

# 中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學科

080832

薄膜振動吸管笛的研究

學校名稱：臺中縣龍井鄉龍海國民小學

作者：	指導老師：
小六 何嫻容	李義評
小六 彭少鈞	紀慶隆
小六 陳瓊專	
小五 陳宜均	
小五 洪韻筑	
小五 陳儀恕	

關鍵詞：大聲公、薄膜、吸管笛

# 薄膜振動吸管笛的研究

## 摘要

為解決聲音課程教學時,製作出吸管直笛吹奏,但吸管笛有音量太小的問題,遂想到運用薄膜振動來放大音量,即是在吸管笛前方加入一個發聲源(大聲公)。實驗時分為四部份(1)大聲公:針對發聲源的部位進行實驗,以音量大小分析。(2)薄膜振動水管笛:薄膜振動水管笛吹奏效果不佳,而且體積重大、不易攜帶。(3)薄膜振動吸管笛:保鮮膜做振動膜,效果最佳、而且穩定度高。(4)吸管排笛、吸管笛、薄膜振動吸管笛之比較:薄膜振動吸管笛音量最大。薄膜振動吸管笛與排笛的頻率很接近,兩者應屬閉管笛,而吸管笛為開管笛。薄膜振動吸管笛的音色聽起來像簧管樂器,且波形圖具有特殊的鋸齒狀波。而排笛及吸管笛的波形較平滑。

## 壹、研究動機

在吹奏笛子時,發現音高變化很明顯、音量也很大,但老師拿出自製吸管笛吹奏時,可以吹出聲音,但音量不大。

在一次網路搜尋中,找到逢甲大學林泰生教授的教學網站有大聲公的照片,吸引我們的注意,如果將大聲公與自製吸管直笛結合起來,是否會收到加乘效果。

## 貳、研究目的

我們想要研究怎麼吹才會吹出聲音?有哪些因素會影響聲音的大小和高低?能不能做出薄膜振動水管笛來玩一玩?能不能做出薄膜振動吸管笛來玩一玩?

## 參、研究設備及器材

### 1. 測量音量及頻率

分貝計、種常見的飲料容器、剪刀、線香、尺,手電筒、氣球、橡膠手套、塑膠袋、鋁箔紙、保鮮膜、砝碼、軟體 Cool Edit 2000 及 Frequency Converter。

### 2. 薄膜振動水管笛:

水管、吸管、鐵絲、漱口杯、鉗子、滴管、熱融膠、氣球。

### 3. 薄膜振動吸管笛:

吸管、鐵絲、漱口杯、鉗子、滴管、熱融膠、氣球、保鮮膜。

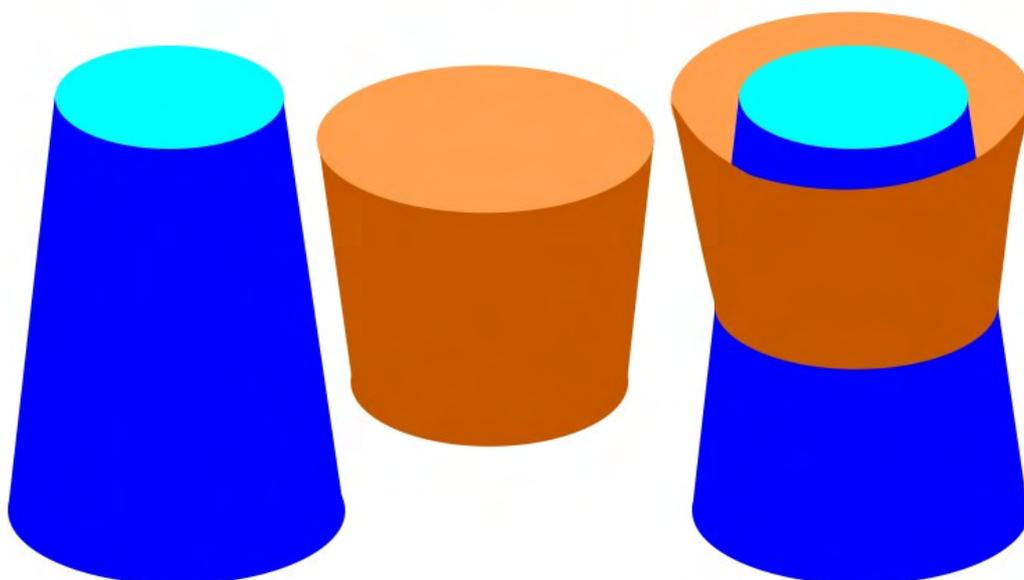
### 4. 排笛、吸管笛:

