變化來探討。



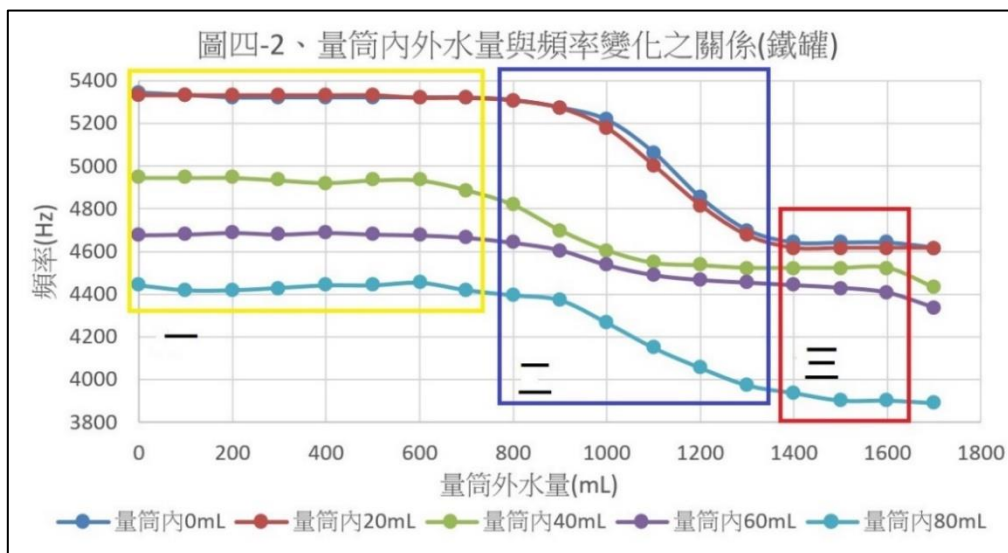
(一)(圖四-1)比較結果如下：

- 1.量筒內水量較少時(0~20mL)，整體頻率變化相近，曲線接近重疊，代表量筒內水量較少時，對頻率變化造成的影響很小。隨著量筒內水量增加(40~80mL)，整體頻率也明顯下降，代表整體頻率受量筒內水量增加而下降。
- 2.量筒內水量固定，量筒外水量較少時(約 0~800mL)，頻率變化較不明顯；而後隨著水量增加，頻率會有下降再趨平緩的現象。
- 3.實驗結果顯示，頻率同時受到量筒內及量筒外水量影響，量筒內水量增加至 40~80mL 時明顯下降，而量筒外水量約在 800~1500mL 影響較明顯，而後趨緩。

(二)量筒外水量對頻率影響之探討

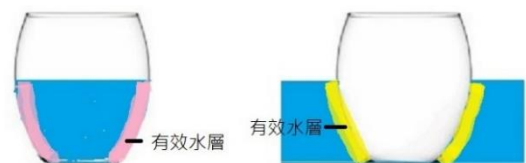
我們再將關係圖大致分解成三個階段(如圖四-2)：

- 1.第一階段，頻率主要是受量筒內水量的影響，量筒外水體還未達到影響頻率條件。
- 2.第二階段，量筒外的水體開始影響整體頻率，並隨著水量增加而下降。
- 3.第三階段，量筒外的水體達共振頻率，此階段頻率持平。



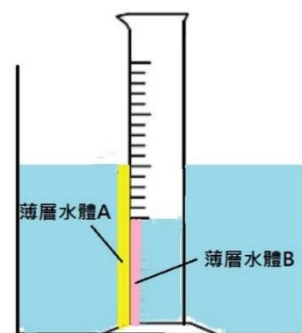
六、影響頻率水體之探討

(一)我們搜尋許多文獻資料，但大多是對於玻璃杯內水體的探討，關於杯外水體對玻璃頻率影響之研究很少，僅有一份研究提出，(圖五)敲擊玻璃杯時，振動的水體來自於靠近杯壁的一層有效水層，而非整個水體。



圖五

(二)在鐵罐的實驗中，我們是以增加量筒外水量(體積)的方式進行實驗，為了驗證上述假說，我們以量筒外與量筒內之水位高度來代替有效薄層水體 A 及 B(圖六)，並以塑膠罐代替鐵罐，方便觀察水位，再次進行研究。

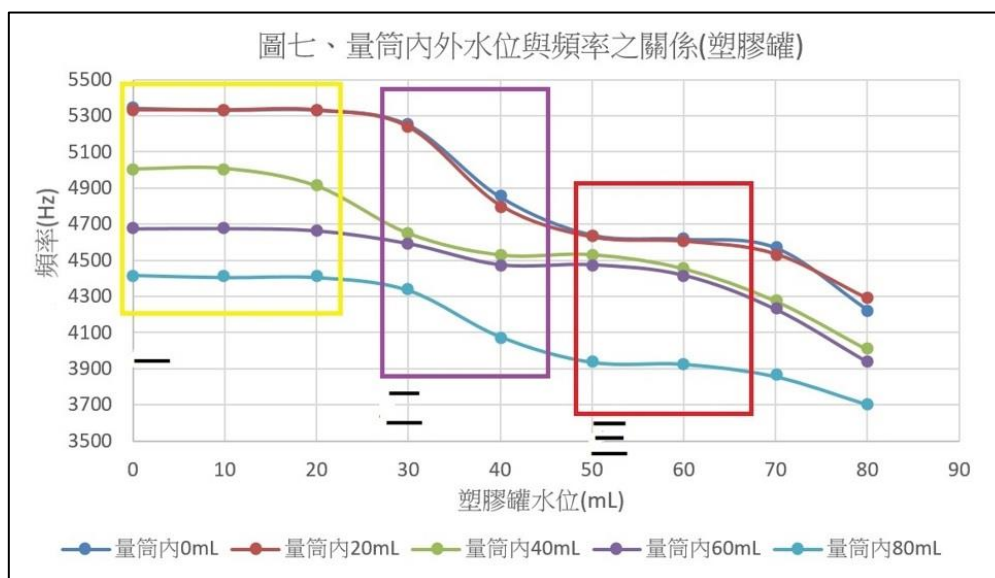


圖六

七、量筒外水位高度與頻率變化之關係(塑膠罐)

(一)實驗結果與鐵罐相似(圖七)

