

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

佳作

080113

葉葉生歌

學校名稱：臺北市私立靜心國民中小學(小學部)

作者： 小六 陳羿安 小六 王皓穎 小六 吳昀曄 小六 吳翎甄 小六 詹詠婕 小六 劉宇珍	指導老師： 蔡垂其 謝智偉
---	-----------------------------

關鍵詞：樹葉、振動、音高

摘 要

大自然的一片葉子，如何吹奏出一首首動人的歌曲，經過我們的研究發現，「葉笛」是因葉片受到氣流吹拂，而振動發出聲音。若想吹出較高的音高，則葉片的受風寬度要窄、葉緣曲率半徑要大、受風長度要短、吹氣角度要小、葉片要柔軟等條件；若想吹出較低的音高，則葉片的受風寬度要寬、葉緣曲率半徑要小、受風長度要長、吹氣角度要大、葉片要厚實等條件。而想要利用葉子吹出動人的樂曲，葉子必須是容易吹奏且容易控制音高，因此葉子的葉緣曲率半徑、葉片的彈性、音域都必須適中，葉緣形狀也以平整較佳。只要選對葉子，知道吹奏的技巧，再加上「一直吹」的不斷練習，人人都有機會成為葉笛達人的。

壹、研究動機

偶然的機緣，在一次的表演中，聽到一位陳老先生，用一片隨手摘下的樹葉，居然吹出一首首動人的樂曲，這種「葉笛」的吹奏讓人覺得十分驚奇，我們嘗試模仿老先生吹奏樹葉的方式，但卻吹不出聲音，當下覺得可能是騙人的，但經陳老先生的指導，我們之中真的有人可以吹出聲音，這開始讓我們覺得是有可能的。但如何用一片樹葉吹奏出有音高變化的樂曲呢？任何的不同形狀的樹葉都可以吹嗎？可以用其他的材質物品來吹奏嗎？這之中倒底有什麼技巧、有什麼原理呢？

三上康軒版第一單元「植物的身體」，介紹植物的葉形有橢圓形、掌形等；葉緣有平滑完整、鋸齒狀等。五下康軒第四單元「聲音與樂器」的課程中，得知物體振動可以產生聲音，改變物體的粗細、長短等，可以改變聲音的高低變化。我們想跟陳老先生一樣，成為一個能吹奏葉笛的達人，同時找出葉笛的吹奏原理，讓這種以大自然的樹葉作為樂器的傳統技藝，留下文字記錄，不致於失傳。

貳、研究目的

- 一、不同吹氣方式與葉片振動的關係。
 - (一) 吹氣方式不同與葉片振動的關係。
 - (二) 吹氣口形狀不同與葉片振動的關係。
 - (三) 吹氣角度不同與葉片振動的關係。
- 二、不同葉片特性與葉片振動的關係。
 - (一) 葉片受風寬度不同與葉片振動的關係。
 - (二) 葉片受風長度不同與葉片振動的關係。
 - (三) 葉片邊緣曲率不同與葉片振動的關係。
 - (四) 葉片邊緣形狀不同與葉片振動的關係。
 - (五) 葉片材質不同與葉片振動的關係。
- 三、葉笛吹奏方式與音高關係。
- 四、吹奏不同種類的葉子與音域關係。
- 五、吹奏不同材質的葉片與音域關係。

參、研究設備及器材

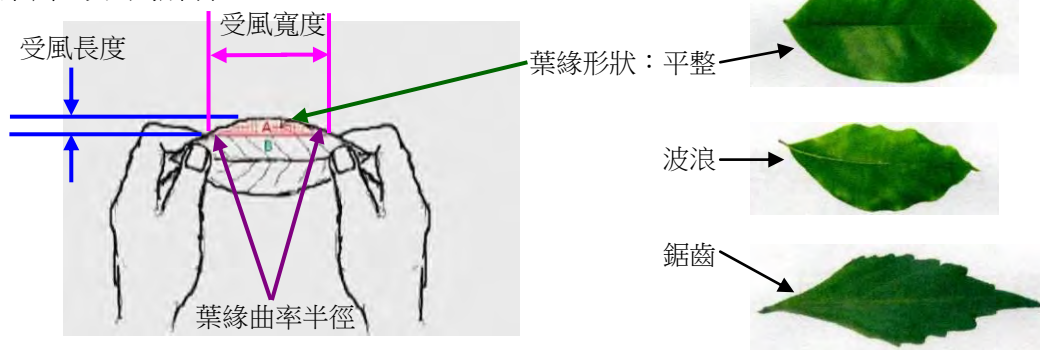
1. 數位顯微鏡 x1 台	2. 手搖鑽 x1 台	3. 打氣機 x1 台	4. Ipad x1 台
5. 筆記型電腦 x1 台	6. 塑膠瓶蓋 x2 個	7. 剪刀 x1 支	8. 吸管 x1 支
9. 數位相機 x1 台	10. 圓規 x1 支	11. 塑膠軟管 x1 條	12. 汽球 x1 個
13. 公升杯 x2 個	14. 試管夾 x2 支	15. 保麗龍球 x7 顆	16. 木棒 x4 支
17. 雙面膠帶 x1 卷	18. 魔鬼氈 x2 條	19. 方形塑膠容器x1 個	20. A4 白紙 x10 張
21. 木板 x4 片	22. 直尺 x1 支	23. 量角器 x1 個	24. 強力磁鐵 x10 顆

肆、研究過程或方法

一、名詞解釋：

(一)「葉笛」是一種人與大自然結合的產物；我們的祖先在放牛的時候，沒有電玩可以玩，就在牛背上把玩周圍的草木，發現葉片可以吹出美妙的聲音，逐漸發展成民俗樂器之一。

(二) 葉片的名詞解釋：



圖一 葉片的名詞解釋

(三) 音高與振動頻率及振動幅度的關係

- 1.音高也稱音調，音高大小主要取決於聲波頻率的高低，頻率高則音調高，反之則低，單位用赫茲(Hz)表示。
- 2.相同的大小的氣流之下，振動幅度愈大，振動頻率則變小，音高變低；振動幅度愈小，振動頻率則變大，音高變高。
- 3.中央 C 部份音階之頻率對應關係如下表。

表一 中央 C 部份音階之頻率對應關係

唱名	Do		Re		Mi	Fa		Sol		La		Si
音名	C	C#	D	D#	E	F	F#	G	G#	A	A#	B
頻率(Hz)	262	277	294	311	330	349	370	392	415	440	466	494

4. 鋼琴琴鍵音高與振動頻率和音名的關係。

Frequency	Keyboard	Note name
4186.0		C8
3951.1		B7
3729.3		A7
3520.0		G7
3322.4		F7
2960.0		E7
2793.8		D7
2637.0		C7
2489.0		B6
2349.3		A6
2217.5		G6
1975.5		F6
1864.7		E6
1760.0		D6
1661.2		C6
1480.0		B5
1396.9		A5
1318.5		G5
1244.5		F5
1174.7		E5
1108.7		D5
987.77		C5
932.33		B4
880.00		A4
830.61		G4
783.99		F4
739.99		E4
698.46		D4
659.26		C4
622.25		B3
587.33		A3
554.37		G3
523.25		F3
493.88		E3
466.16		D3
440.0		C3
415.30		B2
392.00		A2
369.99		G2
349.23		F2
329.63		E2
277.18		D2
261.6		C2
246.94		B1
233.08		A1
220.00		G1
207.65		F1
196.00		E1
185.00		D1
174.61		C1
164.81		B0
155.56		A0
146.83		
138.59		
130.81		
123.47		
116.54		
110.00		
103.83		
97.999		
92.499		
87.307		
82.407		
77.782		
73.416		
69.296		
65.406		
61.735		
58.270		
55.000		
51.913		
48.999		
46.249		
43.654		
41.203		
38.891		
36.708		
34.648		
32.703		
30.868		
29.135		
27.500		

圖二 鋼琴琴鍵音高與頻率和音名的關係

二、風動測試平台的製作：

- (一) 將兩個公升杯、一個方形塑膠容器、兩片木板，利用雙面膠帶黏著出測試平台的底座。(如圖三)
- (二) 使用手搖鑽將兩個塑膠瓶蓋鑽孔，再將吸管穿過兩個塑膠瓶蓋，吸管一端連接塑膠軟管，可連接至吹氣設備。(如圖四)
- (三) 使用兩個試管夾、一片木板及魔鬼氈，製作可調整夾取葉片位置與可移動的平台。(如圖五)



圖三 測試平台的底座



圖四 出氣固定裝置



圖五 可移動的平台

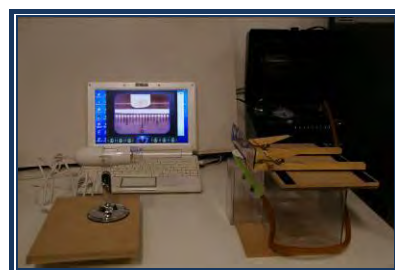
- (四) 將數位顯微鏡放置於可移動的平台上，並調整適當的高度，以對齊葉片的高度。(如圖六)
- (五) 將上述所完成的部份，組合成風動測試平台。(如圖七)
- (六) 將風動測試平台的橡膠管連接到打氣機，數位顯微鏡連接到筆記型電腦，並打開數位顯微鏡應用軟體，完成測試的裝置。(如圖八)



圖六 數位顯微鏡



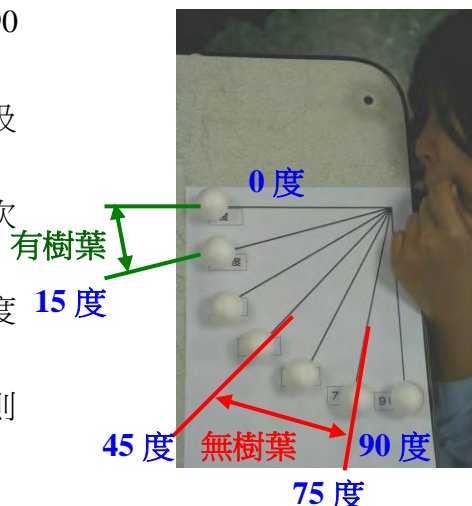
圖七 風動測試平台



圖八 葉片振動測試裝置

三、量測可吹出葉笛聲音的出氣角度為何？

- (一) 於 A4 白紙上，15 度為間隔，從水平 0 度至垂直 90 度畫出角度間隔線。
- (二) 分別於每一角度間隔上，黏貼吸管為底座，並於吸管上方放置一顆保麗龍球。
- (三) 不用樹葉，模擬吹奏葉笛時的吹氣方式，重覆五次觀測並記錄哪一角度的保麗龍球被吹走。
- (四) 結果發現，不用樹葉，模擬吹奏葉笛時的出氣角度為 45 至 75 之間。
- (五) 另外若是使用樹葉吹奏，重覆上述的實驗方法，則出氣角度為 0 至 15 度。

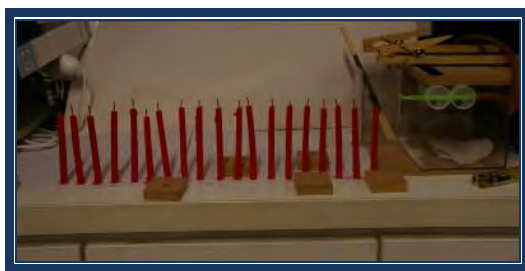


圖九 葉笛吹奏吹氣角度

四、不同吹氣特性與葉片振動的關係。

實驗 1-1：吹氣方式不同與葉片振動的關係

- (一) 測量打氣機、氣球與口吹三種吹氣方式的風量大小。
 1. 將未點燃的蠟燭排成一直線，固定於有畫刻度的厚紙板上。
 2. 調整出氣口的的角度為水平且高度與蠟燭燃燒的火焰同樣高度。
 3. 將所有蠟燭點燃，且吹氣方式調為打氣機。
 4. 打開打氣機的開關，觀察並記錄蠟燭被吹熄的距離。
 5. 重覆操作 5 次，求蠟燭被吹熄 5 次的平均距離。
 6. 吹氣方式再改由氣球的出氣方式與口吹的出氣方式，分別進行上述的實驗操作，求得蠟燭被吹熄 5 次的平均距離，以確定三種吹氣方式的風量大小。



