

嘉義縣第 52 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：物理

組 別：國中組

作品名稱：膜幻力量

關鍵詞：竹蟬 共振膜 共鳴腔管

編號：

作品名稱:膜幻力量

摘要

民國 99 年台北舉辦國際花博展覽，當時很多媒體爭先報導，我看到電視新聞拍攝科技館內的科技花時感到非常驚奇，對記者提到紙喇叭這個名詞，充滿好奇心於是就上網查閱有關紙喇叭的原理。就讀國小的妹妹在學校完成竹蟬拿回家玩，我從學校回家時看到妹妹在玩竹蟬，讓我回想到小時候也曾有玩過竹蟬，聯想到自然課上到聲波單元時老師在講共鳴的例子有提到竹蟬。這次的科展原想研究紙喇叭但礙於價格，就改研究共振膜與共鳴的關聯性。

壹、研究動機

上網查閱有關紙喇叭的相關議題，在「科學人」雜誌網路版有查到以下這段文章內容：由於音量與振幅成正比，紙喇叭的厚度不到 2 毫米，薄膜震動連帶壓縮空氣產生的振幅不大，因此要達到與一般音響差不多的音量，得另想方法克服。在上學期自然課學到聲波那個單元時課本有介紹到共鳴可以提高聲音的響度，就將想研究紙喇叭的動機與看到妹妹在玩竹蟬的景象跟老師討論後，老師覺得竹蟬會是一個很好的研究題材因為上網查有關竹蟬與共鳴管的科展題材，發現這些題材都是科展的熱門話題，所以在資料的找尋會比較容易也較為完整。

貳、研究目的

- 一、 相同竹蟬筒長，不同繩長對竹蟬的音調、響度的影響。
- 二、 相同繩長，不同筒長（有共振膜）對竹蟬的音調、響度的影響。
- 三、 相同繩長，不同筒長（沒有共振膜）對竹蟬音調、響度的影響。
- 四、 相同繩長、筒長，有無共振膜對竹蟬音調、響度的影響。
- 五、 相同的繩長，有無共鳴管對音調、響度的影響。

參、研究設備及器材

保特瓶、打火機、口徑 35mm 的 PVC 塑膠管、釣魚線、牛皮紙、竹筷、松香、酒精燈、蒸發皿、陶瓷纖維網、牙籤、個人電腦、麥克風、音頻軟體、雙面膠、重物（如：電池、螺帽）

肆、研究過程或方法

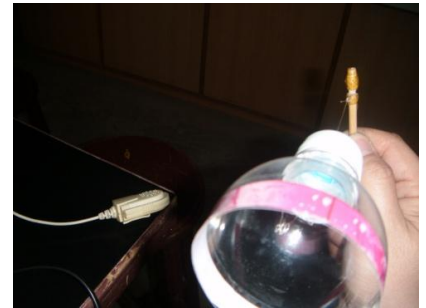
- 一、 在確定科展研究題目後，我們小組先是從網路上找尋研究所需要的資料，例如竹蟬的筒長長度為多少發出的聲音最為響亮、共振膜的材質、繩子的材質。後來參閱了一些書及與之前的科展內容大致上得到初略的概念，決定以塑膠管作為筒子的材料，因為可以控制筒子的品質。以釣魚線作為繩子的材料，實驗初為了找尋可以發出比較響亮的繩子，後買了一些線材例如棉線、

風箏線等，但經測試過後發現與查詢到的資料大致相符，釣魚線可以發出的較大聲響。

- 二、 最初的實驗是以保特瓶做為筒子材料，因為寶特瓶是工廠大量生產，每一支寶特瓶的材質與重量約略相同，且做實驗時控制變因越多越好，這樣影響實驗的因素就降為最低。

實驗一：相同材質的保特瓶 不同長度的瓶身，對竹蟬聲音的影響

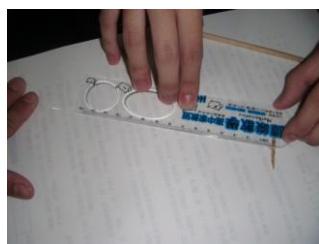
- (一).將一個瓶蓋挖一孔，穿過綁有竹籤的釣魚線，釣魚線另一端綁一個環，環套在沾有松香的竹筷上。
- (二).從保特瓶瓶口量起長度 8 公分長的瓶身作為筒長，用小刀割下。
- (三).重複步驟 2 改變不同長度，長度分別為 13 公分、18 公分。
- (四).將步驟 1 製作好的瓶蓋鎖在步驟 2 與步驟 3 的瓶子，像在轉動竹蟬一樣轉動瓶子觀察三者聲音的不同。



實驗二：相同長度筒長 不同繩長的竹蟬，對聲音的影響

- (一).裁塑膠管長度為 5 公分，用砂紙將被鋸處磨乾淨，塑膠管一端貼上雙面膠，黏貼上適當大小牛皮紙做為共振膜。
- (二).牛皮紙上穿一孔，將預先綁有環與牙籤的釣魚線，穿過牛皮紙紙上的孔，用音頻軟體記錄聲音的波形。
- (三).重複步驟 2 改變不同繩長，並記錄其聲音波形。

編號	1	2	3	4
繩長	20 公分	15 公分	10 公分	5 公分



實驗三：相同繩長 不同筒長 有共振膜，對竹蟬聲音的影響

- (一).將塑膠管鋸成長度不等的數節，在塑膠管一端貼上牛皮紙製作成竹蟬的筒身。
- (二).須使用同一條釣魚線。
- (三).利用麥克風將不同筒長的竹蟬所發出的聲音用麥克風記錄下來。