吸管、鐵絲、熱融膠、紙板。

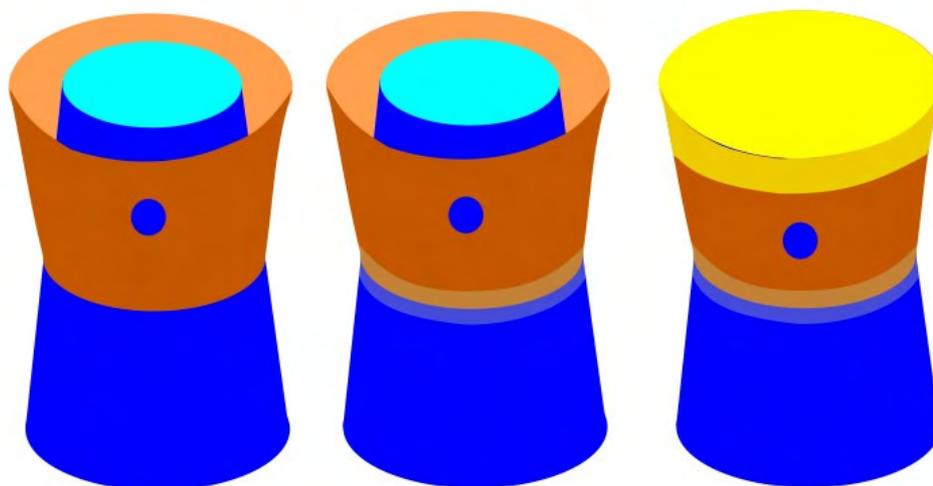
## 肆、研究方法:

大聲公製作方法：

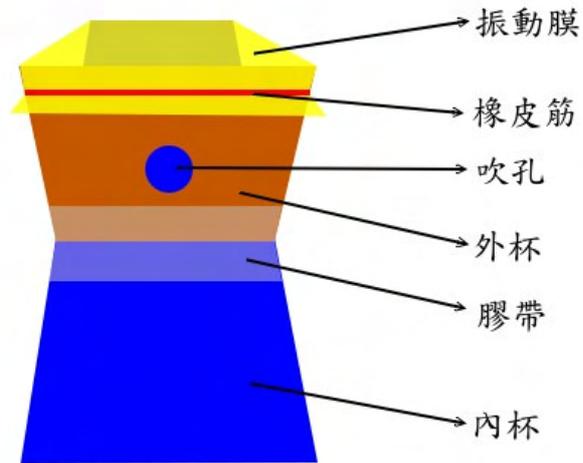
1. 取出兩個杯子，第一個杯子（藍色）將底面打通，第二個杯子（橘色）對切後，將兩個杯子堆疊在一起。



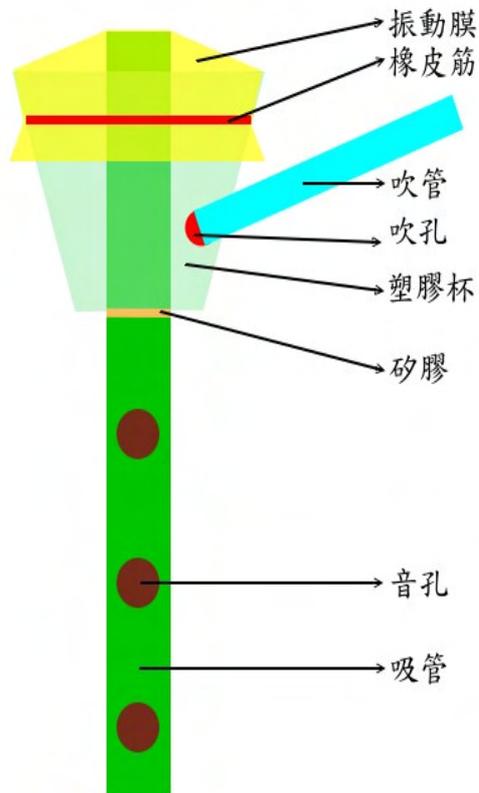
2. 將上方杯子（橘色）用線香打一個洞，兩杯子交接處用膠帶黏貼，並在最上方加上薄膜，做為振動膜。