圖十 測風量裝置一



圖十一 測風量裝置二

- (二) 測量打氣機、氣球與口吹三種吹氣方式與葉片振動的關係。
 1. 在 70 磅的白紙剪取半徑為 4 公分之圓，並畫出長度為 6 公分之弦長。
 2. 利用兩根塗黑的咖啡攪拌棒，上下夾住 6 公分弦長的位置，使其葉片受風寬度為 6 公分，並夾在風動測試平台的試管夾上。
 3. 吹氣方式設定為打氣機，調整出氣口的的角度與位置。
 4. 調整數位顯微鏡，確認拍攝的對焦、高度與位置。
 5. 打開打氣機，觀察並拍攝電腦螢幕中數位顯微鏡所顯示的葉片變化。
 - 6 再將吹氣方式分別改為氣球與口吹方式，重覆上述實驗。

表二 不同吹氣方式圖示



實驗 1-2：吹氣口形狀不同與葉片振動的關係

- 1.於 70 磅的白紙剪取半徑為 4 公分之圓，並畫出長度為 6 公分之弦長。
- 2.利用兩根塗黑的咖啡攪拌棒，上下夾住 6 公分弦長的位置，使其葉片受風寬度為 6 公分，並夾在風動測試平台的試管夾上。
- 3.吹氣口形狀保持吸管原來圓形的吹氣口形狀，調整出氣口的角度與位置。
- 4.調整數位顯微鏡，確認拍攝的對焦、高度與位置。
- 5.打開打氣機，觀察並拍攝電腦螢幕中數位顯微鏡所顯示的葉片變化。
- 6.利用粗鐵絲將吸管出氣口，調整為橢圓、扁平的形式，重覆上述實驗。

表三 不同吹氣口形狀圖示

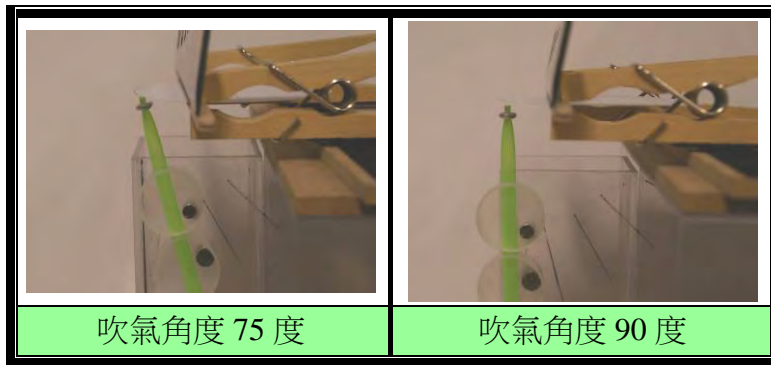


實驗 1-3：吹氣角度不同與葉片振動的關係

- 1.於 70 磅的白紙剪取半徑為 4 公分之圓，並畫出長度為 6 公分之弦長。
- 2.利用兩根塗黑的咖啡攪拌棒，上下夾住 6 公分弦長的位置，使其葉片受風寬度為 6 公分，並夾在風動測試平台的試管夾上。
- 3.吹氣角度調整為 30 度。
- 4.調整數位顯微鏡，確認拍攝的對焦、高度與位置。
- 5.打開打氣機，觀察並拍攝電腦螢幕中數位顯微鏡所顯示的葉片變化。
- 6.再將吹氣角度分別調整為 45 度、60 度、75 度、90 度，進行上述實驗。

表四 不同吹氣角度圖示





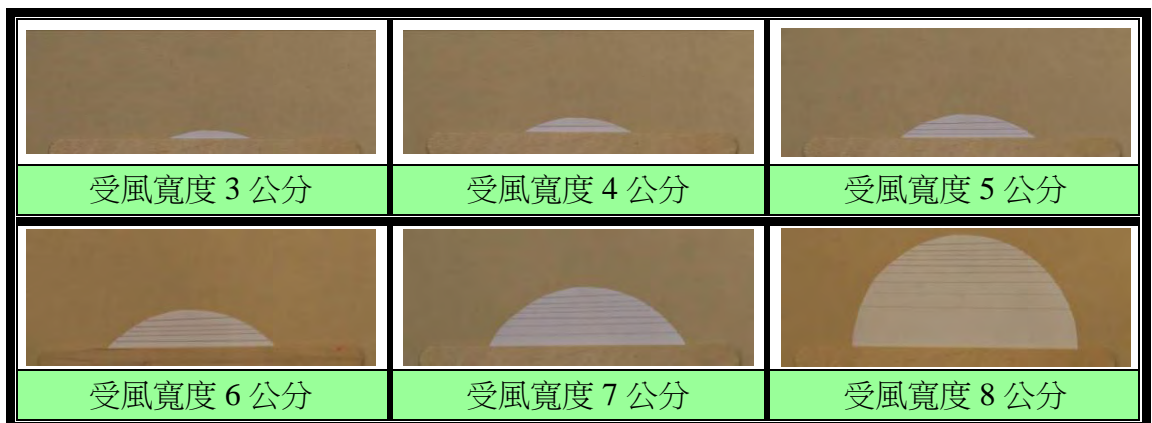
五、不同葉片特性與葉片振動的關係。

實驗 2-1：葉片受風寬度不同與葉片振動的關係

實驗 2-1-1 葉片邊緣曲率相同（皆為半徑 4 公分）

- (一) 先以圓規於 70 磅的白紙上畫出半徑為 4 公分之圓。
- (二) 再使用剪刀，剪下所畫出的圓。
- (三) 以直尺於剪下的圓上，畫出弦長為 3 公分。
- (四) 利用兩根塗黑的咖啡攪拌棒，上下夾住 3 公分弦長的位置，使其葉片受風寬度為 3 公分。
- (五) 將上述所得葉片受風寬度 3 公分的白紙，夾在風動測試平台的試管夾上。
- (六) 調整出氣口的角度與位置。
- (七) 調整數位顯微鏡，確認拍攝的對焦、高度與位置。
- (八) 打開打氣機，觀察並拍攝電腦螢幕中數位顯微鏡所顯示的葉片變化。
- (九) 將上述受風寬度由 3 公分，分別改為 4 公分、5 公分、6 公分、7 公分、8 公分，重覆上述步驟（一）至步驟（八）。

表五 葉片相同邊緣曲率不同受風寬度圖示

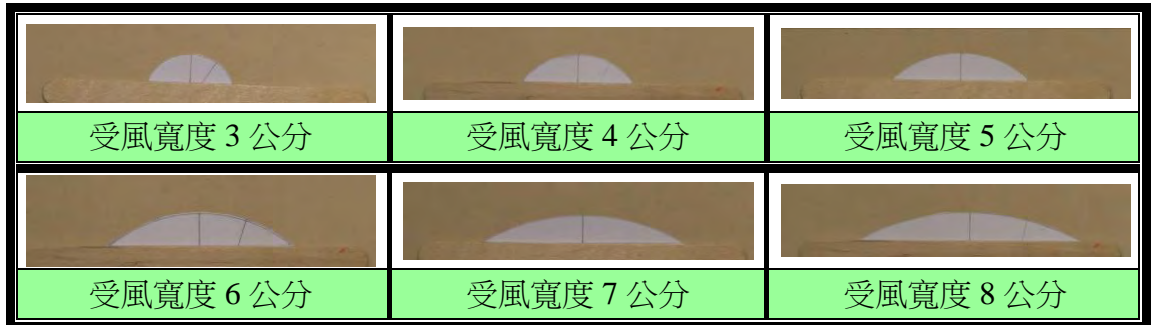


實驗 2-1-2 葉片受風長度相同（皆為 1 公分）

- (一) 用直尺於 70 磅的白紙上畫一直線段長 3 公分，兩端點分別為 A、B 兩點。
- (二) 再用圓規求此線段的中垂線，於中垂線上取距離此線段 1 公分距離之處為 C 點。
- (三) 用圓規和直尺求出 A、B、C 三點的外心，並以此外心畫出通過三點的圓，再使用剪刀，剪下所畫出的圓。
- (四) 利用兩根塗黑的咖啡攪拌棒，上下夾住 3 公分弦長的位置，使其葉片受風寬度為 3 公分，受風長度為 1 公分。

- (五) 將上述所得葉片受風寬度 3 公分的白紙，夾在風動測試平台的試管夾上。
- (六) 調整出氣口的角度為 60 度與位置。
- (七) 調整數位顯微鏡，確認拍攝的對焦、高度與位置。
- (八) 打開打氣機，觀察並拍攝電腦螢幕中數位顯微鏡所顯示的葉片變化。
- (九) 將上述受風寬度由 3 公分，分別改為 4 公分、5 公分、6 公分、7 公分、8 公分，受風長度都維持為 1 公分，重覆上述步驟（一）至步驟（八）。

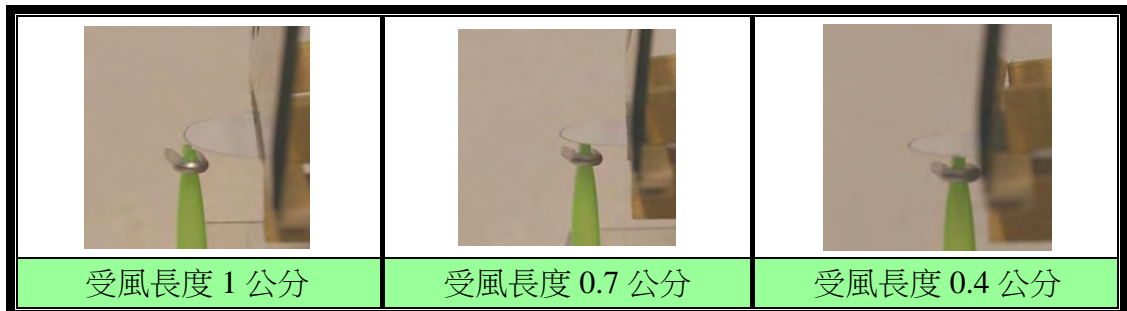
表六 葉片相同受風長度不同受風寬度圖示



實驗 2-2：葉片受風長度不同與葉片振動的關係

- (一) 於 70 磅的白紙剪取半徑為 4 公分之圓，並畫出長度為 6 公分之弦長。
- (二) 利用兩根塗黑的咖啡攪拌棒，上下夾住 6 公分弦長的位置，使其葉片受風寬度為 6 公分，並夾在風動測試平台的試管夾上。
- (三) 調整出氣口的角度為 90 度與受風長度為 1 公分。
- (四) 調整數位顯微鏡，確認拍攝的對焦、高度與位置。
- (五) 打開打氣機，觀察並拍攝電腦螢幕中數位顯微鏡所顯示的葉片變化。
- (六) 再將受風長度分別調整為 0.7 公分與 0.4 公分，重覆上述實驗。