編號	A	B	C	D	E
筒長 cm	5	8	11	14	17



實驗四：相同繩長 不同筒長 沒共振膜，對竹蟬聲音的影響

- (一).將塑膠管鋸成長度為 5 公分、6 公分、8 公分、10 公分、14 公分的筒長。
- (二).用麥克風記錄不同筒長的竹蟬的聲波。

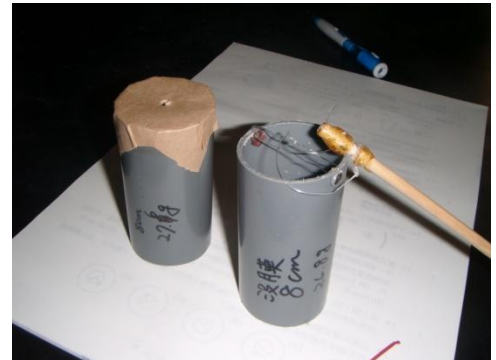
編號	甲	乙	丙	丁
筒長 cm	5	8	10	14



實驗五:相同筒長 相同繩長 有無牛皮紙，對聲音的影響

- (一).取 2 相同筒長的塑膠管，一個塑膠管有貼上牛皮紙，另一個沒有貼上牛紙，
- (二).製作成竹蟬。使用麥克風紀錄聲音的波形。
- (三).改變不同筒長的塑膠管，如步驟 1。

編號	A	甲	B	乙
貼牛皮紙	有	無	有	無
筒長 cm	5	5	8	8

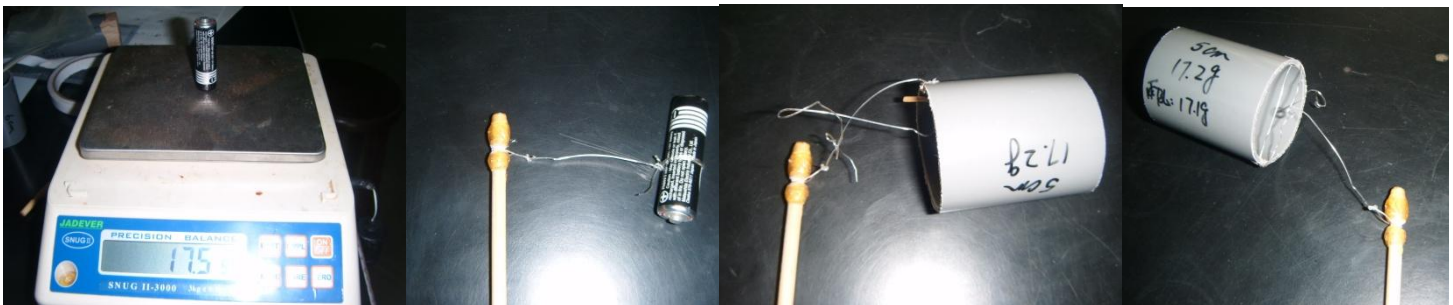


實驗六：相同筒長、繩長 相近重量的重物，對聲音的影響

(一).取筒長相同的塑膠管與相近重量的重物，分別綁在釣魚線的一端，製作成不同規格的竹蟬。

(二).用麥克風記錄不同規格的竹蟬發出的聲音。

編號	A	甲	電池	B	乙	螺帽
牛皮紙	有	無	無	有	無	無
共鳴管	有	有	無	有	有	無
筒長 Cm	5	5		8	8	
重量 G	18.0	17.2	17.5	27.6	26.8	25.5