3. 組合完成圖如下圖所示。



薄膜振動吸管（水管）笛製作製作方法：組合圖如下所示。



## 伍、研究過程

### 一、影響大聲公發聲因素的探討

### 1. 不同杯子大小（高度）的影響

使用大小不同塑膠杯（相片 1）進行實驗。大塑膠杯為飲料杯的中杯，高度為 12.8cm，小塑膠杯為飲料杯的小杯，高度為 8.8cm。音量用分貝計記錄，分貝計距離杯口約 30cm（相片 2），由固定一位同學吹三次，並紀錄試驗結果。實驗結果如表一所示。

表一 不同杯子大小（高度）與音量的關係				
杯子材質	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	三次平均
大塑膠杯	80 分貝	80 分貝	82 分貝	81 分貝
小塑膠杯	83 分貝	80 分貝	85 分貝	83 分貝

大小塑膠杯的組合，氣室儲存氣體容量會有所差別，大塑膠杯組合氣室較大，但由表一的資料得知杯子大小（高度）對音量影響不明顯。由於吹奏者表示大塑膠杯吹奏時，因此往後實驗都使用大塑膠杯，方便使用者吹奏。



相片 1



相片 2

## 2. 不同杯子材質的影響

使用大小相同保麗龍杯、塑膠杯（相片 3）進行實驗。實驗結果如表二所示。

杯子材質	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	三次平均
保麗龍杯	100 分貝	98 分貝	100 分貝	99 分貝
塑膠杯	90 分貝	90 分貝	90 分貝	90 分貝

由表二的資料得知杯子材質對音量有影響。採用保麗龍杯音量較塑膠杯大 9 分貝。因此往後實驗都使用保麗龍杯。



相片 3

### 3.內杯伸出尺寸的影響：

用六個保麗龍杯，兩兩一組，製成三組大聲公，每一組伸出尺寸皆不同，分別為 1cm、0.5cm、0cm 長（相片 4）。實驗結果如表三。

伸出尺寸	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	三次平均
1cm	70 分貝	61 分貝	74 分貝	68 分貝
0.5cm	90 分貝	90 分貝	88 分貝	89 分貝
0cm	60 分貝	59 分貝	61 分貝	60 分貝

由表三的資料得知內杯伸出尺寸會造成音量明顯改變，以 0.5 cm 聲音最大；大於或小於 0.5 cm，音量會變小，分析原因，伸出尺寸較小（0cm）時，氣球較鬆，吹時音量不大。伸出尺寸較大（1cm）時，氣球由於太緊，吹奏時氣球無法順利產生振動，所以發出聲音也不大。往後實驗距離以伸出 0.5cm 為主。



相片 4

#### 4. 不同吹孔大小的影響

使用吹孔大小不同塑膠杯（相片 5）進行實驗。小吹孔為 0.2cm、中吹孔為 0.4cm、大吹孔為 0.7cm 進行實驗，並紀錄試驗結果。結果如表四所示。

吹孔大小	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	三次平均
0.2cm	90 分貝	90 分貝	91 分貝	90 分貝
0.4cm	100 分貝	90 分貝	90 分貝	93 分貝
0.7cm	100 分貝	100 分貝	90 分貝	97 分貝

由表四的資料得知杯子大小（高度）對音量影響很大。分析原因吹孔較大時，每次吹進的氣體較多，所以音量較大。但由於大吹孔吹奏時，吹奏時很吃力，並不容易製作。因此往後實驗都使用中吹孔。



相片 5

#### 5. 不同吹孔距離的影響

使用吹孔距離表示由杯緣為起點，吹孔中心為終點，兩者的距離為 1.5cm、3cm、4.5cm 三種（相片 6）進行實驗，並紀錄試驗結果。結果如表五所示。

吹孔距離	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	三次平均
1.5cm	100 分貝	100 分貝	106 分貝	102 分貝
3cm	100 分貝	100 分貝	96 分貝	99 分貝
4.5cm	104 分貝	100 分貝	100 分貝	101 分貝

由表五得知，三種吹孔距離對音量的影響不大，表示吹奏的氣體進入氣室的位置不會影響音量。因此往後研究以吹孔距離為 3cm 為主。



相片 6

#### 6. 不同膠帶寬度的影響

用兩種透明膠帶進行實驗，兩膠帶的寬度分別為 2cm 及 4.8cm。將膠帶貼在兩保麗龍杯接合處（相片 7）。實驗結果如表六。

膠帶寬度	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	三次平均
2cm	100 分貝	106 分貝	104 分貝	103 分貝
4.8cm	104 分貝	100 分貝	104 分貝	103 分貝