表七 不同葉片受風長度圖示

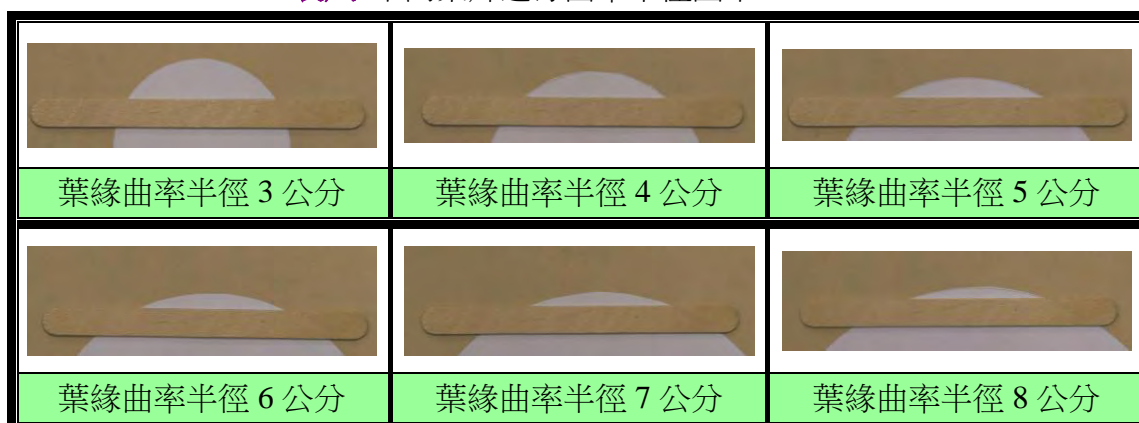


實驗 2-3：不同葉片邊緣曲率半徑與葉片振動的關係

- (一) 先用圓規於 70 磅的白紙上畫出半徑為 3 公分之圓，並用剪刀剪下。
- (二) 用直尺於剪下的圓上，畫出弦長為 5 公分。
- (三) 利用兩根塗黑的咖啡攪拌棒，上下夾住 5 公分弦長的位置，使其葉片受風寬度為 5 公分。
- (四) 將上述所得葉片受風寬度 5 公分的白紙，夾在風動測試平台的試管夾上。
- (五) 調整出氣口的角度與位置。
- (六) 調整數位顯微鏡，確認拍攝的對焦、高度與位置。
- (七) 打開打氣機，觀察並拍攝電腦螢幕中數位顯微鏡所顯示的葉片變化。

- (八) 將上述圓的半徑由 3 公分，分別改為 4 公分、5 公分、6 公分、7 公分、8 公分，受風寬度都維持為 5 公分，重覆上述步驟（一）至步驟（八）。

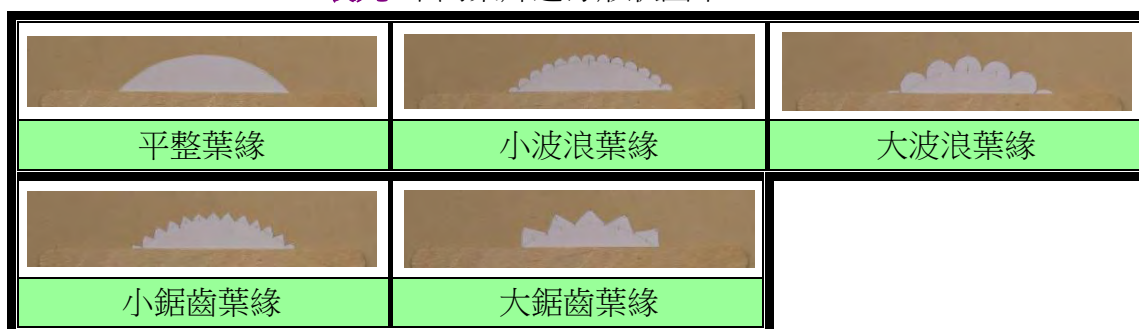
表八 不同葉片邊緣曲率半徑圖示



實驗 2-4：不同葉片邊緣形狀與葉片振動的關係

- (一) 先用圓規於 70 磅的白紙上畫出 5 個半徑為 4 公分的圓。
- (二) 再使用剪刀，剪下所畫出的圓。
- (三) 以直尺於剪下的 5 個圓上，分別畫出弦長為 6 公分。
- (四) 再利用直尺、圓規與剪刀，於 4 個圓的邊緣分別剪出小波浪、大波浪、小鋸齒、大鋸齒的的邊緣形狀。
- (五) 使用兩根塗黑的咖啡攪拌棒，上下夾住 6 公分弦長的位置，使其葉片受風寬度為 6 公分。
- (六) 將所得葉片受風寬度 6 公分的邊緣平整的白紙圓，夾在風動測試平台的試管夾上。
- (七) 調整出氣口的角度與位置。
- (八) 調整數位顯微鏡，確認拍攝的對焦、高度與位置。
- (九) 打開打氣機，觀察並拍攝電腦螢幕中數位顯微鏡所顯示的葉片變化。
- (十) 將上述葉片邊緣平整的圓，分別改為小波浪、大波浪、小鋸齒、大鋸齒進行實驗，受風寬度都維持為 6 公分，重覆上述步驟（四）至步驟（八）。

表九 不同葉片邊緣形狀圖示











實驗 2-5：不同葉片材質與葉片振動的關係

- (一) 尋找不同材質共 8 種，分別為水彩紙、亮面書皮紙、鋁箔包裝紙、牛皮紙、塑膠袋、西卡紙、面紙、A4 紙。
- (二) 以圓規分別於 8 種材質上畫出半徑為 4 公分的圓。
- (三) 再使用剪刀，分別剪下所畫出的圓。

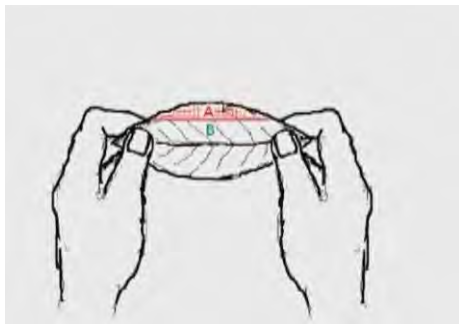
- (四) 利用數位顯微鏡拍攝 8 種材質的表面狀況，再利用電子秤分別秤 8 種不同材質圓的重量，並作記錄。
- (五) 以直尺分別於剪下的 8 個圓上，畫出 6 公分的弦長。
- (六) 利用兩根塗黑的咖啡攪拌棒，上下夾住水彩紙 6 公分弦長的位置，使其葉片受風寬度為 6 公分。
- (七) 將上述所得葉片受風寬度 6 公分的水彩紙，夾在風動測試平台的試管夾上。
- (八) 調整出氣口的角度與位置。
- (九) 調整數位顯微鏡，確認拍攝的對焦、高度與位置。
- (十) 打開打氣機，觀察並拍攝電腦螢幕中數位顯微鏡所顯示的葉片變化。
- (十一) 將水彩紙分別改換為亮面書皮紙、鋁箔包裝紙、牛皮紙、塑膠袋、西卡紙、面紙、A4 紙，重覆操作步驟（六）至步驟（十）。

表十 不同葉片材質圖示

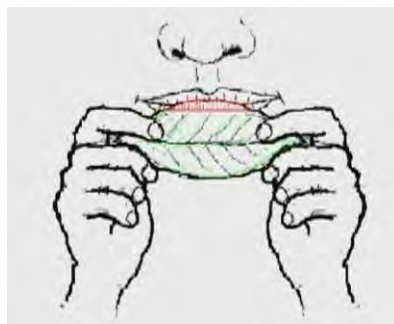
			
牛皮紙	亮面書皮紙	鋁箔包裝紙	水彩紙
			
塑膠袋	西卡紙	面紙	A4 紙

六、葉笛吹奏方式與音高關係

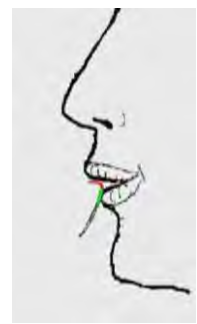
- (一) 從網路尋找葉笛吹奏的相關教學與資訊。
- (二) 拜訪葉笛達人陳老師，並學習如何吹奏葉笛。(圖十二、圖十三、圖十四)



圖十二 拿持樹葉方式



圖十三 葉子與嘴巴正面圖



圖十四 側面圖

- (三) 以榕樹葉練習吹奏，經一段時間，可吹出音高時，利用調音器確認可吹奏出的音高。
- (四) 以同一個人吹奏同一片榕樹葉，分別拍攝吹奏不同音高時，樹葉與嘴形的關係。
- (五) 透過拍攝的照片，分析吹奏不同音高時的差異為何。

七、吹奏不同種類葉子與音高關係

- (一) 於校園及學校附近的公園，尋找與採集不同特徵的葉子。
- (二) 將採集的葉子清洗後，擦拭乾淨，觀察葉子並作特徵描述記錄說明。
- (三) 嘗試吹奏採集的葉子，以可不可以吹奏及葉子的特徵進行分類。
- (四) 吹奏相同種類的葉子，用調音器記錄可以吹的音域。