- 1.第一階段，頻率主要是受(圖六)量筒內薄層水體 B 之影響，量筒外的薄層水體 A 還未達到影響頻率之條件。
- 2.第二階段，量筒外薄層水體 A 開始影響整體頻率，頻率隨著水位增加而下降。
- 3.第三階段，量筒外的薄層水體 A 達共振頻率，此階段頻率持平。
- 4.第三階段後，頻率又開始下降，可以預測後面應該會迎來下一個共振頻率。



(二)鐵罐與塑膠罐共振頻率之比較(表二)

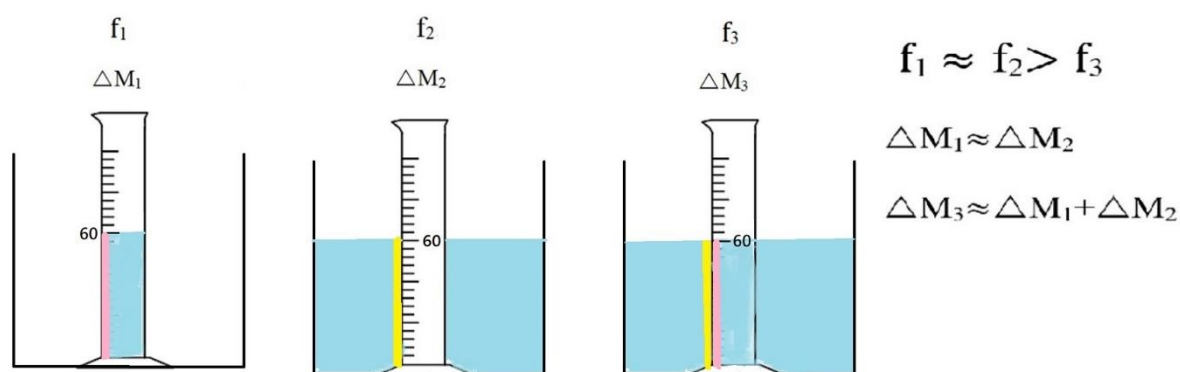
- 1.量筒內水位相等時，鐵罐與塑膠罐實驗所得的共振頻率是非常相近的($f_1 \approx f_2$)，也就是說，當水位高度達一定，就能滿足共振條件，而非整體水量達到一定。
- 2.我們的研究中，量筒外，達到共振頻率的水位高度約在 50mL。

	量筒內水位 0mL	量筒內水位 20mL	量筒內水位 40mL	量筒內水位 60mL	量筒內水位 80mL
鐵罐共振頻率 f_1	4640Hz	4617Hz	4523Hz	4453Hz	3902Hz
塑膠罐共振頻率 f_2	4640Hz	4629Hz	4529Hz	4476Hz	3937Hz
塑膠罐水位 h	50~60mL	50~60mL	40~50mL	40~50mL	50~60mL

表二

八、有效薄層水體與頻率之探討

(一)文獻資料中提及，當玻璃杯內外之有效水層質量差不多時，產生的頻率也會相近。將此概念帶入我們的研究中，(圖八)水位高度一樣，左邊量筒內有效薄層水體 ΔM_1 與中間量筒外有效薄層水體 ΔM_2 質量差不多($\Delta M_1 \approx \Delta M_2$)，因此兩者之頻率也應相近($f_1 \approx f_2$)；若量筒內外皆有水(右邊)，則有效薄層水體質量 ΔM_3 接近於 $\Delta M_1 + \Delta M_2$ ，頻率會低於前兩者($f_1 \approx f_2 > f_3$)。



圖八

(二)研究結果

- 我們將實驗所得水位與頻率之關係列於表三，結果發現，在量筒內 60mL、量筒外無水(4675Hz)與量筒外 60mL、量筒內無水(4617Hz)，兩者之頻率相近，且大於量筒內外皆有水之頻率(4418Hz)，符合有效水層的概念。然而其他實驗中，兩者頻率還是有差異性存在。整體而言，同樣水位，量筒內有水之頻率 f_1 大於量筒外有水之頻率 f_2 。
- 造成上述結果之原因，我們推測是因為量筒存在一定厚度，量筒外的有效薄層水體較量筒內略多，再加上量筒底座的部分，會使得等水位高度時，量筒外有水之頻率低於量筒內有水之頻率。另外，量筒內的水與量筒外的水存在空間不同，對量筒的影響也不一定相同。

次別	f_1 頻率(Hz) 量筒水位(內, 外)(mL)		f_2 頻率(Hz) 量筒水位(內, 外)(mL)		f_3 頻率(Hz) 量筒水位(內, 外)(mL)
1	5332(20, 0)	=	5332(0, 20)	=	5332(20, 20)
2	5004(40, 0)	>	4851(0, 40)	>	4529(40, 40)
3	4675(60, 0)	≈	4617(0, 60)	>	4418(60, 60)
4	4418(80, 0)	>	4227(0, 80)	>	3703(80, 80)

表三

柒、結論

- 一、量筒內水量固定，在量筒外容器裝入不同水量(或水位)之純水，敲擊量筒後會有多個頻率同時出現，我們大致歸納出相對之低、中及高三種頻率，這三種頻率皆為泛音頻率。
- 二、相對低、中及高三種泛音頻率的強弱與量筒內外水位高度有關。低頻率在量筒內外水位皆較低時，容易成為主要頻率；高頻率則在量筒內外水位較高時，會成為主要頻率；中頻率則介於兩者之間。
- 三、量筒內外水位對頻率之影響
 - (一)量筒內水位較低時(0~20mL)，頻率變化不明顯，水位在 20mL 後，隨著水位增加，整體頻率也會下降。
 - (二)量筒外水位對頻率影響可視為三階段，第一階段(0~20mL)：影響不明顯，第二階段(30~40mL)頻率明顯下降，第三階段(50~60mL)頻率持平，我們推測此時有效薄層水體達共振頻率。70~80mL 頻率又開始下降，可預測之後又會持平。
- 四、研究後發現，當水位高度達一定，塑膠罐與鐵罐實驗所得之共振頻率是相近的($f_1 \approx f_2$)，也就是說，影響頻率變化的水體，有可能僅為量筒內與量筒外靠近玻璃的有效薄層水體，而非整體的水量。
- 五、以有效薄層水體影響頻率的概念來看，等水位高度時，量筒內有水、量筒外無水與量筒內無水、量筒外有水時，兩者頻率應相近。我們研究後發現不一定如此，且整體而言，量筒外有水時，頻率較低，推測是量筒的厚度、底座以及量筒內外水體存在空間不同造成之結果。
- 六、量筒底部的厚度及空間、以水位高度代替有效薄層水體及水位高度的觀察判別都存在一定誤差，未來我們希望能克服這些問題，讓實驗結果能更加準確，也希望能將實驗延伸至純水以外的水溶液，做出更多不同的研究。