由表六的資料得知膠帶寬度不同不會造成音量明顯改變，但寬度 2cm 的膠帶有黏不太住的情況，所以往後實驗以膠帶寬度 4.8cm 為主。



相片 7

### 7. 不同膠帶材質的影響

用寬度 4.8cm，以不同材質（透明、包裝）做黏著（相片 8）。吹奏結果如表七。

表七 不同膠帶材質與音量的關係				
膠帶材質	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	三次平均
透明膠帶	90 分貝	92 分貝	92 分貝	91 分貝
包裝膠帶	100 分貝	100 分貝	100 分貝	100 分貝

由表七的資料得知膠帶材質會造成音量明顯改變，以包裝膠帶聲音最大。往後實驗時，選擇以包裝膠帶製作。



相片 8

#### 8. 不同外膜材質的影響

找出常見的外膜材質可分氣球、橡膠手套、塑膠袋、鋁箔紙和保鮮膜五種（相片 8）。由於我們所用外膜需為單層，氣球、橡膠手套及塑膠帶需用剪刀將雙層變為單層。其中橡膠手套、塑膠袋、鋁箔紙、保鮮膜四種需要用橡皮筋加以固定，並將實驗結果製成表八。

外膜材質	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	三次平均
氣球	100 分貝	100 分貝	100 分貝	100 分貝
橡膠手套	98 分貝	90 分貝	90 分貝	93 分貝
塑膠袋	98 分貝	96 分貝	92 分貝	95 分貝
鋁箔紙	70 分貝	70 分貝	72 分貝	71 分貝
保鮮膜	100 分貝	92 分貝	100 分貝	97 分貝

由表八的資料得知，外膜材質對音量有明顯的影響。鋁箔紙因本身不具彈性，所產生的音量最小，外膜具有彈性，音量較大。以音量大小為選擇基準，外膜為氣球時，音量最大。因此往後研究以氣球為主。



相片 9

### 9. 不同外膜張力變化的影響

由於外膜張力無法直接測量，便設計出一種間接方式來評定張力的大小，以 50g 砝碼放在外膜中心，當外膜鬆時，砝碼會下沉較多，測量出杯緣和砝碼邊緣距離較小。當外膜緊時，砝碼會下沉較少，測量出杯緣和砝碼邊緣距離較大。為了將兩者差距放大，便利用手電筒照射，產生放大刻度及方便測量的效果(相片 10)。吹奏結果如表九。

量測高度	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	三次平均
4cm	80 分貝	80 分貝	80 分貝	80 分貝
6cm	90 分貝	90 分貝	90 分貝	90 分貝
6.5cm	90 分貝	90 分貝	90 分貝	90 分貝