表十一 校園植物-葉的種類與大小

			
榕樹葉	卵葉鵝掌藤葉	桂花葉	柚子樹葉
			
馬拉巴粟葉	橡膠樹葉	福木葉	粉綠狐尾藻葉
			
矮仙丹葉	非洲鳳仙花葉	輪傘草葉	腎蕨葉
			
孔雀椰子葉	側柏	變葉木	大王仙丹葉

八、吹奏不同材質葉片與音高關係

- (一) 將實驗 1-5 不同材質的葉片，分別取半徑 4 公分之圓。
- (二) 分別吹奏相同材質的葉片，並用調音器記錄可以吹的音域。

伍、研究結果

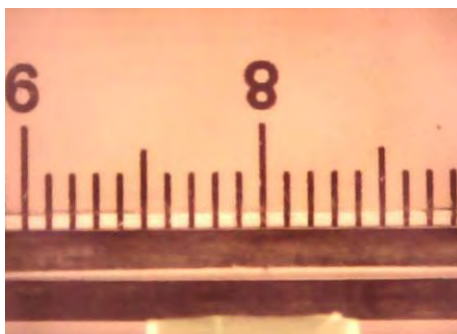
一、結果分析說明：

振動幅度=內振長度+外振長度

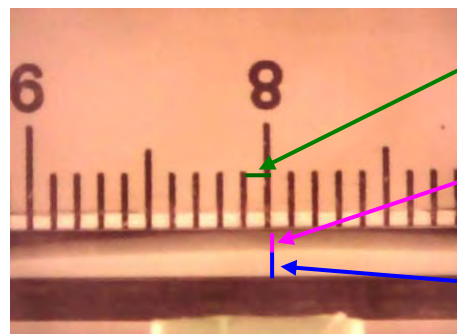
內振長度／基準長度=內振動幅度實際大小

外振長度／基準長度=外振動幅度實際大小

內振動幅度實際大小+外振動幅度實際大小=振動幅度實際大小



圖十五 吹氣前葉片圖



圖十六 吹氣時振動圖

基準長度 1mm

外振長度

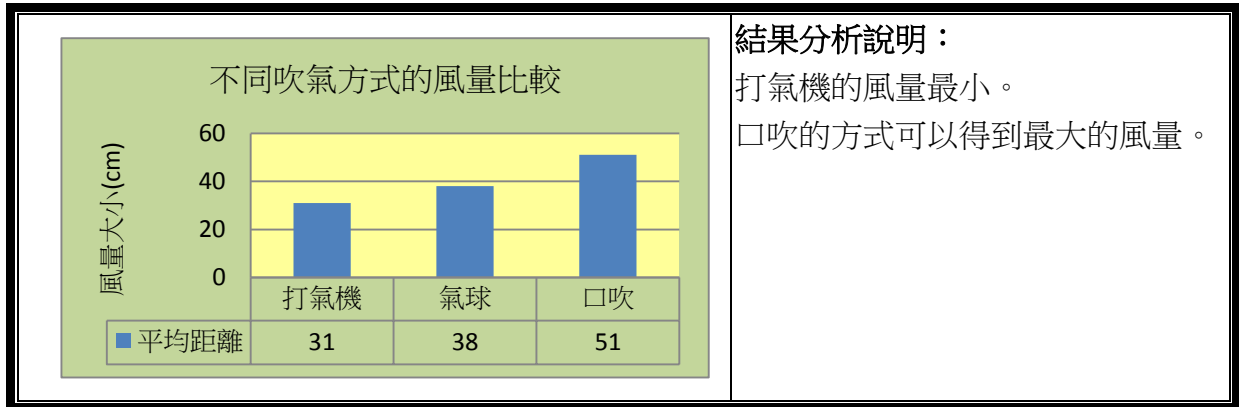
顏色愈白表示
振動頻率愈高

內振長度

顏色愈白表示
振動頻率愈高

二、不同吹氣特性與葉片振動的關係。




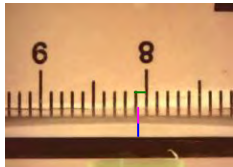

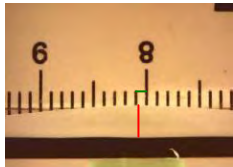
(一)先測試不同吹氣方式的風量大小。



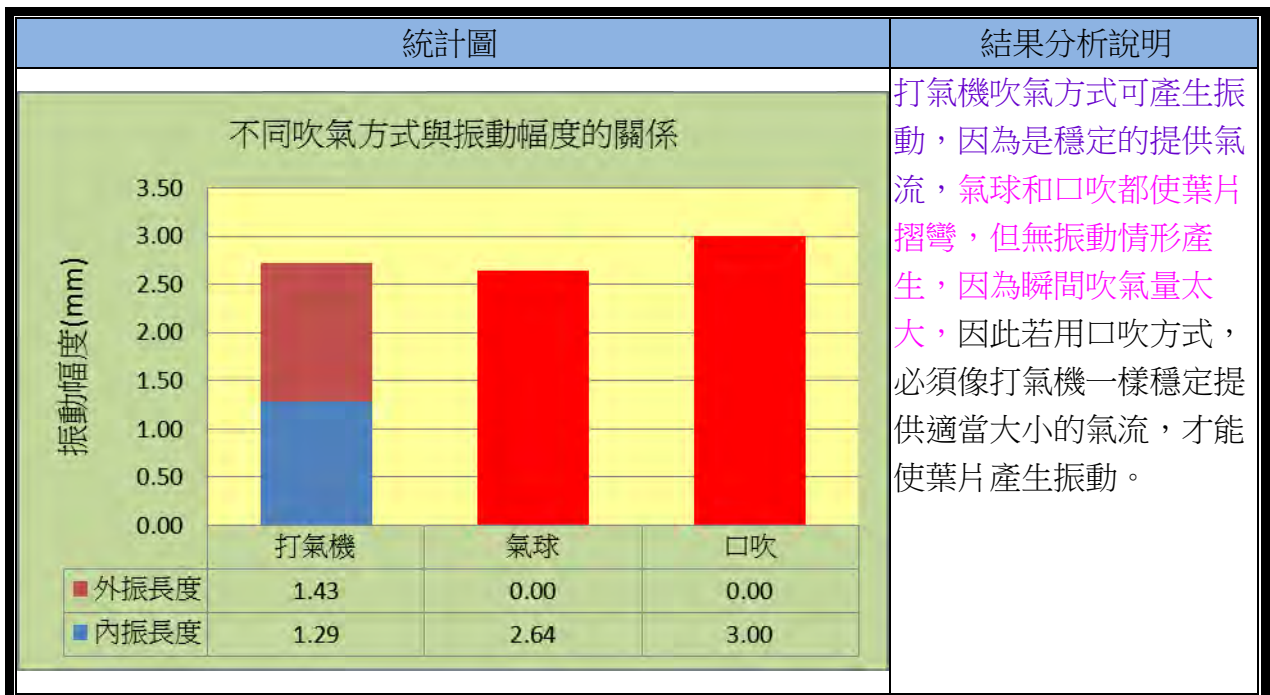
(二)再測試葉片振動的情形。

實驗 1-1：吹氣方式不同與葉片振動的關係(曲率半徑 4 公分、受風寬度 6 公分)

表十二 不同吹氣方式的葉片振動情況圖




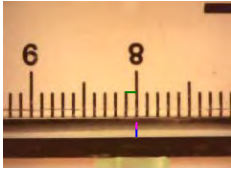
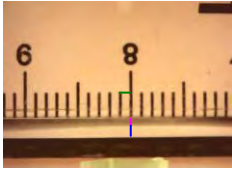
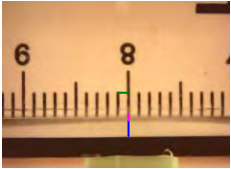
	打氣機	氣球	口吹
吹氣方式圖片			
吹氣時的照片			

※利用試算表軟體，以不同吹氣方式為橫軸，葉片振動幅度為縱軸，畫出下列統計圖。

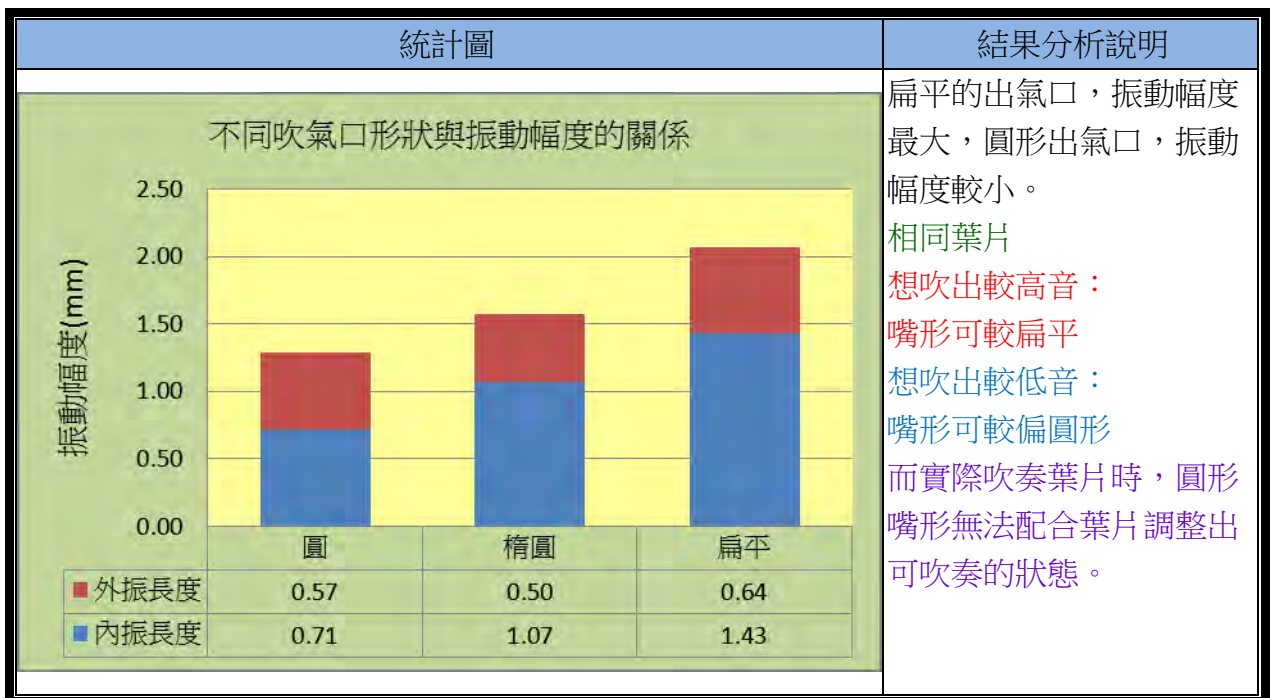


實驗 1-2：吹氣口形狀不同與葉片振動的關係(扁 60 度)

表十三 不同吹氣口形狀的葉片振動情況圖

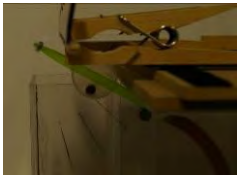
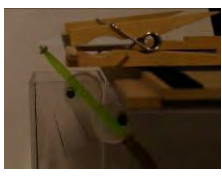
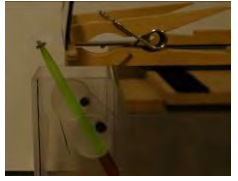
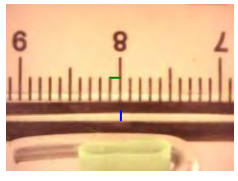
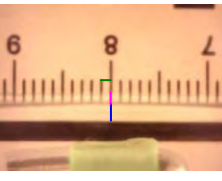
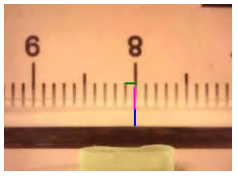
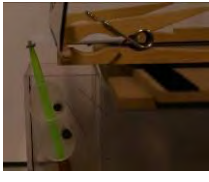

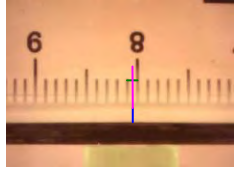
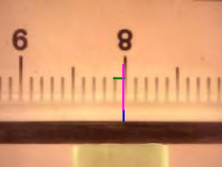
	圓形吹氣口	橢圓形吹氣口	扁平形吹氣口
葉片被夾住情形			
吹氣時的照片			