捌、參考資料與文獻

- 一、鄭亦珊(2004)。敲出問題來。旺宏科學獎第三屆作品觀摩。取自：
<https://www.mxeduc.org.tw/scienceaward/history/projectDoc/3rd/production.htm>
- 二、沈子耕(2017)。波濤洶湧的酒杯—玻璃杯共振之研究。中華民國第 57 屆中小學科學展覽會參展作品專輯。
- 三、Paul G. Hewitt (2013)。觀念物理 IV—聲學、光學(2 版)。陳可崗譯。天下文化。

【評語】 030112

此實驗改變容器內外水量等變因，量測發音頻率變化，是一個有創意的題目。實驗雖然簡單，但敲擊動作不易控制，且容易受環境影響。但團隊嘗試不同的分析方法，值得鼓勵。

作品簡報



敲出瓶外之音

國中組 物理科

前言

研究動機

- 理化實驗課學到：玻璃杯水位愈高，頻率愈低；水位愈低，頻率愈高。
- 好奇：如果在玻璃杯外也添加水，會不會影響到頻率的高低？

研究目的

- 量筒外不同水量 → 對聲波頻率之影響。
- 量筒外不同高度水位 → 對聲波頻率之影響

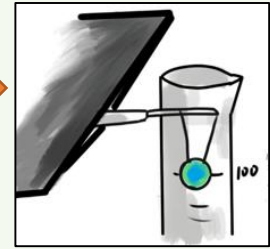
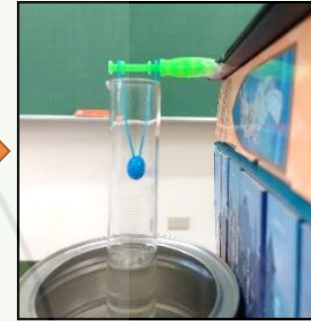
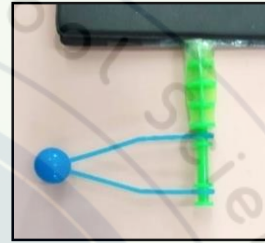
研究方法