由表九的資料得知外膜張力會造成音量明顯改變，但當外膜張力緊到量測高度為 6cm 以上時，音量不會有顯著的變化。外膜張力選用量測高度為 6cm。



相片 10

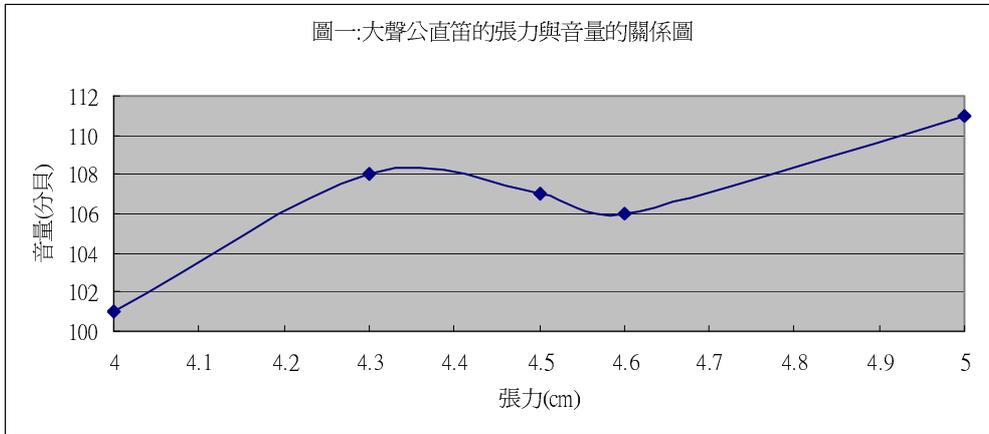
## 二、薄膜振動水管笛

### 1. 薄膜振動水管笛音量頻率曲線研究

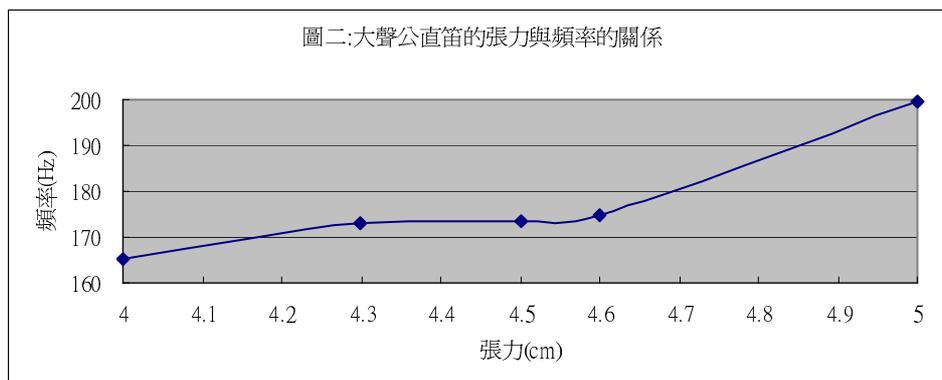
由於大聲公吹時，音量都不錯，適合製作直笛。氣室部分由大養樂多瓶、保特瓶組成。為了讓聲音有頻率上的變化，加上一支水管進行實驗。量測直笛長度，可測得長度為 30 公分。用熱熔膠將水管固定在保特瓶上，待冷卻後，再將大養樂多瓶加在外側。(相片 11) 用不同張力的氣球各吹三次，各量測出音量頻率，計算平均值，畫成曲線圖 (圖一)(圖二)



相片 11



由圖一可知，氣球張力越大，音量越大，但中間部份兩者關係較不明顯。



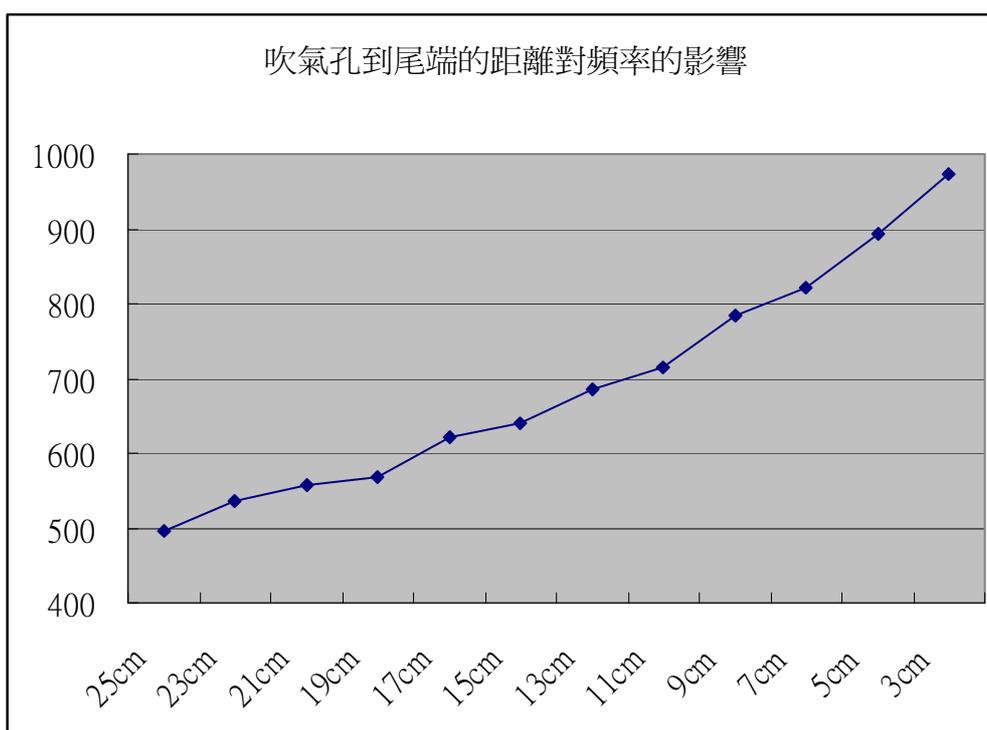
由圖二可知，氣球張力越大，頻率越大，但中間部份兩者關係較不明顯。

將水管鋸成 30cm 長，在距離一端 5cm 處，打一個直徑 5.5mm 的吹氣孔。以熱熔膠套上塑膠杯塞住管口。用尺量吹氣孔到尾端 25cm 長，然後逐次減短 2cm，直到吹口到尾端離 4cm 時，逐次測量頻率。在每個位置各吹三次，取平均值後做成下表。