※利用試算表軟體，以不同吹氣口形狀為橫軸，葉片振動幅度為縱軸，畫出下列統計圖。

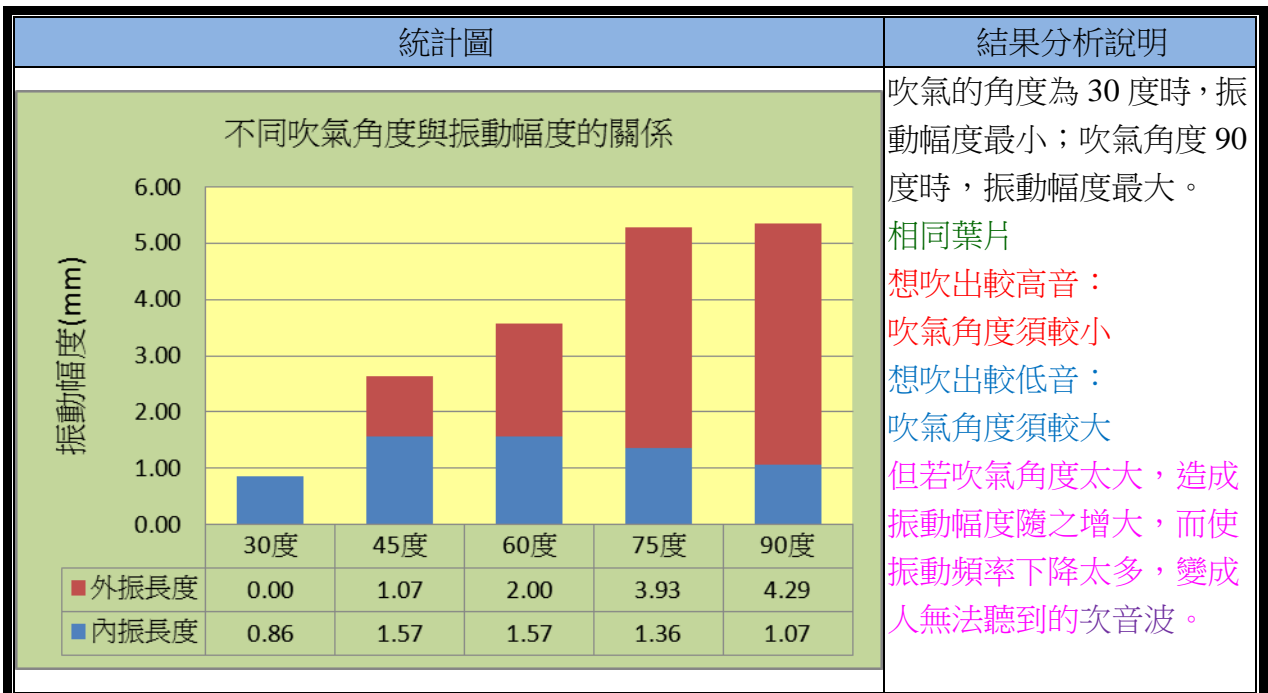


實驗 1-3：吹氣角度不同與葉片振動的關係

表十四 不同吹氣角度的葉片振動情況圖

	30 度	45 度	60 度
葉片被夾住的情形			
吹氣時的照片			
	75 度	90 度	
葉片被夾住的情形			
吹氣時的照片			

※利用試算表軟體，以不同吹氣角度為橫軸，葉片振動幅度為縱軸，畫出下列統計圖。



吹氣的角度為 30 度時，振動幅度最小；吹氣角度 90 度時，振動幅度最大。

相同葉片

想吹出較高音：
吹氣角度須較小

想吹出較低音：
吹氣角度須較大

但若吹氣角度太大，造成振動幅度隨之增大，而使振動頻率下降太多，變成人無法聽到的次音波。

三、不同葉片特性與葉片振動的關係。

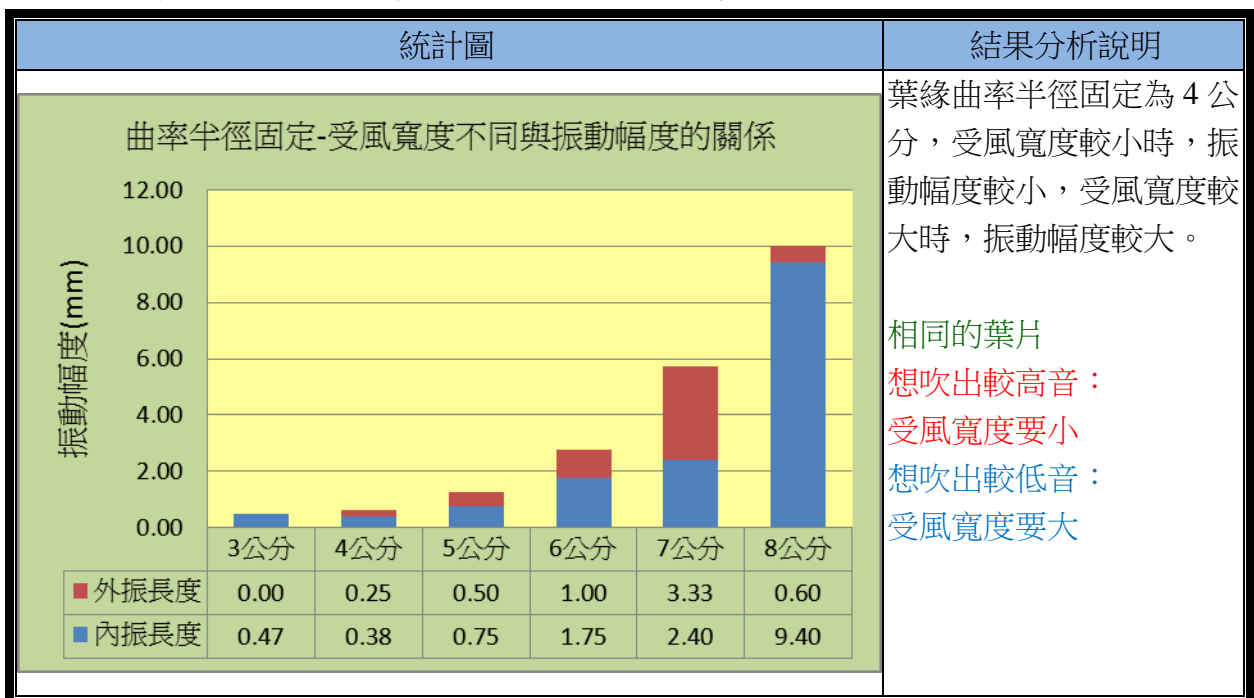
實驗 2-1：葉片受風寬度不同與葉片振動的關係

實驗 2-1-1 葉緣曲率半徑相同（皆為 4 公分）

表十五 葉緣曲率半徑相同，不同受風寬度的葉片振動情況圖

	受風寬度 3 公分	受風寬度 4 公分	受風寬度 5 公分
葉片被夾住的情形			
吹氣時的照片			
	受風寬度 6 公分	受風寬度 7 公分	受風寬度 8 公分
葉片被夾住的情形			
吹氣時的照片			

※利用試算表軟體，以受風寬度為橫軸，葉片振動幅度為縱軸，畫出下列統計圖。

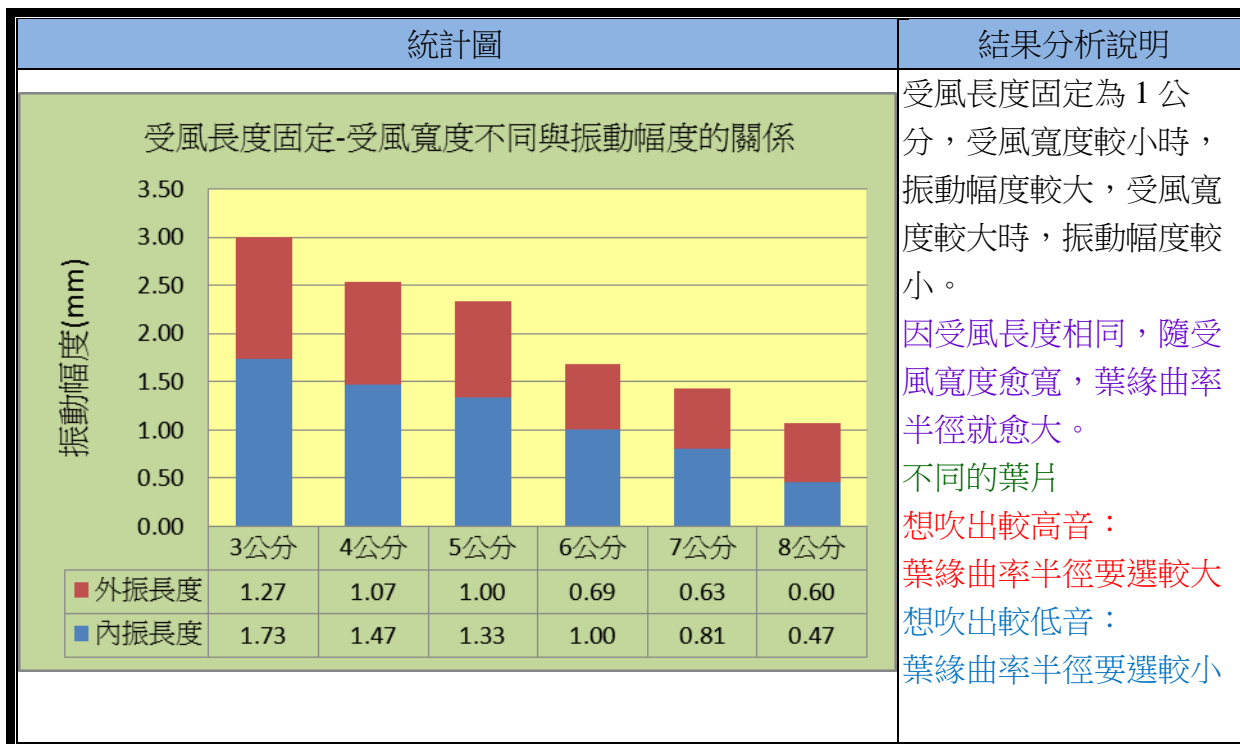


實驗 2-1-2 葉片受風長度相同（皆為 1 公分）

表十六 葉片受風長度相同，不同受風寬度的葉片振動情況圖

	受風寬度 3 公分	受風寬度 4 公分	受風寬度 5 公分
葉片被夾住的情形			
吹氣時的照片			
	受風寬度 6 公分	受風寬度 7 公分	受風寬度 8 公分
葉片被夾住的情形			
吹氣時的照片			

※利用試算表軟體，以受風寬度為橫軸，葉片振動幅度為縱軸，畫出下列統計圖。

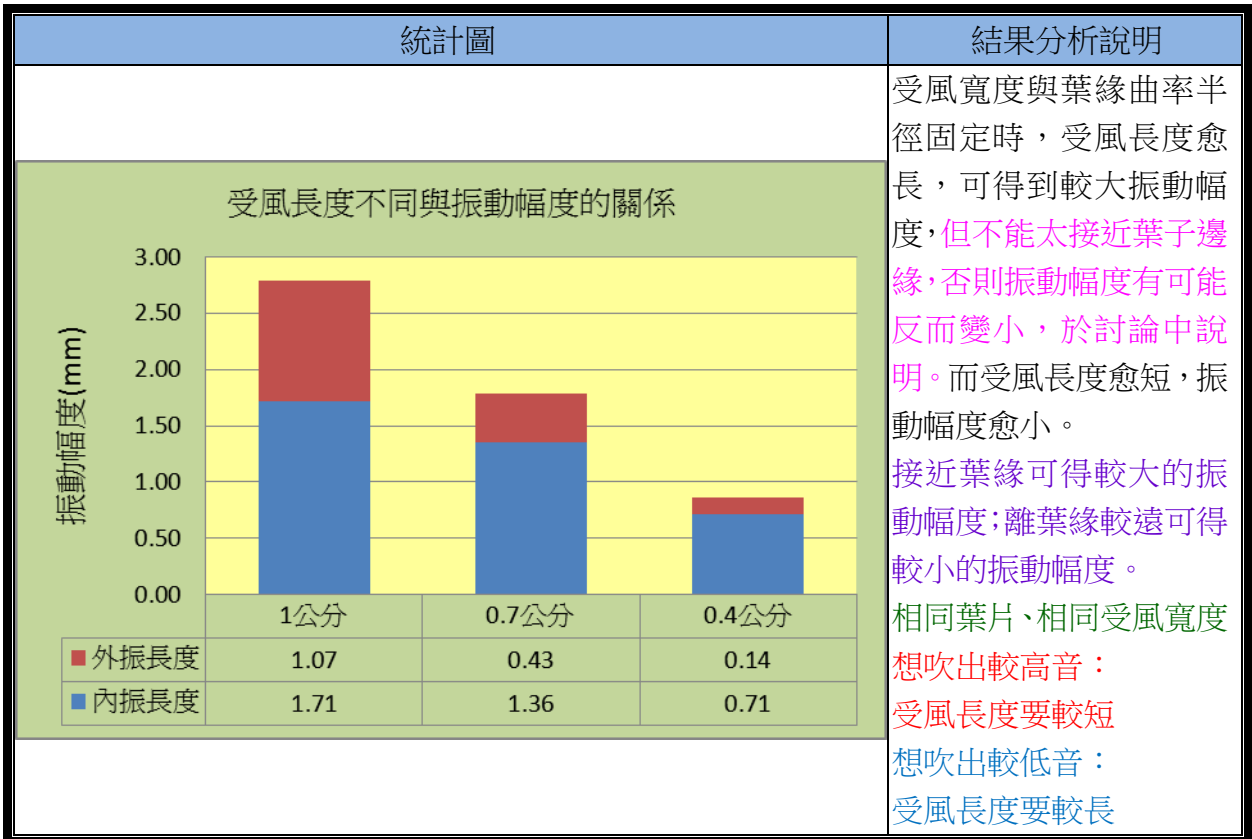


實驗 2-2：葉片受風長度不同與葉片振動的關係

表十七 不同受風長度的葉片振動情況圖




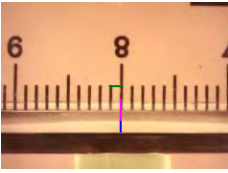
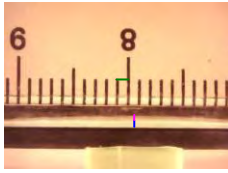
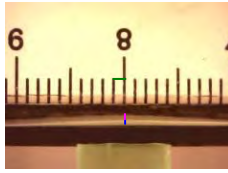
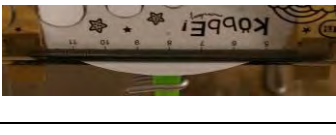
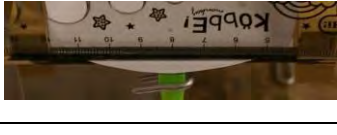
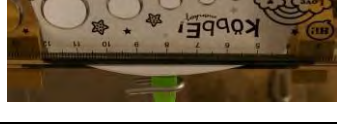

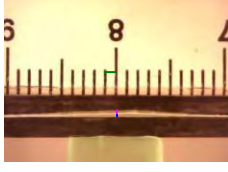
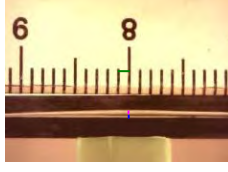
	受風長度 1 公分	受風長度 0.7 公分	受風長度 0.4 公分
葉片被夾住的情形			
吹氣時的照片			