伍、研究結果

一、預備工作：

- (一).將竹筷用小刀削成在頂端有凹痕，用砂紙磨光竹筷刀銷處。
- (二).加熱松香，待松香融化成液體時，削好的竹筷那端沾松香，冷卻備用。

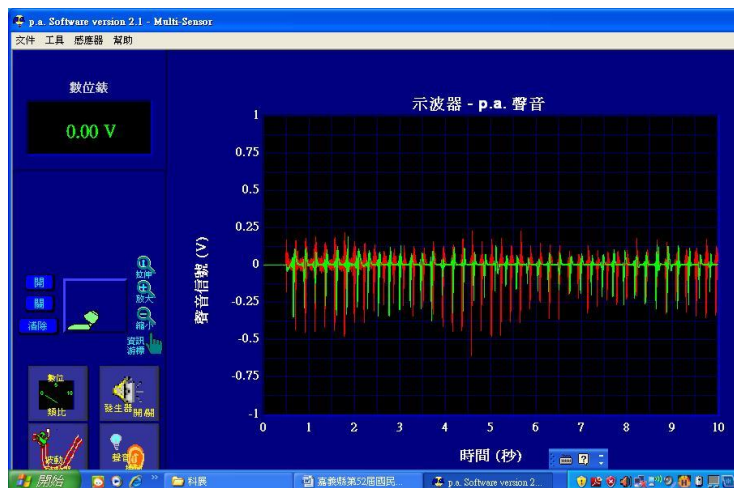


二、實驗結果：

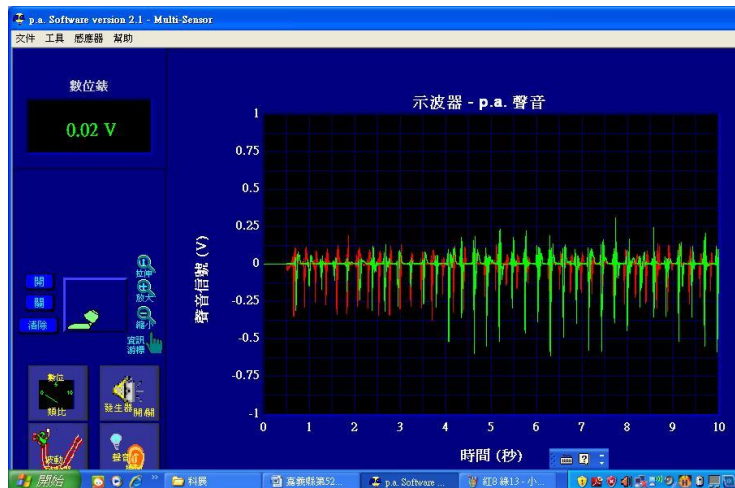
(一).實驗一結果: 繩長同為 5 公分 不同瓶長的保特瓶竹蟬

編號	1-1	1-2	1-3
保特瓶瓶長 Cm	8	13	18
聲音響度	小	中	大

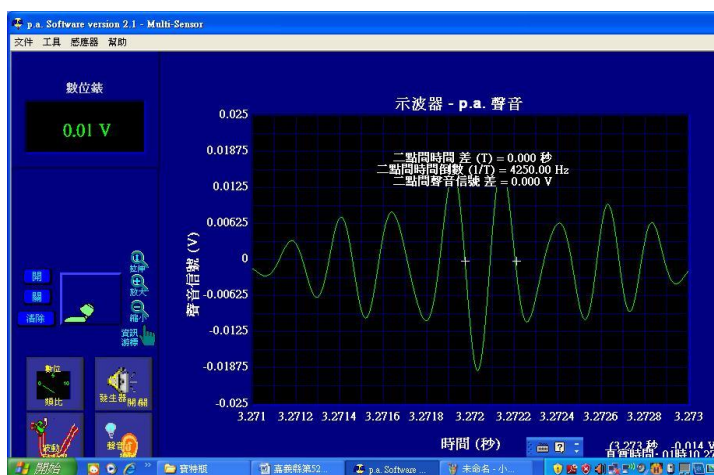
1.紅線:瓶長 8 公分 綠線:瓶長 13 公分 2.紅線:瓶長 13 公分 綠線:瓶長 18 公分



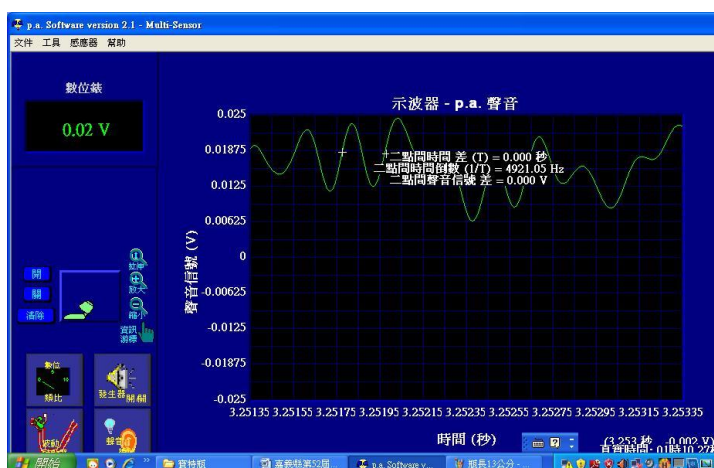
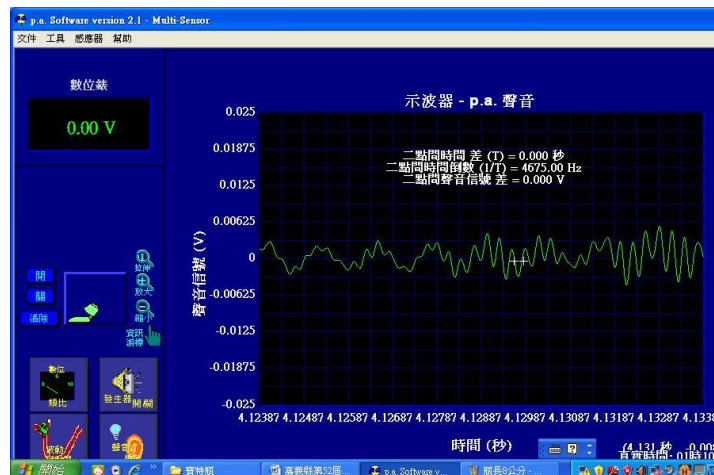
3.瓶長:8 公分 頻率:4250Hz



4.瓶長:13 公分 頻率:4675Hz



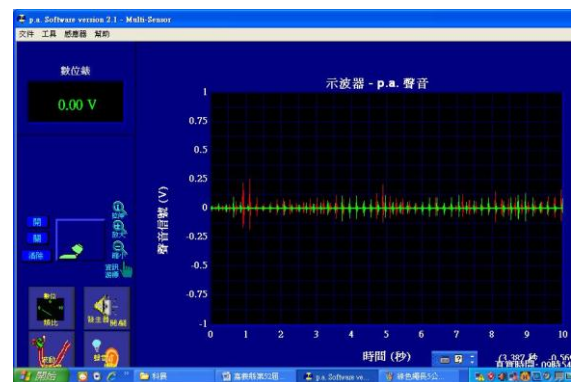
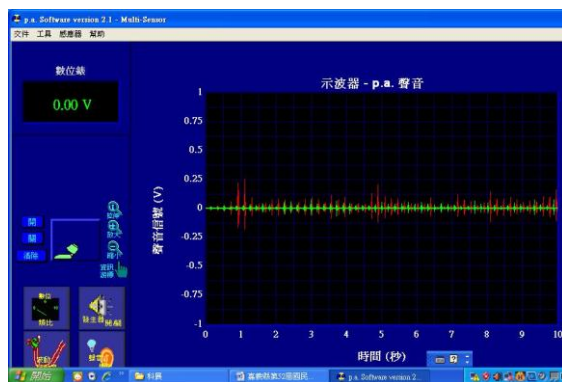
5.瓶長：18 公分 頻率：4921Hz