相片 12

吹管長度	25cm	23cm	21cm	19cm	17cm	15cm
第一次	510	535	557	574	622	641
第二次	488	536	559	568	621	643
第三次	493	535	554	565	619	638
平均	497	535	557	569	621	641
吹管長度	13cm	11cm	9cm	7cm	5cm	3cm
第一次	674	721	793	820	893	972
第二次	695	716	781	823	895	970
第三次	690	711	779	821	893	977
平均	686	716	784	821	894	973



由上圖可知，吹孔到尾端的長度越短，聲音越高，頻率從 497Hz 到 973Hz，大約 8 度音，所以可製作成薄膜振動水管笛。

### 三、薄膜振動吸管笛

薄膜振動水管笛吹奏效果雖然不錯，但體積重量都太大，不易攜帶，而且製作時打洞不易。於是我們使用已經學會的頻率測量方法來製作薄膜振動吸管直笛。

將學生含氟漱口杯鑽孔，放入已打孔的珍珠奶茶吸管，並用熱融膠固定，上方再加入氣球做為振動膜。(相片 13)

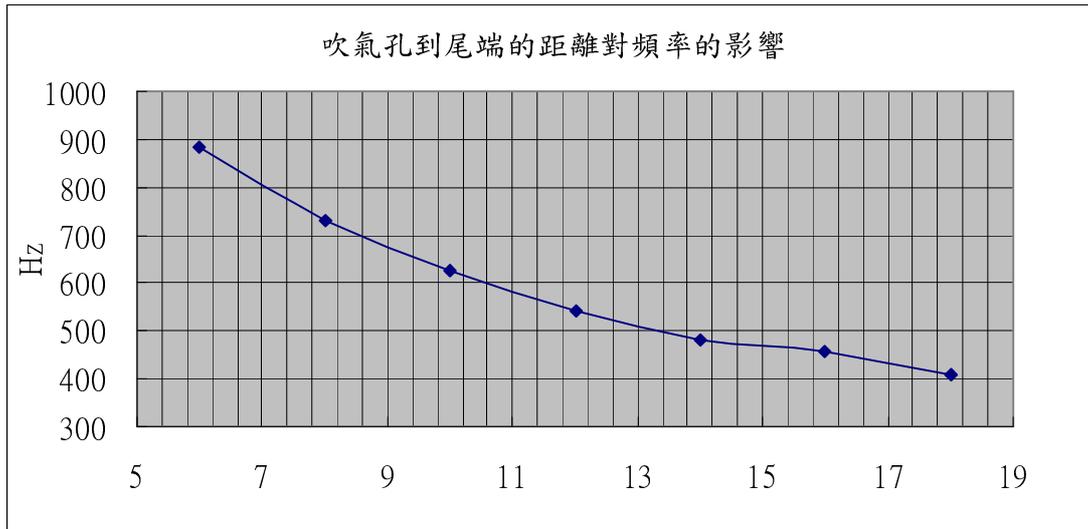


相片 13

薄膜振動吸管笛的頻率曲線製作步驟如下，在自製的薄膜振動吸管笛上取空氣柱 18, 16, 14, 12, 10, 8, 6cm 處打洞，每個音各吹 9 次，錄音後並以 Audacity 分析。

結果：

空氣柱長度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均
18	411	406	410	401	400	400	416	409	407	407
16	467	459	459	455	454	454	453	453	452	456
14	484	485	483	482	483	480	482	483	479	482
12	543	544	542	544	543	542	543	543	544	543
10	626	627	627	622	626	626	624	634	631	627
8	733	737	736	731	730	731	731	733	730	732
6	882	884	885	882	883	883	883	882	885	883



根據上圖便可以找出所要的音孔位置，並做出一隻簡單的笛子。吹孔到尾端的長度越短，聲音越高，頻率從 407Hz 到 883Hz，約有 8 度，已經足夠吹奏許多歌謠。

吹奏後，發現薄膜振動吸管笛氣球膜振動能發出得聲音頻率有限，因此也常影響一組音律的完整性。應該是適合該共振長度的音，氣球膜並沒有產生所致。因此便會有某些孔聽起來聲音仍是不變。

所以便試了多種振動膜，發現保鮮膜效果最佳，顯著改善發出得聲音頻率範圍。(相片 14)