※利用試算表軟體，以受風長度為橫軸，葉片振動幅度為縱軸，畫出下列統計圖。

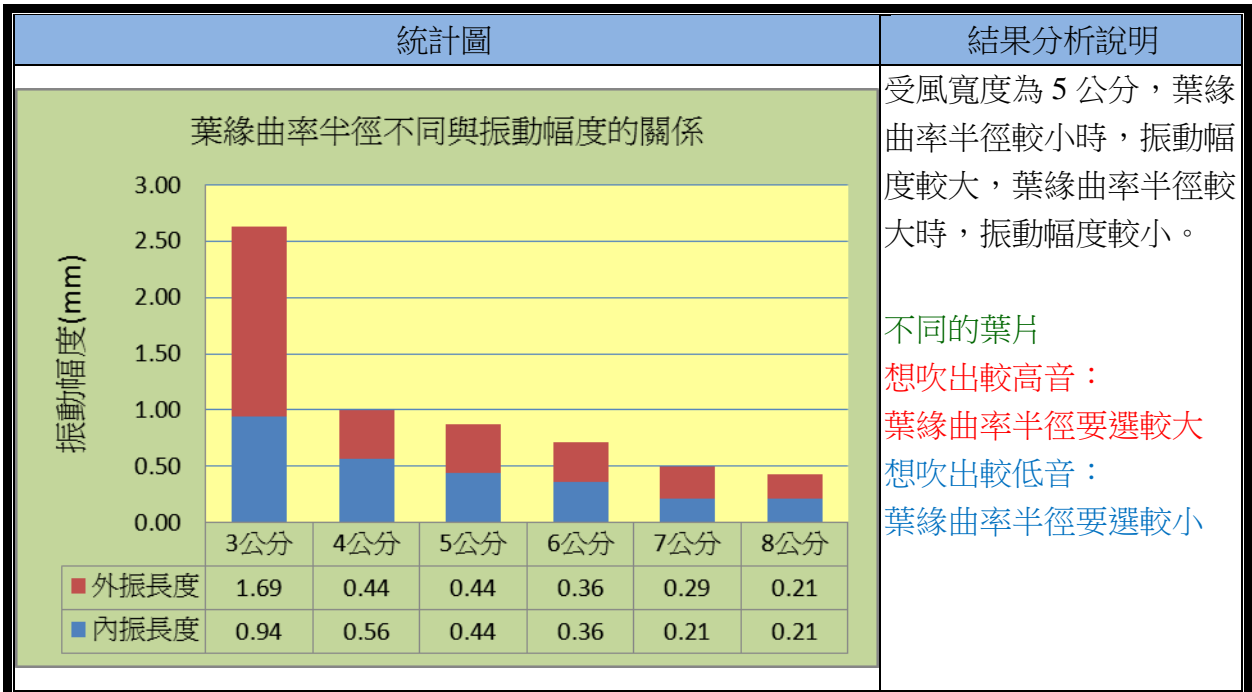


實驗 2-3：葉緣曲率半徑不同與葉片振動的關係(受風寬度 5 公分)

表十八 不同葉緣曲率半徑的葉片振動情況圖




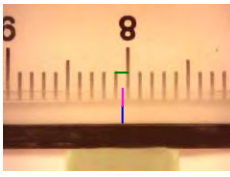
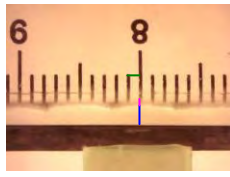
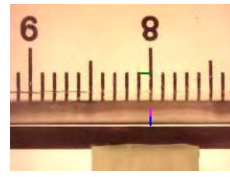


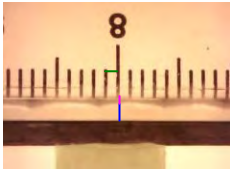
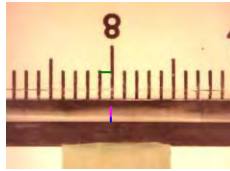
	葉緣曲率半徑 3 公分	葉緣曲率半徑 4 公分	葉緣曲率半徑 5 公分
葉片被夾住的情形			
吹氣時的照片			
	葉緣曲率半徑 6 公分	葉緣曲率半徑 7 公分	葉緣曲率半徑 8 公分
葉片被夾住的情形			
吹氣時的照片			

※利用試算表軟體，以葉緣曲率半徑為橫軸，葉片振動幅度為縱軸，畫出下列統計圖。

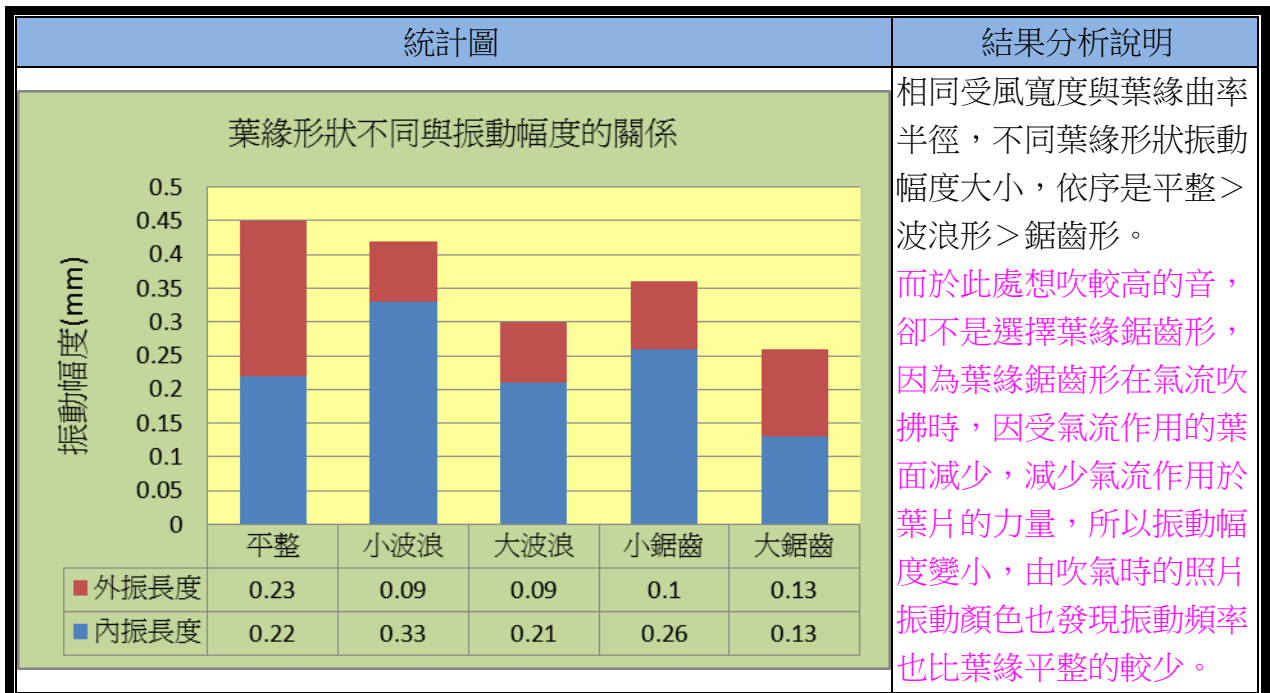


實驗 2-4：不同葉緣形狀與葉片振動的關係(曲率半徑 4 公分、受風寬度 6 公分)

表十九 不同葉緣形狀的葉片振動情況圖

	邊緣平整	小波浪	大波浪
葉片被夾住的情形			
吹氣時的照片			
	小鋸齒	大鋸齒	
葉片被夾住的情形			
吹氣時的照片			

※利用試算表軟體，以不同葉緣形狀為橫軸，葉片振動幅度為縱軸，畫出下列統計圖。

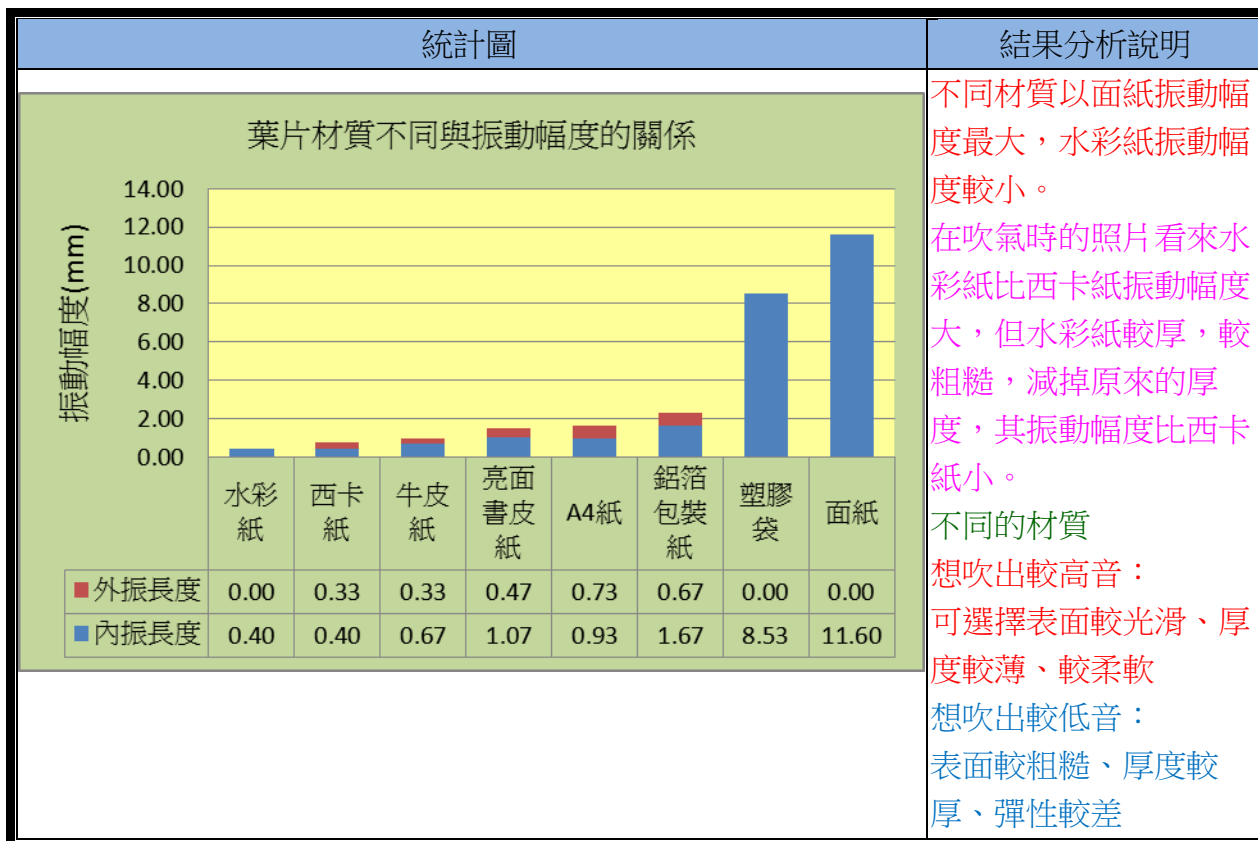


實驗 2-5：不同葉片材質與葉片振動的關係(曲率半徑 4 公分、受風寬度 6 公分)

表二十 不同葉片材質的葉片振動情況圖

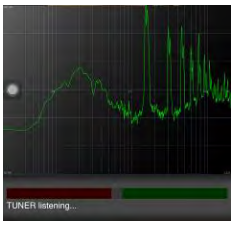
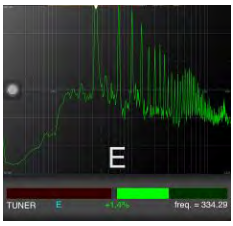
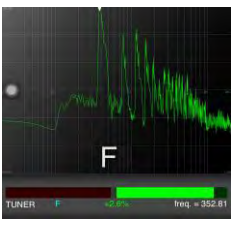
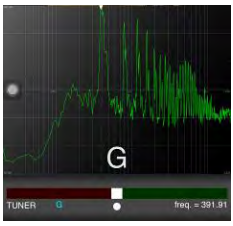
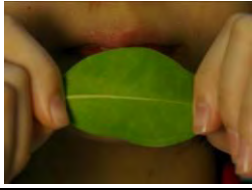