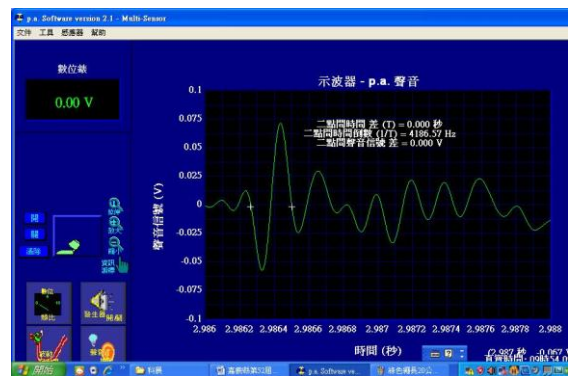
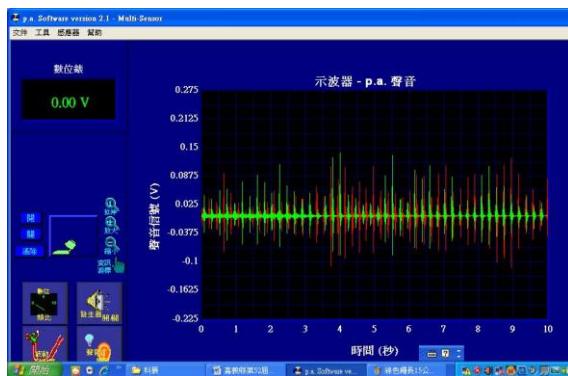
(二).實驗二結果:筒長為 5 公分 不同繩長的竹蟬

編號	1	2	3	4
繩長 cm	5	10	15	20
頻率 Hz	4186	5194	5008	5610
最大振幅 V	0.073	0.225	0.125	0.137

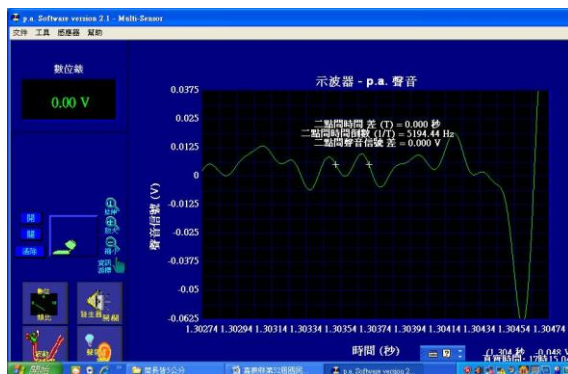
1.綠線:繩長 5 公分 紅線:繩長 10 公分 2.紅線:繩長 10 公分 綠線:繩長 15 公分



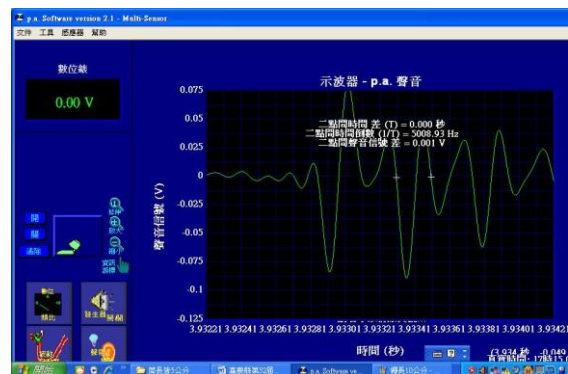
3.紅線:繩長 15 公分 綠線:繩長 20 公分 4. 繩長 5 公分的頻率



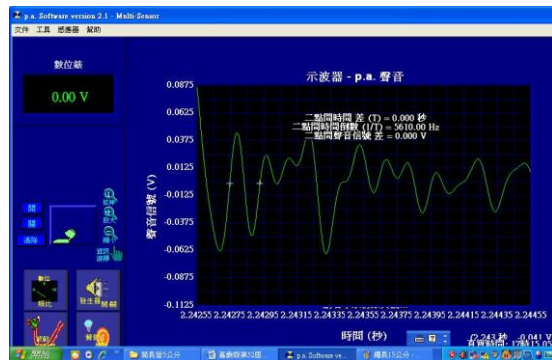
5.繩長 10 公分的頻率



6.繩長 15 公分的頻率



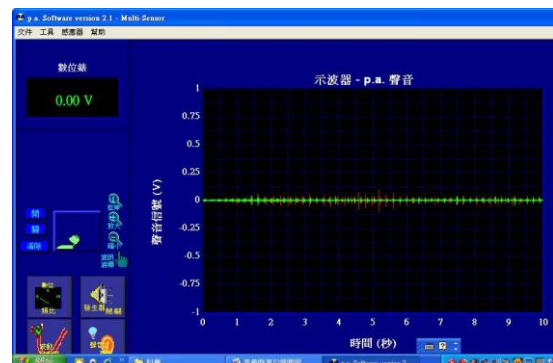
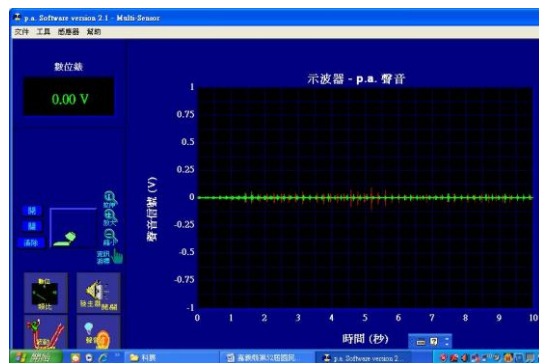
7.繩長 20 公分的頻率