敲擊工具

手搖碰碰球取下一顆

黏於資料夾邊緣，放置於套書上固定

調整高度，敲擊球對準量筒100mL處



研究流程

量筒內純水
0~80mL

量筒外鐵罐
水量0~1700mL

量筒外塑膠罐
水位0~80mL

反覆敲擊
量筒定點

Phyphox
測量峰值頻率

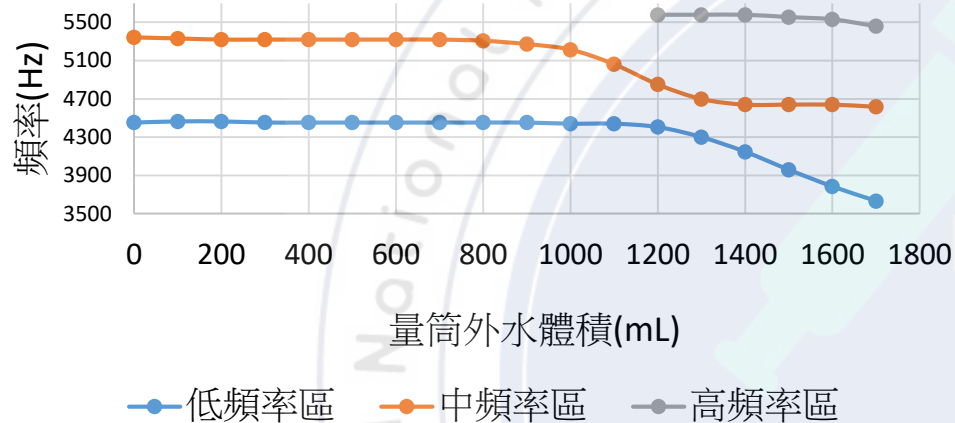


量筒外
水量、水位
與頻率之關係

研究結果

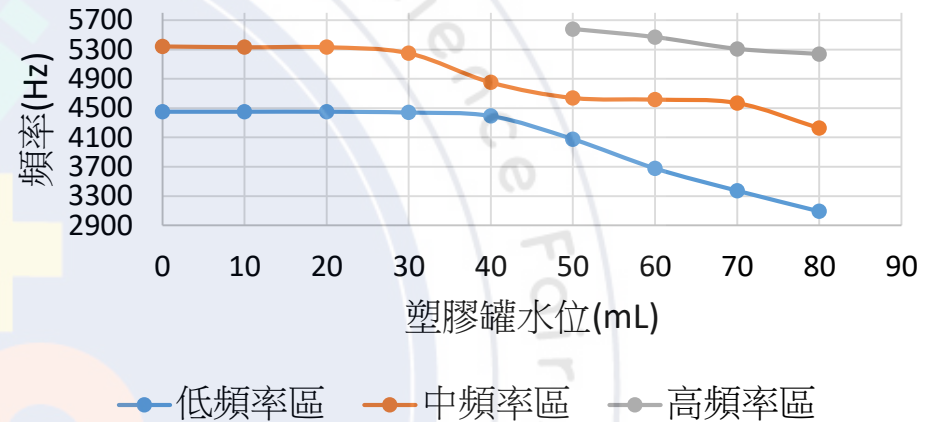
鐵罐-水量

量筒內水0mL