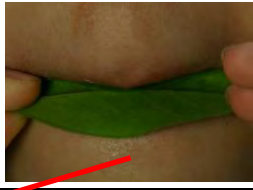




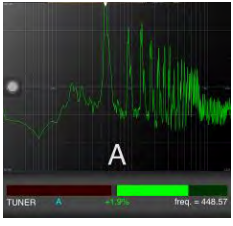
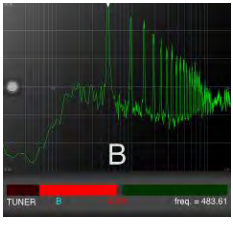
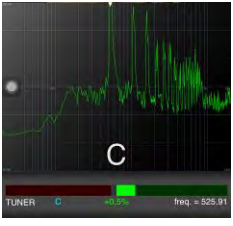
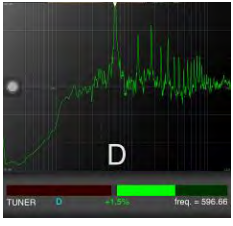
	水彩紙	西卡紙	牛皮紙	書皮紙
葉片被夾住的情形				
吹氣時的照片				
	A4 紙	鋁箔包裝紙	塑膠袋	面紙
葉片被夾住的情形				
吹氣時的照片				

※利用試算表軟體，以不同葉片材質為橫軸，葉片振動幅度為縱軸，畫出下列統計圖。



四、葉笛吹奏方式與音高的關係













表二十一 葉笛吹奏嘴形與振動幅度、振動頻率及音高的關係

說明	等待量測 振幅：以嘴唇上方的痘痘放大至6mm 為基準量測。 嘴形：扁平程度，1 最扁、7 最寬	頻率：334.29Hz 振幅：30 嘴形：7(最寬)	頻率：352.81 Hz 振幅：29 嘴形：6	頻率：391.91 Hz 振幅：28 嘴形：5	
調音器量測					
吹奏葉笛					
					4186.0 3951.1 3729.3 3520.0 3322.4 3136.0 2960.0 2793.8 2489.0 2637.0 2217.5 2093.0 1864.7 1975.5 1661.2 1760.0 1480.0 1396.9 1244.5 1318.5 1108.7 1174.7 987.77 987.77 932.33 880.00 830.61 783.99 739.99 698.46 659.26 659.26 587.33 587.33 554.37 523.25 493.88 466.16 440.0 415.30 392.00 369.99 349.23 311.13 329.63 277.18 261.6 246.94 233.08 220.00 207.65 196.00 185.00 174.61 164.81 155.56 146.83 138.59 130.81 123.47 116.54 110.00 103.83 97.999 92.499 87.307 82.407 77.782 73.416 69.296 65.406 61.735 58.270 55.000 51.913 48.999 46.249 43.654 41.203 38.891 36.708 34.648 32.703 29.135 27.500
					C8 B7 A7 G7 F7 E7 D7 C7 B6 A6 G6 F6 E6 D6 C6 B5 A5 G5 F5 E5 D5 C5 B4 A4 G4 F4 E4 D4 C4 B3 A3 G3 F3 E3 D3 C3 B2 A2 G2 F2 E2 D2 C2 B1 A1 G1 F1 E1 D1 C1 B0 A0
吹奏葉笛					
調音器量測					
說明	頻率：448.57 Hz 振幅：27 嘴形：4	頻率：483.61 Hz 振幅：25 嘴形：3	頻率：525.91 Hz 振幅：21 嘴形：2	頻率：596.66 Hz 振幅：14 嘴形：1(最扁)	

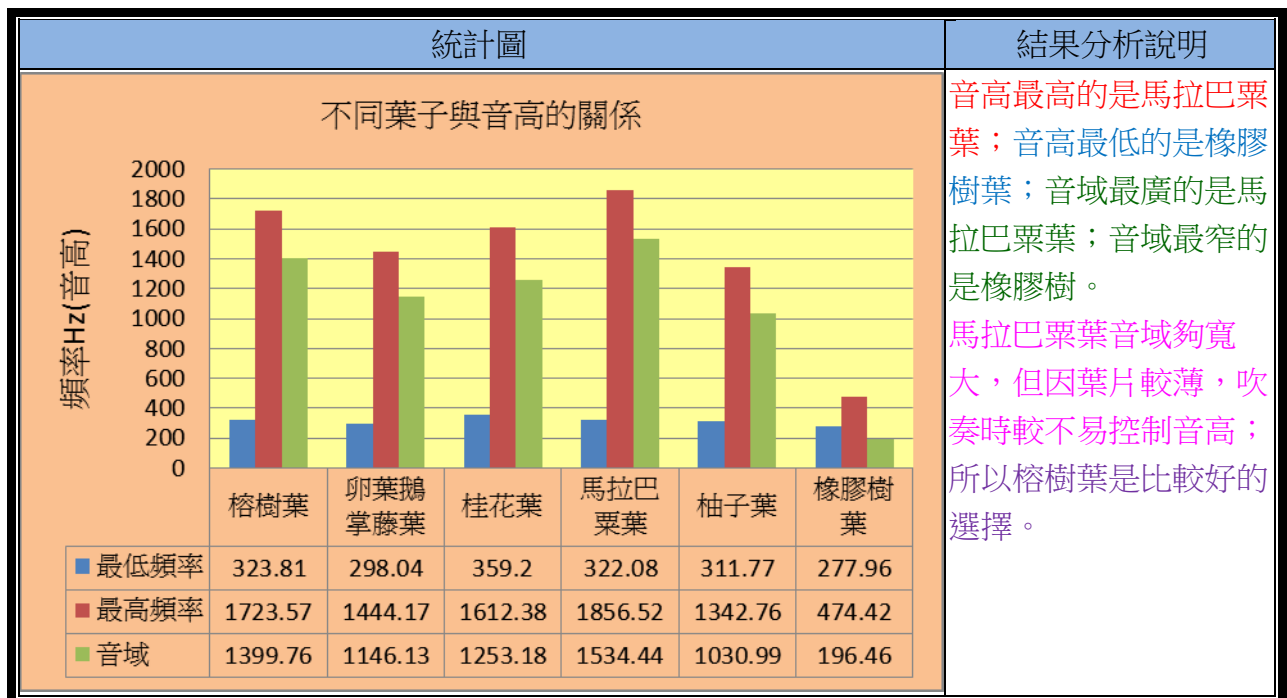
說明：吹奏時，嘴形愈扁，振動幅度愈小，得到愈高的頻率，音高也愈高。

五、吹奏不同種類葉子與音高關係

表二十二 不同的葉子與吹奏的照片

榕樹葉外觀照片	卵葉鵝掌藤葉外觀照片	桂花葉外觀照片
		
吹奏的照片	吹奏的照片	吹奏的照片
		
馬拉巴粟葉外觀照片	柚子葉外觀照片	橡膠樹葉外觀照片
		
吹奏的照片	吹奏的照片	吹奏的照片
		

※利用試算表軟體，以不同葉子為橫軸，葉片振動頻率為縱軸，畫出下列統計圖。

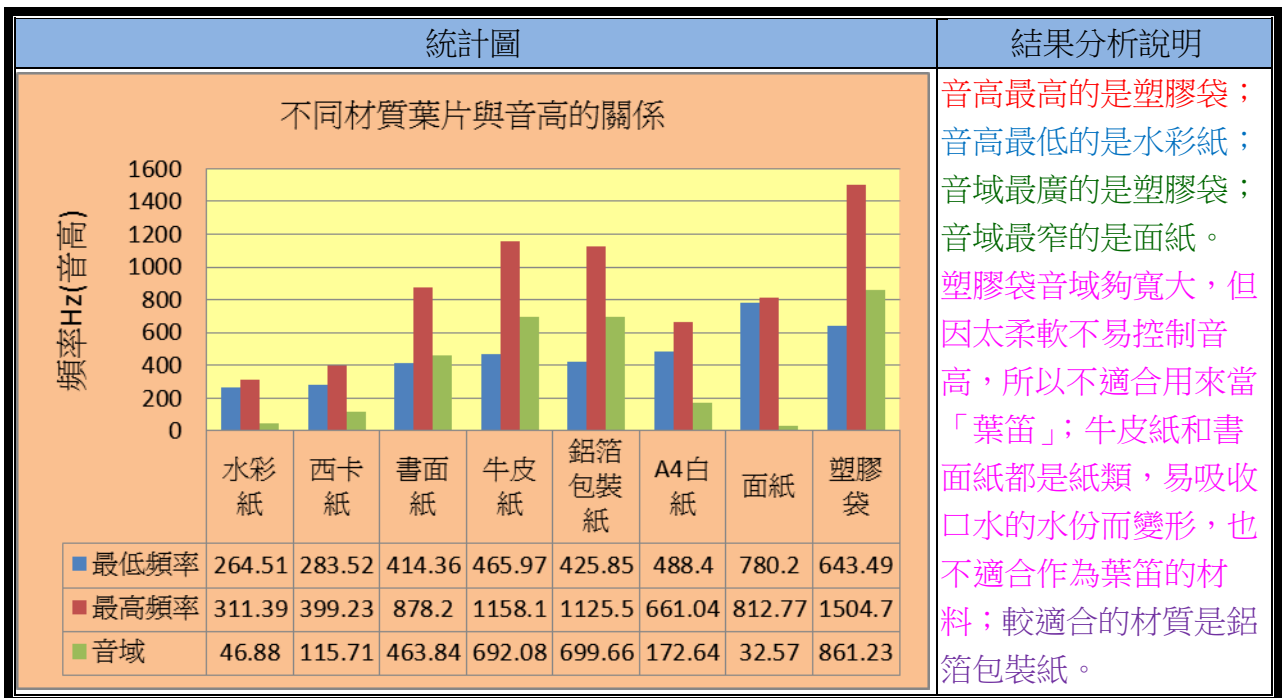


六、吹奏不同材質葉片與音高關係(半徑為 4 公分之圓)

表二十三 不同材質的葉片與吹奏的照片

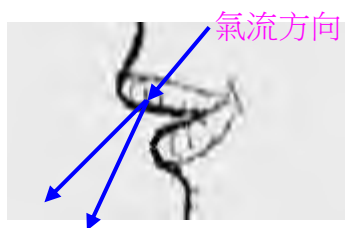
水彩紙	西卡紙	牛皮紙	書面紙
吹奏照片	吹奏照片	吹奏照片	吹奏照片
A4 紙	鋁箔包裝紙	塑膠袋	面紙
吹奏照片	吹奏照片	吹奏照片	吹奏照片

※利用試算表軟體，以不同材質葉片為橫軸，葉片振動頻率為縱軸，畫出下列統計圖。

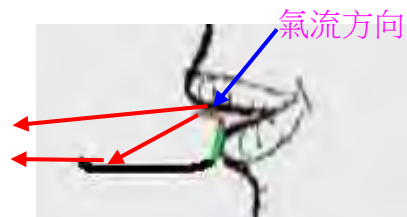


陸、討論

一、無樹葉，模擬吹奏時的吹氣方式，出氣角度為 45 至 75 之間；吹樹葉時，出氣角度變為 0 至 15 度之間，是因為無樹葉時，吹氣無阻擋物，所以氣體可直接吹出，但有樹葉時，因口中的所吹出的氣體，吹到樹葉而造成反彈，而形成出氣角度變為 0 至 15 度。



圖十七 無葉片時氣流方向

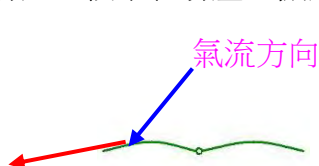


圖十八 有葉片時氣流方向

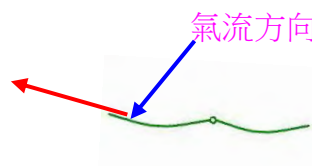
二、一般葉面並不是平整的，若葉子以葉脈中央，向兩側有弧度的彎曲，而形有弧度的葉片時，則以葉子的背面貼近嘴巴吹奏會比葉子正面貼近嘴巴，比較容易吹奏。因為葉子背面於吹奏時，較容易因阻擋氣流受力而形成振動，產生聲音，而若是以葉子正面吹奏，則因氣流順著葉面的弧度而滑過，較不容易產生振動。