(三).實驗三結果：繩長皆為 5 公分 不同筒長 有牛皮紙

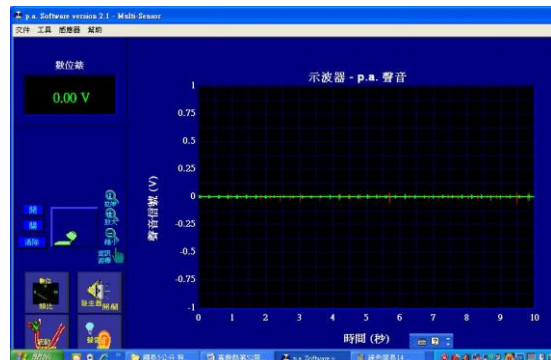
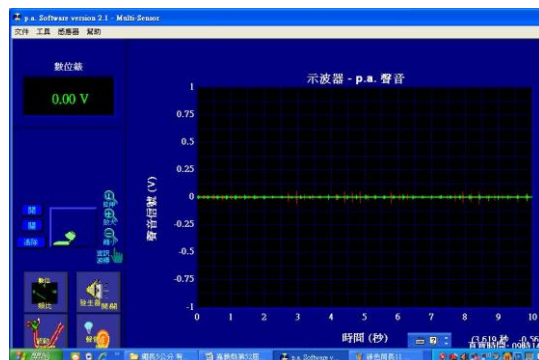
編號	A	B	C	D	E
筒長 cm	5	8	11	14	17
頻率 Hz	4007	5100	6678	7791	7381
振幅 V	0.05	0.09	0.06	0.04	0.06