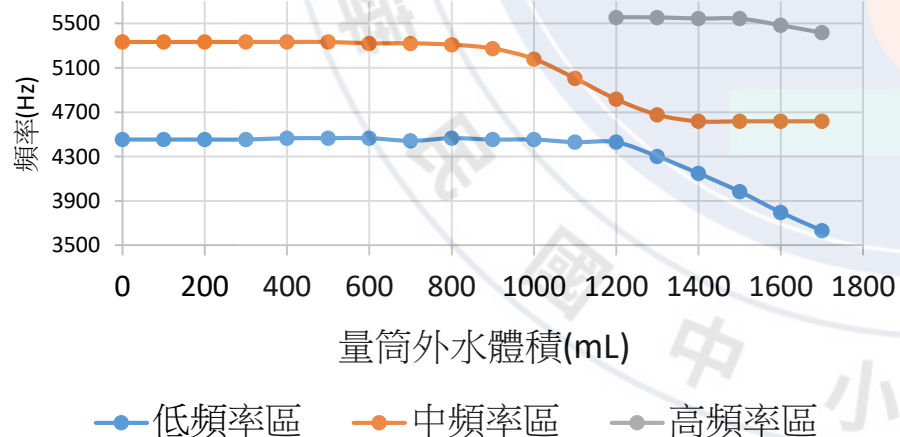


塑膠罐-水位

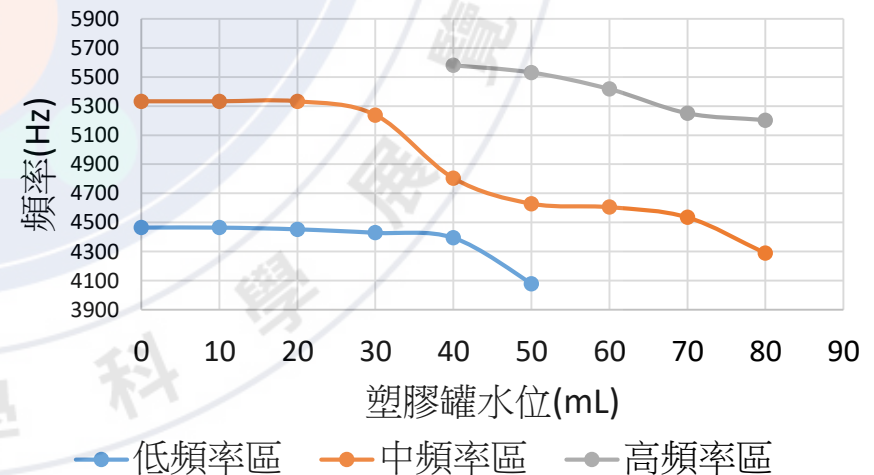
量筒內水0mL



量筒內水20mL



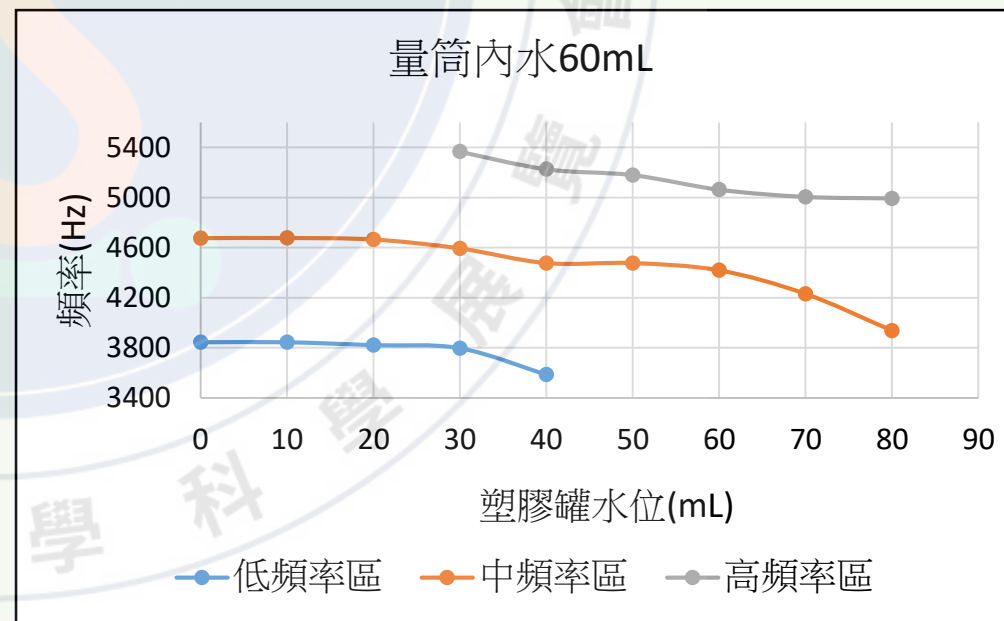
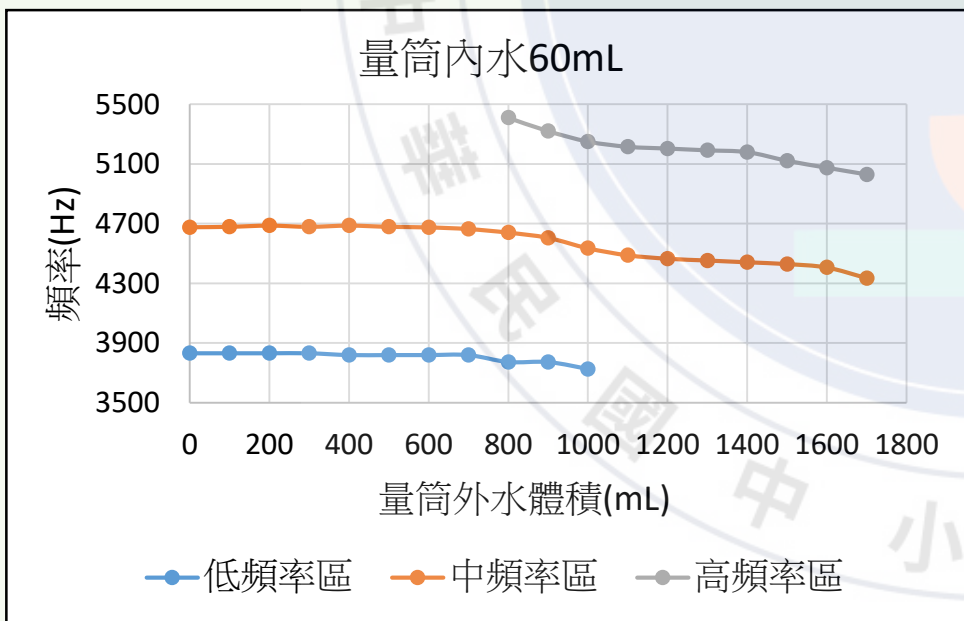
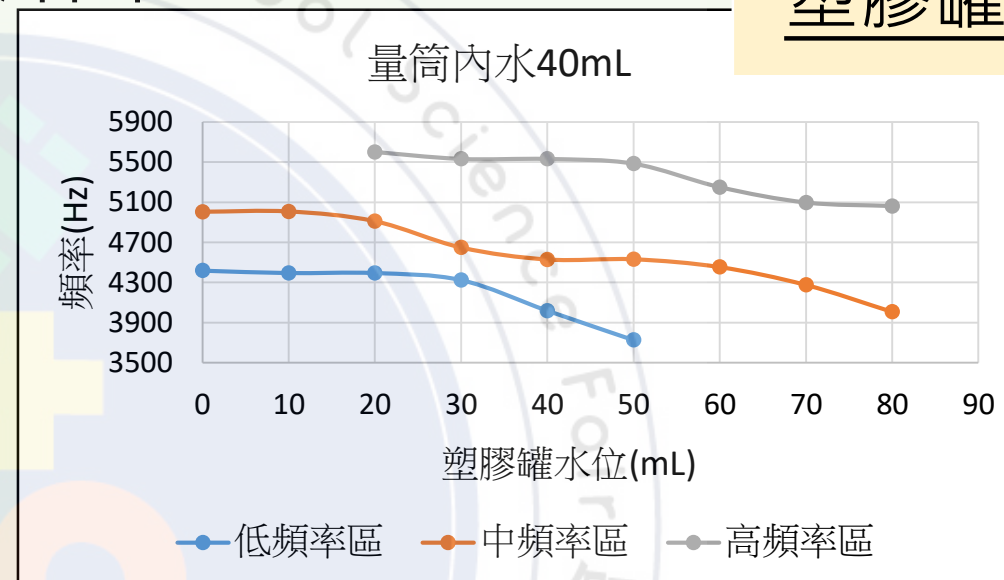
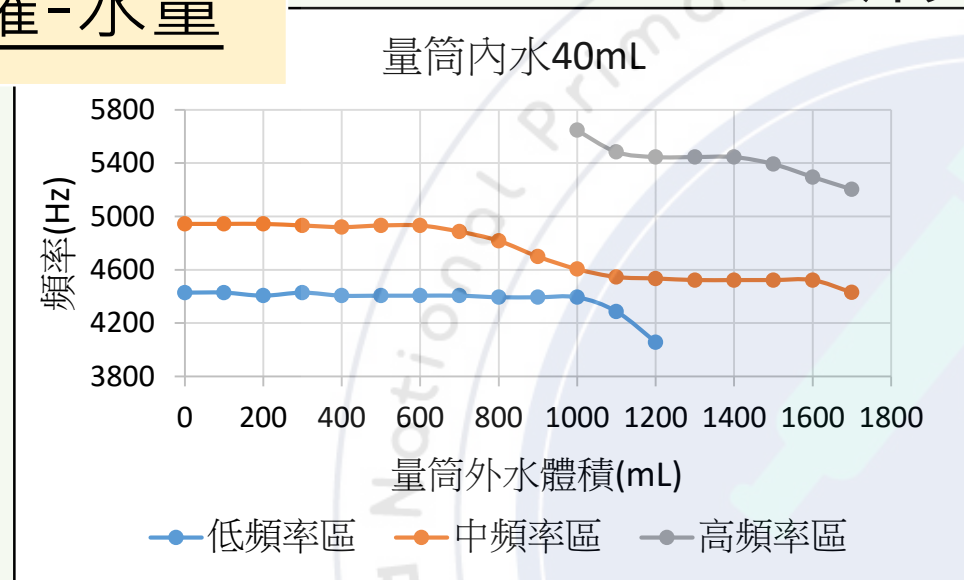
量筒內水20mL