圖十九 葉子剖視圖



圖二十 吹葉子正面



圖二十一 吹葉子背面

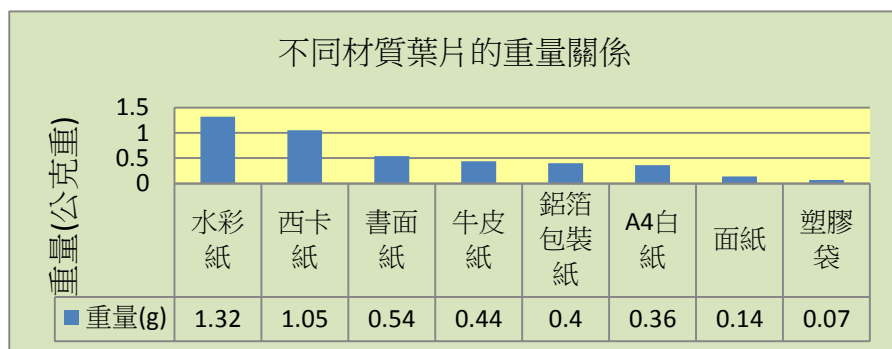
三、當吹奏葉片，吹奏的受風長度太長而接近葉子邊緣時，會有氣流將葉片吹彎後，氣流直接從葉片邊緣吹過，而使振動幅度不因受風長度變長而變大，反而變小的情形產生。

表二十四 不同受風長度的振動幅度差異圖

受風長度短	受風長度中	受風長度太長	葉片被吹彎
			氣流直接由葉緣邊吹過，沒吹在葉片上，而使振動幅度無法再加大。

四、葉子邊緣若為直線沒有弧度，如孔雀椰子的葉子，則因雙手手指所壓之處與嘴形的變化，決定受風寬度，但因受風長度為 0，因此葉片便沒有可以受氣流吹襲而產生振動的部份，所以就無法發出聲音，若仍想以此種葉子發出聲音，便需要利用剪刀，將葉緣剪出有弧度的形狀才行。

五、分析不同材質的重量及最高音高的統計圖中，我們發現最輕的塑膠袋材質可以吹出最高的音高，最重的材質水彩紙所得到的最高音高是最低的；另外面紙與 A4 紙則因表面較為粗糙，所以雖然重量輕，但最高音高卻無法很高，而鋁箔包裝紙、牛皮紙與書面紙則因表面光滑，可以得到較高的音高，這是因為氣流與葉片表面粗糙度的不同，形成氣流與葉片摩擦力不同所造成的結果；而西卡紙雖然表面光滑，但因重量重，所以較為厚實，彈性較差，所以得到得最高音高也較低。



圖二十二 不同材質葉片重量比較圖

六、不同葉子所能吹出的音域不同，馬拉巴粟雖然可以吹出的音域較廣，但因葉子較薄，彈性較差，因此要控制音高時，吹奏時，手與嘴的變化就必須比較大，即較不容易控制音高。而橡膠樹葉則因太大、太厚，吹奏時，要使葉片產生適當的振動而產生聲音，已屬相當不易，所以音域相對變窄。因此適合當葉笛的葉子，就須具有適當的彈性較佳。

七、在不同材質的葉片中，塑膠袋材質雖然音域廣，但因太輕太柔軟而缺乏彈性，所以吹奏時不易控制音高，而牛皮紙與書面紙音域雖夠廣，但因為是紙類，容易於吹奏時，接觸口水而變形，A4 白紙、西卡紙、面紙、水彩紙，除了是紙類，音域也不夠廣，因此適合用來當葉笛的材料為鋁箔包裝紙。

八、葉笛有另一種形式，為捲葉式，是將葉子捲成適當的形狀，由一端吹送氣體，同樣讓葉片受氣流吹襲產生振動，而形成聲音，但因吹奏過程中，無法改變葉片振動部份的大小，因此能吹出的音高也受限，通常吹出的音域為單一音高。

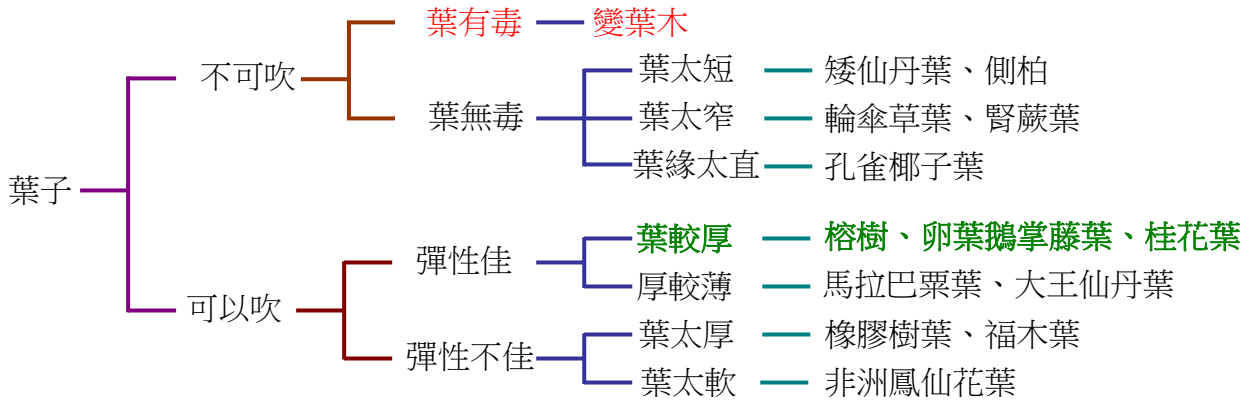
柒、結論

- 一、相同的葉緣曲率半徑之下，葉片受風寬度愈窄，振動幅度愈小；葉片受風寬度愈寬，振動幅度愈大。
- 二、相同的受風長度之下，葉片受風寬度愈窄，振動幅度愈大；葉片受風寬度愈寬，振動幅度愈小。
- 三、相同的葉緣曲率半徑之下，葉片受風長度愈短，振動幅度愈小；葉片受風長度愈長，振動幅度愈大。
- 四、相同的受風寬度之下，葉片葉緣曲率愈小，振動幅度愈大。葉片葉緣曲率愈大，振動幅度愈小。
- 五、不同的葉緣形狀，振動幅度大小為：平整 > 波浪 > 鋸齒。
- 六、具有彈性的不同材質，愈堅硬的，振動幅度愈小；愈柔軟的，振動幅度愈大。
- 七、吹氣方式以打氣機穩定供應氣流，出氣口為扁平形狀，吹氣角度為 45 至 75 度之間，可以得到較大振動幅度與較高的振動頻率。

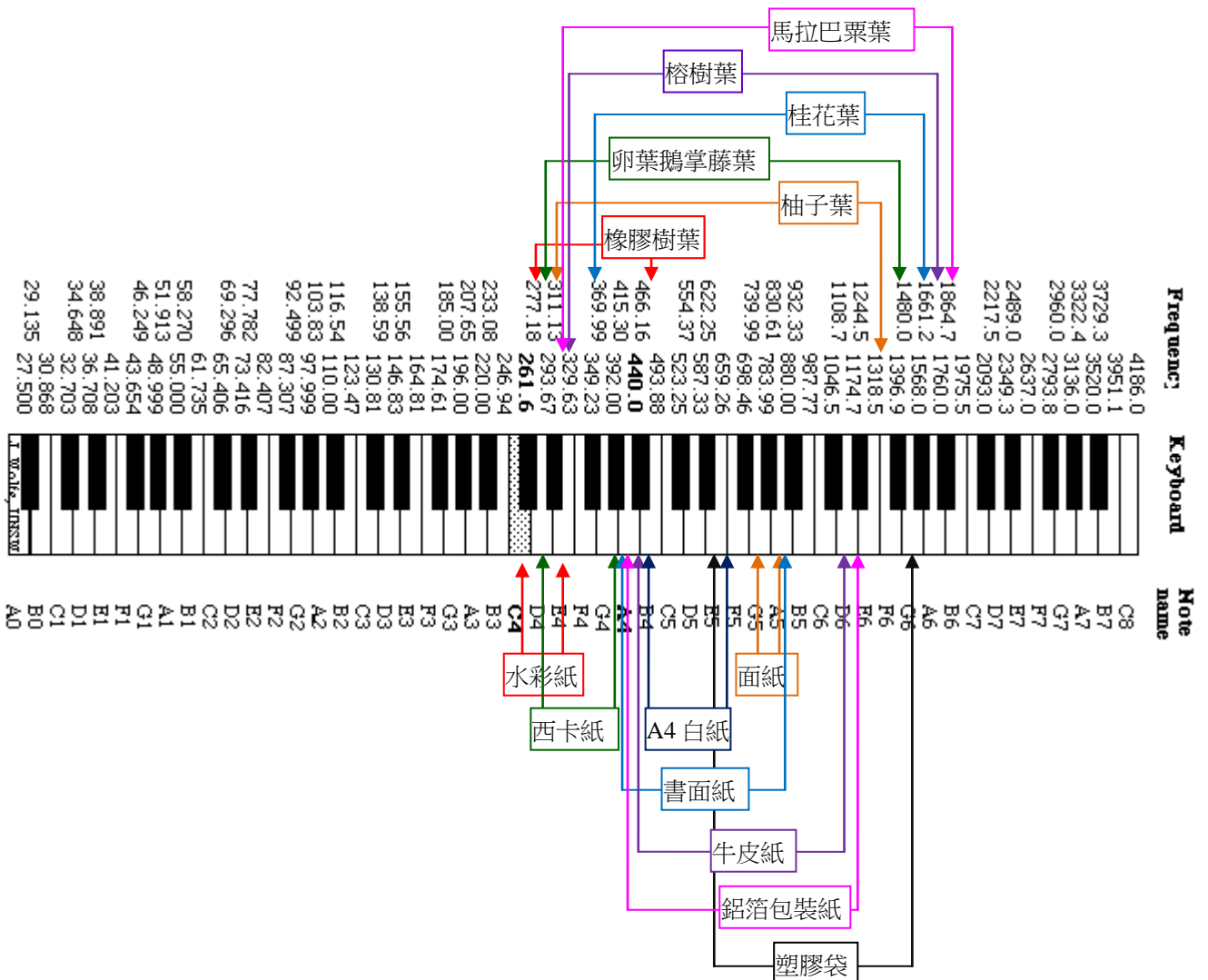
八、吹奏葉笛以**控制嘴形**對吹氣的角度、**葉片的受風寬度與受風長度**進行調整，可以得到不同振動頻率的音高。

九、**可以吹奏的葉片**，依不同的**特性**，例如：葉緣形狀、葉緣曲率、葉片的厚度，配合吹奏者控制吹氣角度、受風寬度與受風長度，**可以得到不同振動頻率的音高**。

十、如何判別葉子是否可以吹奏：



十一、不同葉片可吹奏出的不同音域：



捌、參考資料

- 一、葉笛吹奏法。中壢市。陳宏志。
- 二、國立臺灣師範大學物理學學系-維基網頁。<http://www.phy.ntnu.edu.tw/wiki/index.php/>
- 三、維基百科。<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/Wikipedia>
- 四、帶領敬拜的小小心得:頻率、記譜與音高。<http://chungchochang.blogspot.tw/2010/11/blog-post.html>

【評語】 080113

1. 在生活中發現問題進行探究，具科學研究之精神。
2. 吹奏的方式如果能以科學的方式呈現，在科學的研究上更具完整性也兼顧實驗的嚴謹度。
3. 考量到各個可能影響的因素進行實驗設計，利用實驗結果於葉笛的演奏，如果能將各音高的吹奏方式客製化，讓每一個人都會吹奏，就更棒了！