1.綠線：筒長 5 公分 紅線：筒長 8 公分 2.綠線：筒長 11 公分 紅線：筒長 8 公分

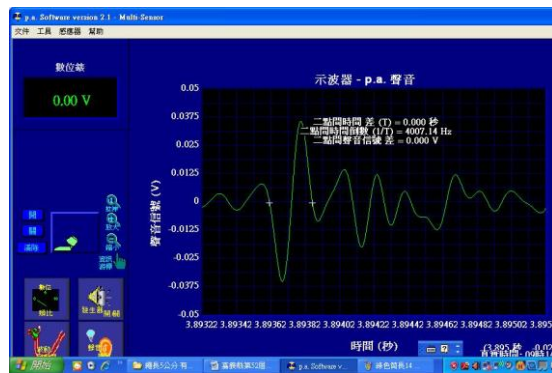


3.紅線：筒長 11 公分
綠線：筒長 14 公分

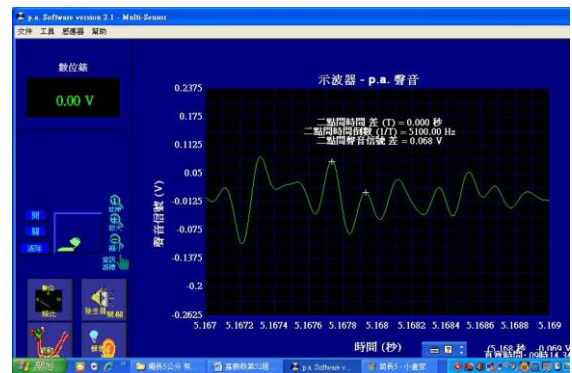
4.綠線：筒長 14 公分
紅線：筒長 17 公分



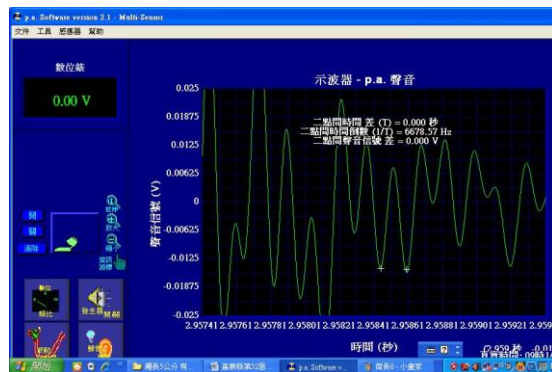
5.筒長：5 公分



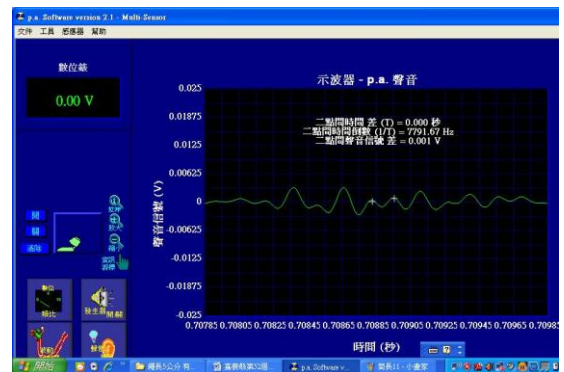
6.筒長：8 公分



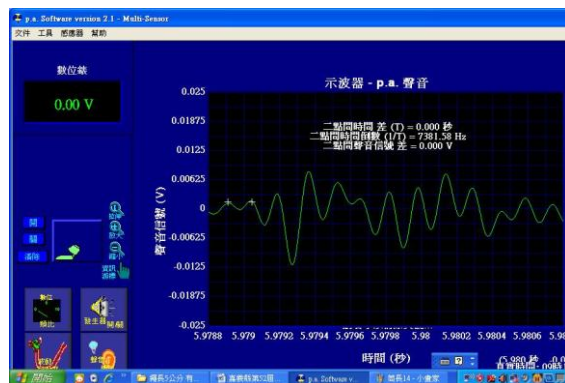
7.筒長：11 公分



8.筒長：14 公分



9.筒長：17 公分

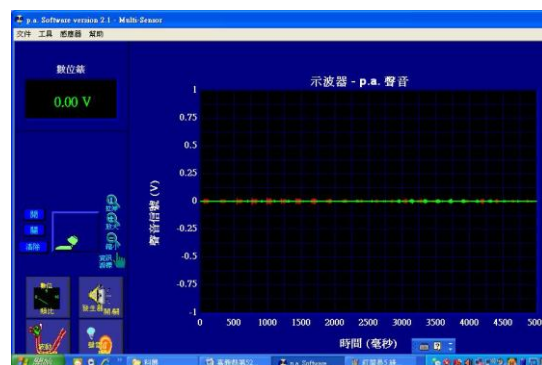
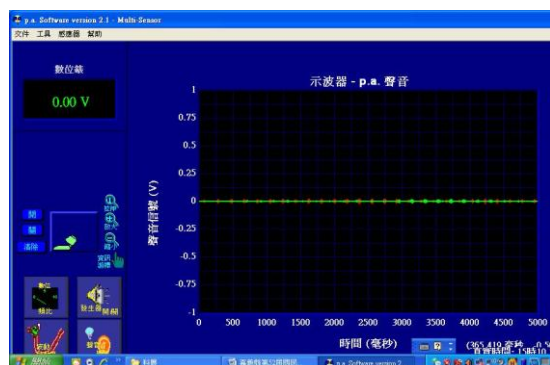


(四).實驗四結果：繩長皆為 5 公分 不同筒長 沒牛皮紙

編號	甲	乙	丙	丁
筒長 cm	5	8	10	14
頻率 Hz	5610	3316	7012	5968
振幅 V	0.025	0.91	0.021	0.025

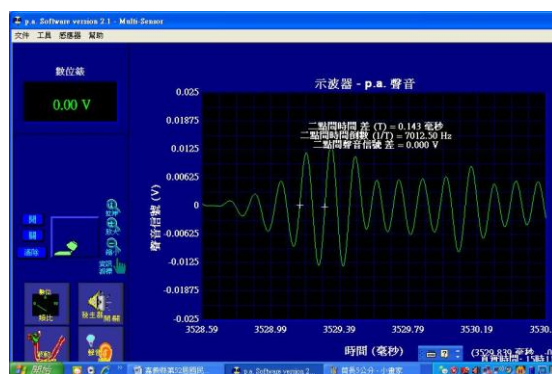
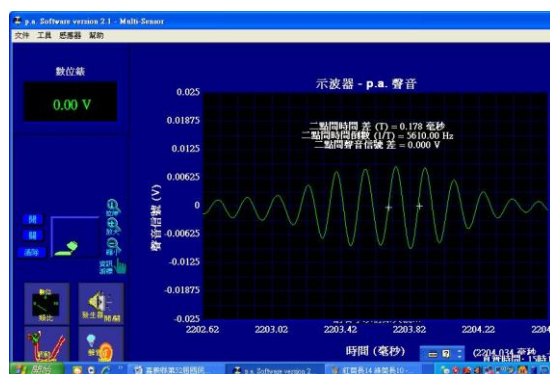
1.紅線：筒長 5 公分
綠線：筒長 10 公分