研究結果

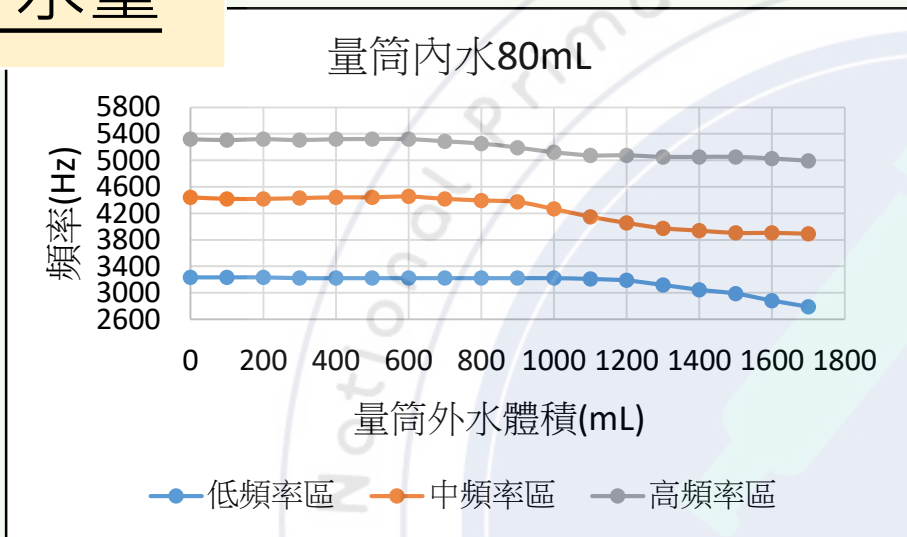
鐵罐-水量

塑膠罐-水位

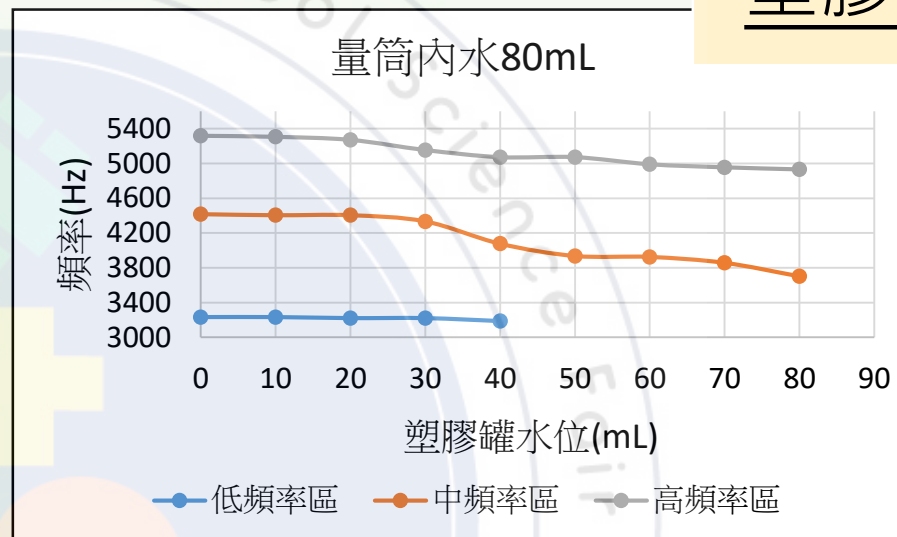


研究結果

鐵罐-水量



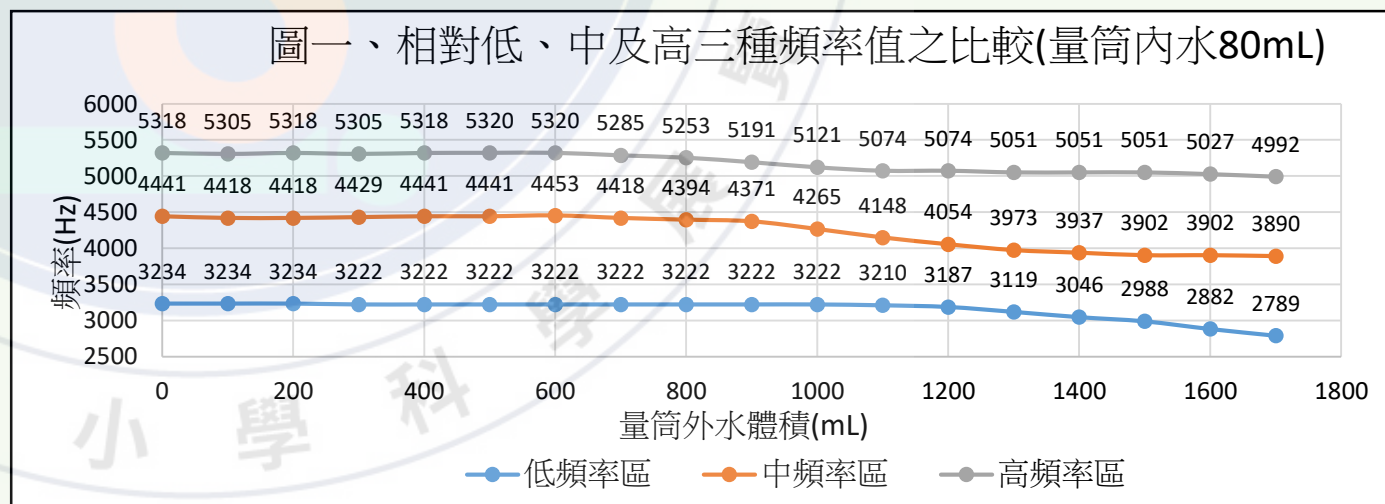
塑膠罐-水位



討論與結論

一、敲擊後出現低、中及高三種相對頻率。

➡ 推測為鄰近的泛音。

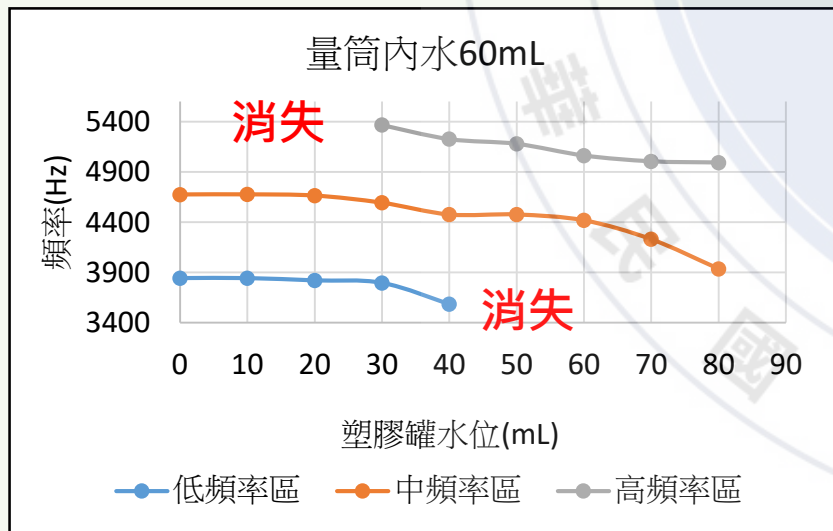


討論與結論

二、關於消失之頻率?