相片 14

為了確認振動膜採用以氣球或保鮮膜製作，何種效果較穩定，所以用氣球或保鮮膜各製做出三支薄膜振動吸管笛（相片 15），進行實驗

吸管編號	第一次 (4/22 1400)	第二次 (4/22 1430)	第三次 (4/23 0800)	第四次 (4/24 1300)
1 氣球膜	610	634	613	630
	642	304	616	302
	312	304	618	302
2 氣球膜	380	710	386	374
	377	712	377	373
	376	694	376	370
3 氣球膜	832	833	560	640
	608	830	559	639
	644	827	560	624
4 保鮮膜	1148	1090	2301	387
	1172	1126	2308	387
	1162	1100	2312	386
5 保鮮膜	425	2031	1897	1933
	420	2041	1893	1925
	416	2039	1875	1920
6 保鮮膜	2020	1933	2001	1865
	2016	1926	1974	1817
	2009	1930	1960	1905

分析實驗結果，做成下表。

	1 次		2 次		3 次		4 次	
	穩定	不穩定	穩定	不穩定	穩定	不穩定	穩定	不穩定
氣球膜		1		1	1			1
	2		2		2		2	
		3	3		3		3	
保鮮膜	4		4		4		4	
		5		5		5		5
	6		6			6	6	

由表中可知，保鮮膜穩定度較氣球膜高。從另一個觀點製成下表。

吸管編號	頻率範圍
1	302-642
2	370-712
3	559-833
4	386-2312

5	416-2041
6	1817-2020

出現差 8 度的情形，應是吹奏者氣流不穩定，比較三天的結果，發現頻率稍降。

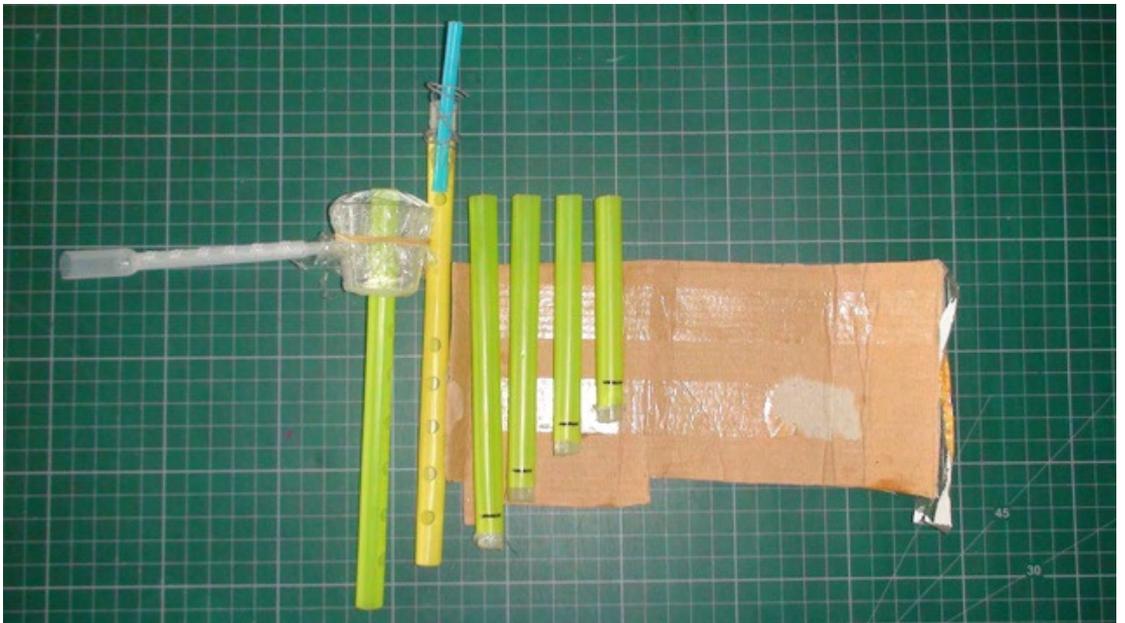


相片 15

由於人工吹氣無法長久穩定，所以便開發出半自動薄膜振動吸管笛，吹氣部份由空氣壓縮機加上壓力控制器取代。(相片 16) 實驗後發現可吹奏出整首歌曲。



相片 16



相片 17

#### 四、吸管排笛、吸管笛、薄膜振動吸管笛之比較

將之前所做的吸管排笛、吸管笛和此次所設計製做完成的薄膜振動吸管笛進行聲音三要素，音量、音高及音色的比較。(相片 17)