2.綠線：筒長 10 公分
紅線：筒長 14 公分

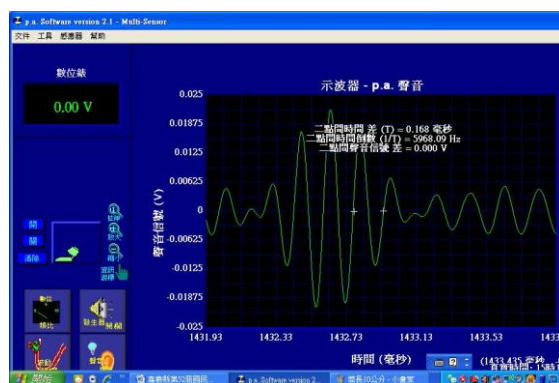


3.筒長：5 公分

4.筒長：10 公分



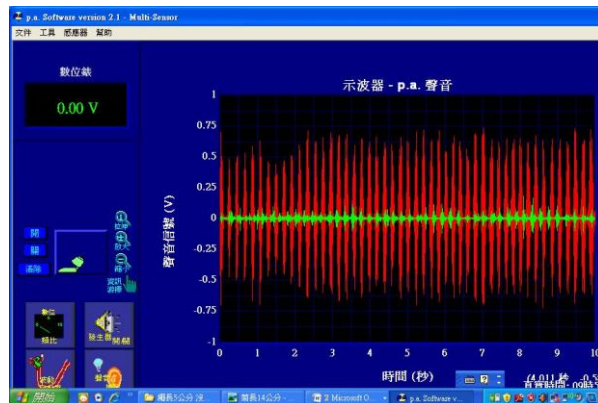
5.筒長：14 公分



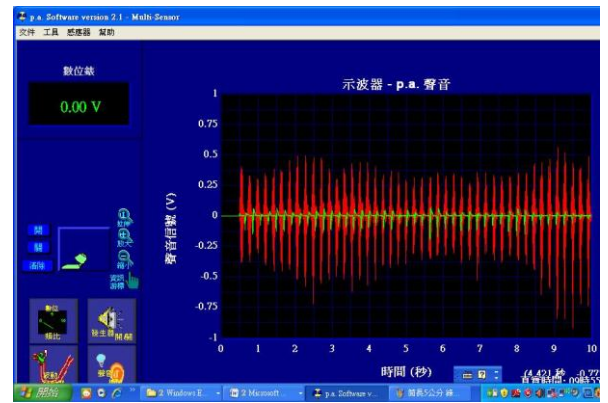
(五).實驗五結果：相同筒長、繩長 有無牛皮紙

編號	A	甲	B	乙
牛皮紙	有	無	有	無
頻率 Hz	2244	6523	2805	4007
振幅 V	0.7	0.2	0.9	0.2

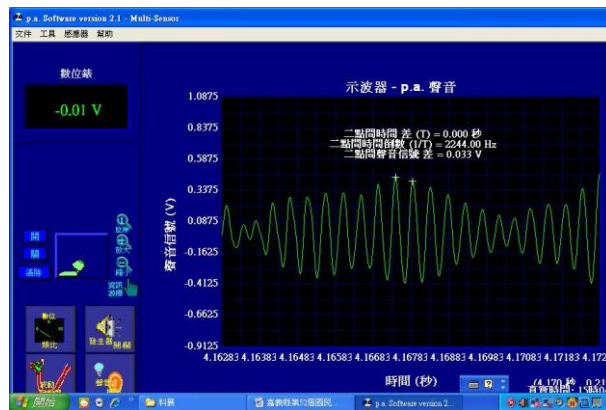
1.筒長 5 公分 綠線：無牛皮紙
紅線：有牛皮紙



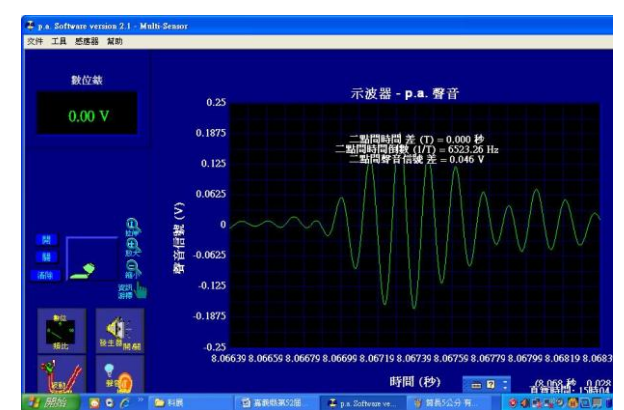
2.筒長 8 公分 綠線：無牛皮紙
紅線：有牛皮紙



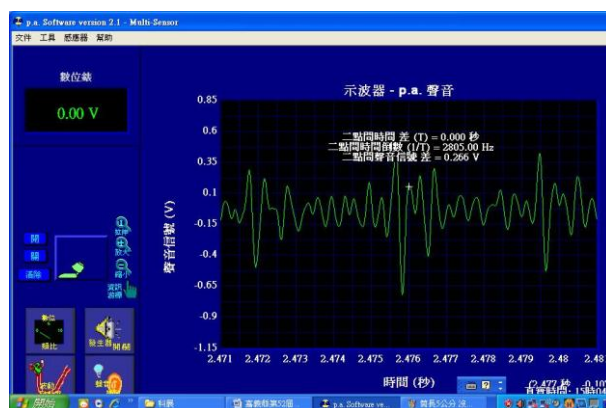
3.筒長 5 公分 有牛皮紙



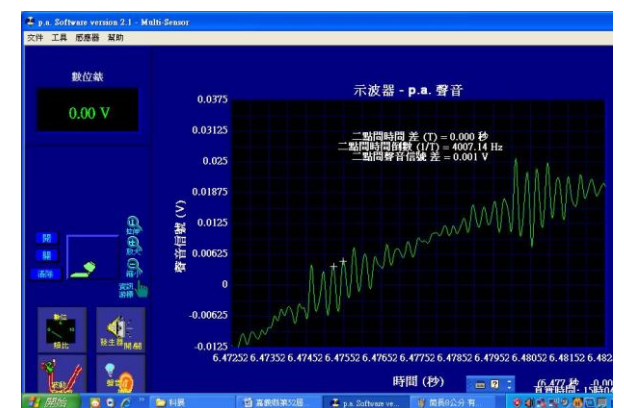
4.筒長 5 公分 沒牛皮紙



5.筒長 8 公分 有牛皮紙



6.筒長 8 公分 沒牛皮紙



(六).實驗六結果：相同筒長、繩長 相近重量的重物

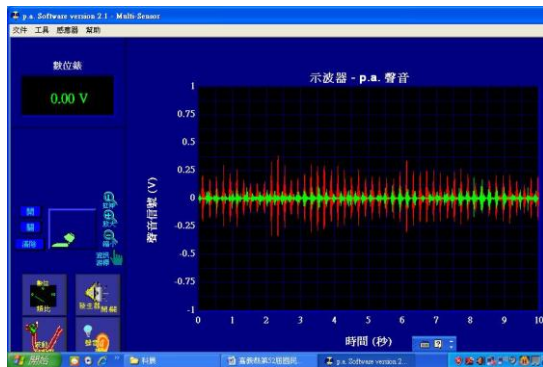
編號	A	甲	電池	B	乙	螺帽
重量 g	18.0	17.2	17.5	27.6	28.6	25.5
頻率 Hz	2244	6523	5968	2805	4007	1753
振幅 V	0.7	0.2	0.3	0.9	0.2	0.1