- 水位低-低頻率為主
- 水位高-高頻率為主

➡ 相對頻率訊號強弱與量筒內外之水位有關。

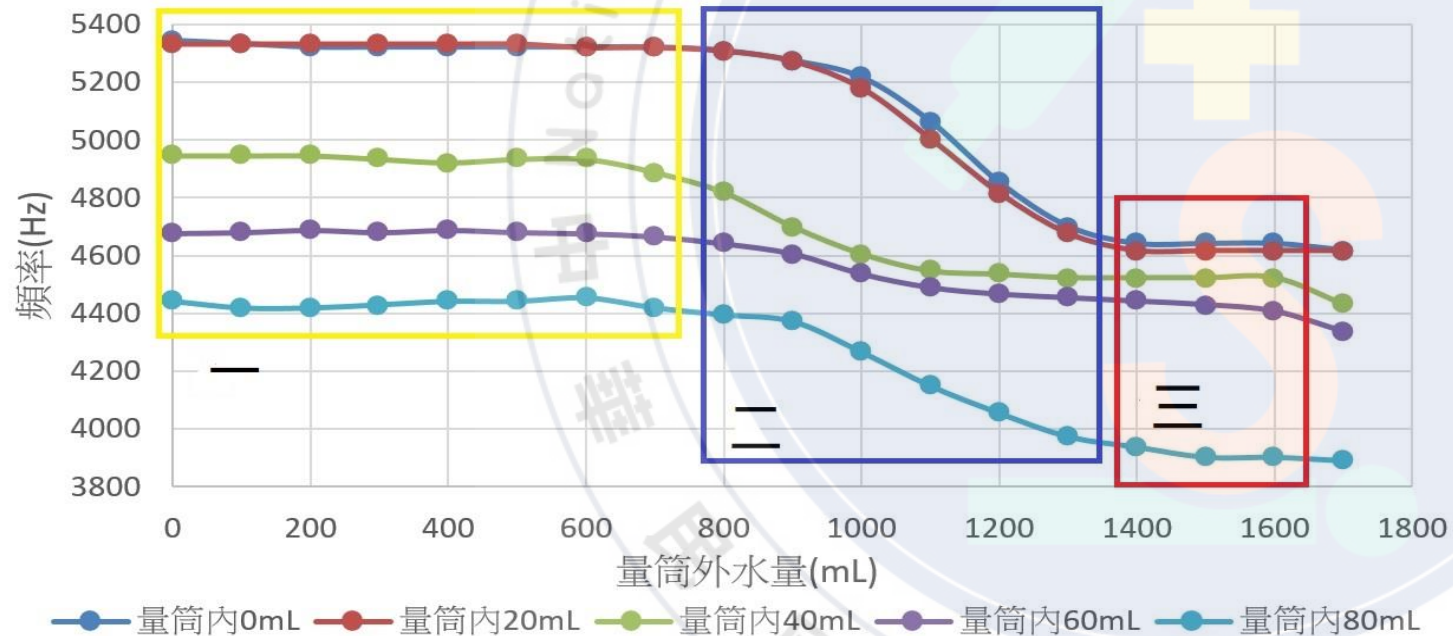


	量筒內水位	量筒外不同水位時，三種相對頻率出現情形
1	0mL	1.量筒外0~40mL， 低頻率 為主。 2.量筒外50~60mL， 中頻率 為主。 3.量筒外70~80mL， 中、高頻率 為主。
2	20mL	1.量筒外0~40mL， 低頻率 為主。 2.量筒外50~60mL， 中頻率 為主。 3.量筒外70~80mL， 中、高頻率 為主。
3	40mL	1.量筒外0~20mL， 低、中頻率 為主 2.量筒外30~40mL， 中頻率 為主。 3.量筒外50mL 中、高頻率 為主。 4.量筒外60mL~80mL， 高頻率 為主。
4	60mL	1.量筒外0~50mL， 中頻率 為主。 2.量筒外60mL， 中、高頻率 為主。 3.量筒外70~80mL， 高頻率 為主。
5	80mL	量筒外0~80mL， 高頻率 為主。

討論與結論

三、量筒外水量多寡與頻率之關係

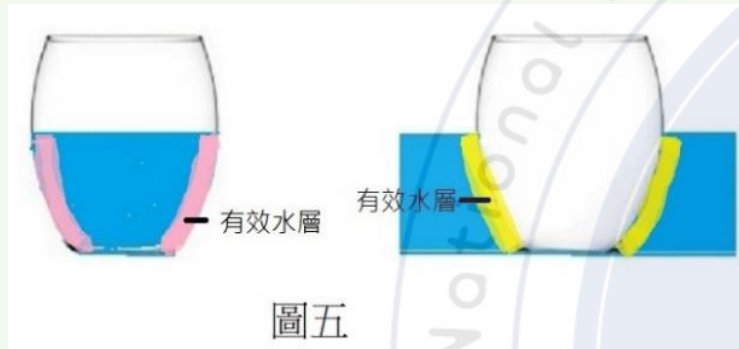
圖四-2、量筒內外水量與頻率變化之關係(鐵罐)