1.綠線：無牛皮紙塑膠管 長 5 公分

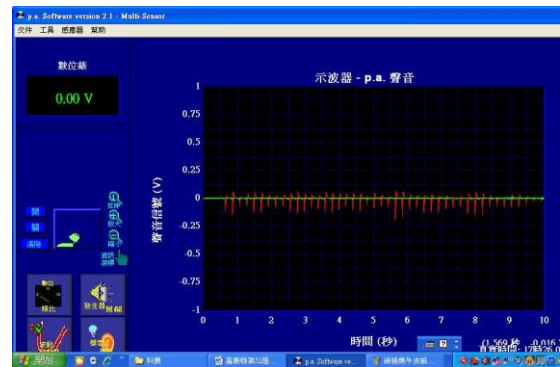
紅線：重物-電池

2.綠線：重物-螺帽

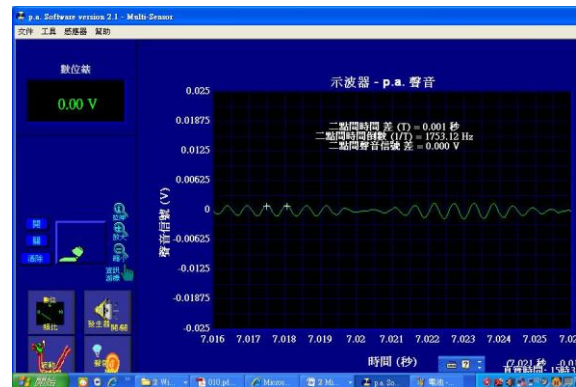
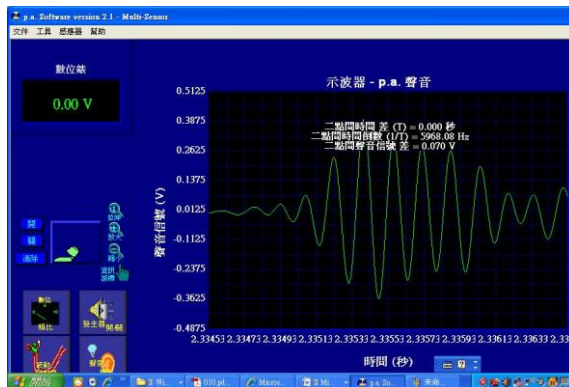
紅線：無牛皮紙塑膠管 長 8 公分



3.電池的波形



4.螺帽的波形



陸、討論

一、實驗原本以回收資源再利用為概念，但做實驗一時保特瓶因重量太輕與發出的聲響不夠大聲，經本組討論後覺得保特瓶在做雙孔共振管可能風阻較大。不過實驗使用的牛皮紙是指導老師每學期包測驗卷的外包裝紙，實為資源再利用。

二、本組做實驗盡量減少變因，使影響實驗結果的因素降為最低，例如：竹蟬的搖桿固定同一支搖桿，雖有多預備幾支；釣魚線固定同一釣魚線避免不同線段材質不一；保特瓶瓶蓋固定同一瓶蓋；搖竹蟬的人固定同一個人

三、影響實驗結果的原因為何？

從實驗數據與實驗過程的觀察，雖然塑膠管的重量會影響聲音的高低，塑膠

管的長短會影響聲音的響度，但同一竹蟬在不同時間測量的聲音有所差異，同竹蟬在不同日期測量到的實驗數據與波形也有差異，經本組與教師討論後造成差異的成因可能有下列幾點：1.轉動時的力道大小 2.竹蟬轉動的快慢 3.不同溫度造成松香的黏性不同 4.竹蟬與麥克風的距離 5.麥克風收音的方式 6.塑膠管穿孔的位置。

四、有黏貼牛皮紙的塑膠管與沒黏貼牛皮紙的塑膠管的共鳴成因？

在實驗設計前為找尋實驗靈感，查閱了一些教科書、書籍、網路資料，得到大略的概念，多音頻的發聲體發出的波形會因波的疊合與共振腔的條件不同，波形會不同，會有基音與泛音。有貼牛皮紙的塑膠管共鳴條件比較類似閉管共鳴；沒貼牛皮紙的塑膠管共鳴條件比較類似開管共鳴，但沒貼牛皮紙的塑膠管會因轉動而導致有空氣快速通過塑膠管會有風切的聲音。

五、有沒有黏貼牛皮紙對響度的影響？

實驗時實際聽到的聲音大小與錄製的波形做比較，本組發現錄製的聲音大小比較與實際聽到的大小聲關係有落差，經討論結果：造成聲音大小聲落差的主因是麥克風錄製時錄測的位置不同，沒有黏貼牛皮紙的塑膠管在錄製波形時，麥克風盡可能放在距離轉動塑膠管最近的位置，而錄製重物時缺乏共振管，麥克風改放置在竹蟬轉軸的下方，因這個因素才會造成單只有重物的竹蟬錄測到的聲音比有共鳴管的竹蟬聲音大聲一點點。

柒、結論

- 一、竹蟬發出的聲響是由於釣魚線與松香摩擦快速震動造成的，繩長只是扮演傳遞聲音的角色，對竹蟬的響度沒太大影響。
- 二、竹蟬的筒長對聲音的響度有影響，但最大影響是竹蟬發出的聲音高低。
- 三、雖在上自然課時課本內有提到竹蟬的共鳴效果與吉他有點異曲同工，但實驗後的結果讓本組深深的覺得真正扮演竹蟬共鳴放大聲音的主角是共振膜。
- 四、經上述的實驗過程中，本組得到結論，在未來的隨身音響或音箱設計上一定會大量採用紙喇叭，因為它可以與傳統喇叭一樣發出巨大的聲響，但體積卻比傳統喇叭小很多。

捌、參考資料及其他

一、中文部分

(一)【一本書】

- 1.簡麗賢（民國 99）。如何學好中學物理。台北市：天下遠見
- 2.史家瑩（民國 99）。國民中學 自然與生活科技第三冊。台南市：翰林
- 3.郭重吉（民國 100）。國民中學 自然與生活科技第三冊。台南市：南

(二)【期刊文章】

- 1.楊嘉慧（民國 99）。軟性紙喇叭 音響帶著走。

(三)【網路資源】

- 1.中國民國第 42 屆中小學科學展覽會。國小組物理科。竹蟬是胡琴的老祖宗。
- 2.台北縣實踐國小。初小組物理科第二名 竹蟬變聲術。

製作說明：

- 1.說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
- 2.編號由承辦學校統一編列。
- 3.封面編排由參展作者自行設計。