- ◆第一階段，受量筒內水量影響。
- ◆第二階段，量筒外水體開始影響，頻率隨著水量增加而下降。
- ◆第三階段，量筒外水體達共振頻率，頻率持平。

討論與結論

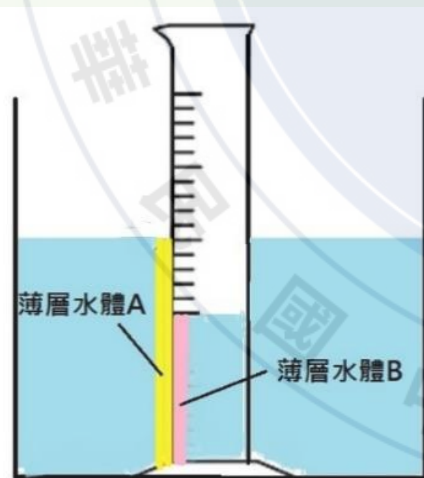
四、影響頻率水體之探討



振動的水體可能來自於靠近杯壁的一層有效水層，而非整個水體。



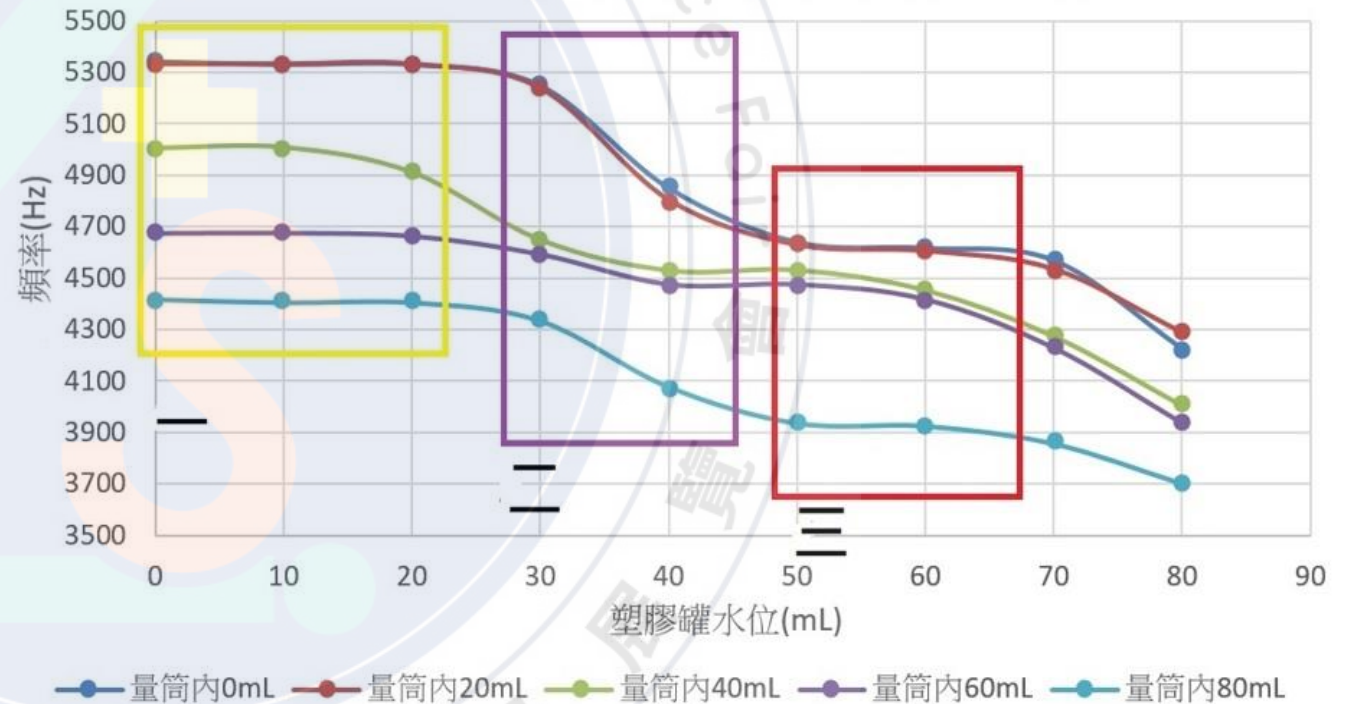
以水位高度代替薄層水體A、B



圖六

五、量筒外水位高度與頻率變化關係

圖七、量筒內外水位與頻率之關係(塑膠罐)



實驗結果與鐵罐相似~

討論與結論

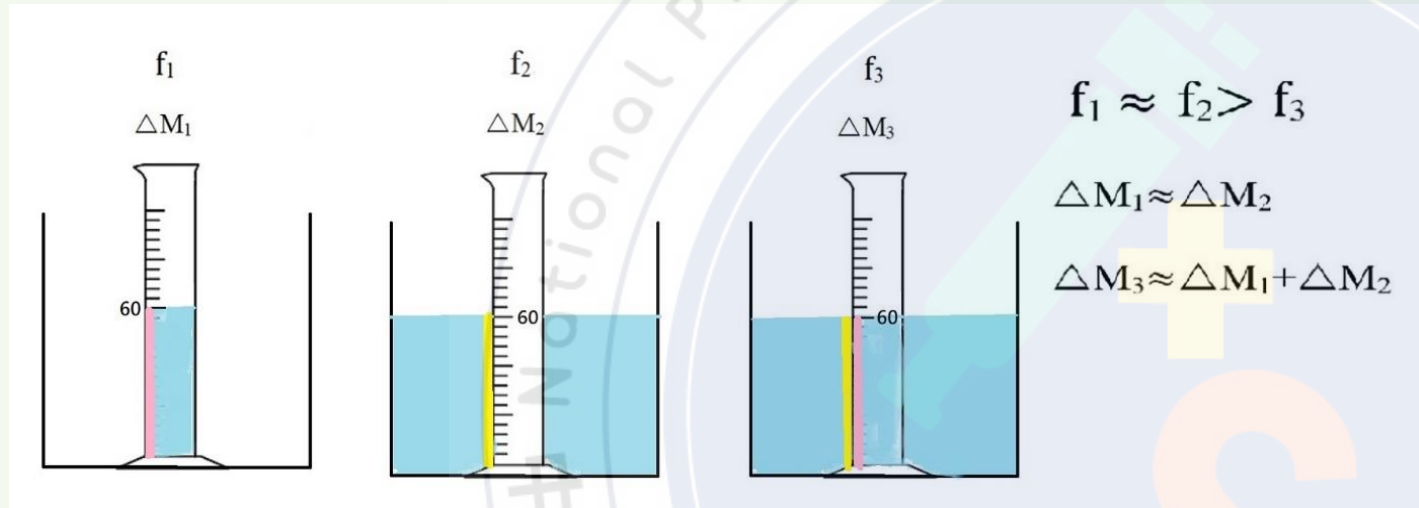
- 鐵罐與塑膠罐共振頻率之比較

	量筒內水位 0mL	量筒內水位 20mL	量筒內水位 40mL	量筒內水位 60mL	量筒內水位 80mL
鐵罐共振頻率 f_1	4640(Hz)	4617(Hz)	4523(Hz)	4453(Hz)	3902(Hz)
塑膠罐共振頻率 f_2	4640(Hz)	4629(Hz)	4529(Hz)	4476(Hz)	3937(Hz)
塑膠罐水位h	50~60mL	50~60 mL	40~50 mL	40~50 mL	50~60 mL

- ◆量筒內水位相等，鐵罐與塑膠罐實驗共振頻率非常相近的($f_1 \approx f_2$)。
- ◆**水位高度**達一定，就能滿足共振條件，而非整體水量。
- ◆量筒外，達到共振頻率的水位高度約在50mL。

討論與結論

六、有效薄層水體與頻率之探討



- ◆ 水位高度一樣，有效薄層水體 ΔM_1 與 ΔM_2 差不多，兩者頻率應相近。
- ◆ 若內外皆有水，有效薄層水體 ΔM_3 接近於 $\Delta M_1 + \Delta M_2$ ，頻率會低於前兩者。

次別	f_1 頻率(Hz) 量筒水位(內, 外)(mL)		f_2 頻率(Hz) 量筒水位(內, 外)(mL)		f_3 頻率(Hz) 量筒水位(內, 外)(mL)
1	5332(20, 0)	=	5332(0, 20)	=	5332(20, 20)
2	5004(40, 0)	>	4851(0, 40)	>	4529(40, 40)
3	4675(60, 0)	≈	4617(0, 60)	>	4418(60, 60)
4	4418(80, 0)	>	4227(0, 80)	>	3703(80, 80)

討論與結論

- ◆ 整體而言，同樣水位，量筒內有水之頻率 f_1 大於量筒外有水之頻率 f_2 。
 - ➡ 推測因為量筒厚度、量筒底座、量筒內外的水存在空間不同造成。
- ◆ 未來希望能克服這些問題，讓實驗結果能更加準確，也希望能將實驗延伸至純水以外的水溶液，做出更多不同的研究。

參考資料與文獻

- 鄭亦珊(2004)。敲出問題來。旺宏科學獎第三屆作品觀摩。取自：
<https://www.mxeduc.org.tw/scienceaward/history/projectDoc/3rd/production.htm>
- 沈子耕(民106)。波濤洶湧的酒杯—玻璃杯共振之研究。中華民國第57屆中小學科學展覽會參展作品專輯。
- Paul G. Hewitt (2013)。觀念物理IV - 聲學、光學(2版)。陳可崗譯。天下文化。