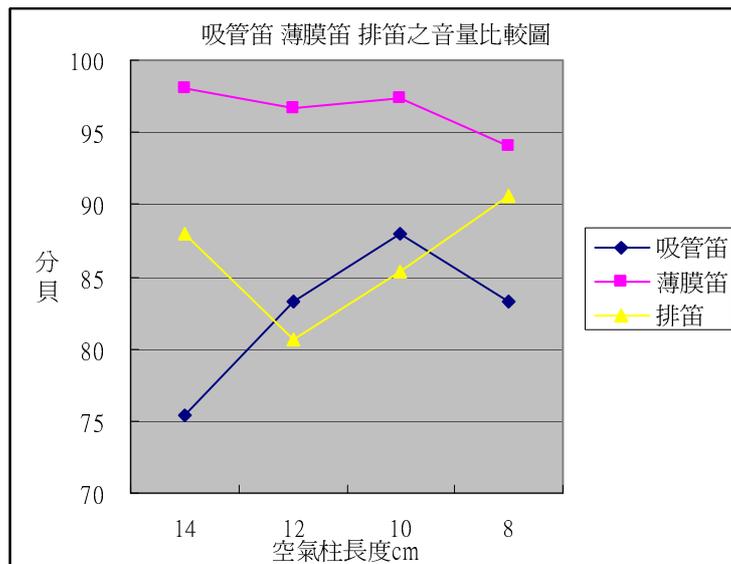
##### 1. 音量

甲、材料與方法：將分貝計置於離樂器 1 公尺, 每個音吹 3 次並記錄。

乙、結果如下表

空氣柱長度 cm	吸管笛(分貝)				薄膜笛(分貝)				排笛(分貝)			
	第一次	第二次	第三次	平均	第一次	第二次	第三次	平均	第一次	第二次	第三次	平均
14	74	76	76	75	96	98	100	98	88	88	88	88
12	84	82	84	83	96	96	98	97	80	82	80	81
10	88	88	88	88	96	96	100	97	86	84	86	85
8	84	82	84	83	94	94	94	94	90	92	90	91

並繪圖如下可見薄膜笛音量遠大於吸管笛和排笛。



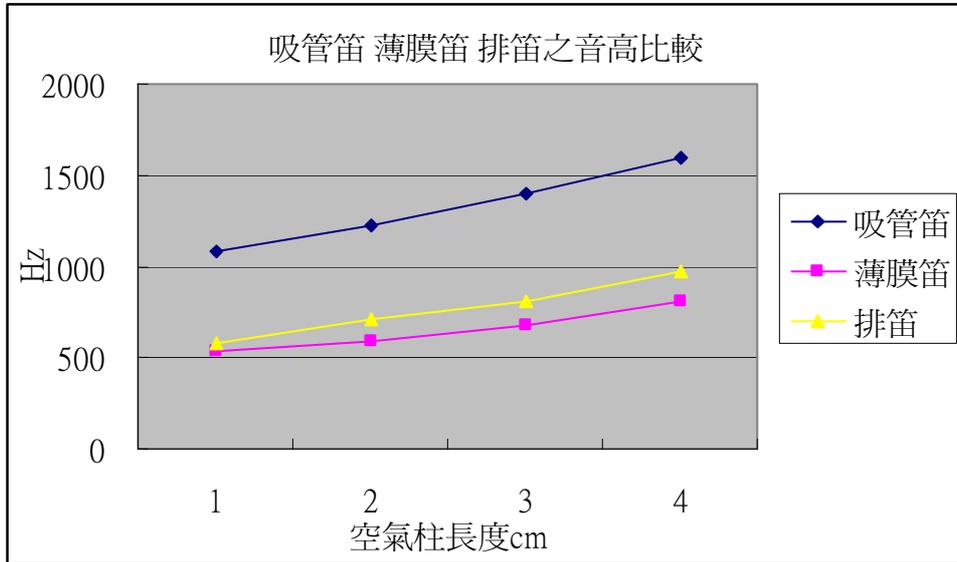
##### 2. 音高

甲、材料與方法：以一般電腦麥克風錄音, 並以 Audacity 分析頻率。

乙、結果如下

空氣柱長度 cm	吸管笛(Hz)				薄膜笛(Hz)				排笛(Hz)			
	第一次	第二次	第三次	平均	第一次	第二次	第三次	平均	第一次	第二次	第三次	平均
14	1077	1079	1074	1077	537	538	537	537	580	582	585	582

12	1226	1225	1226	1226	595	591	585	590	706	707	710	708
10	1396	1394	1398	1396	682	679	675	679	809	807	807	808
8	1591	1599	1600	1597	811	809	806	809	976	976	981	978



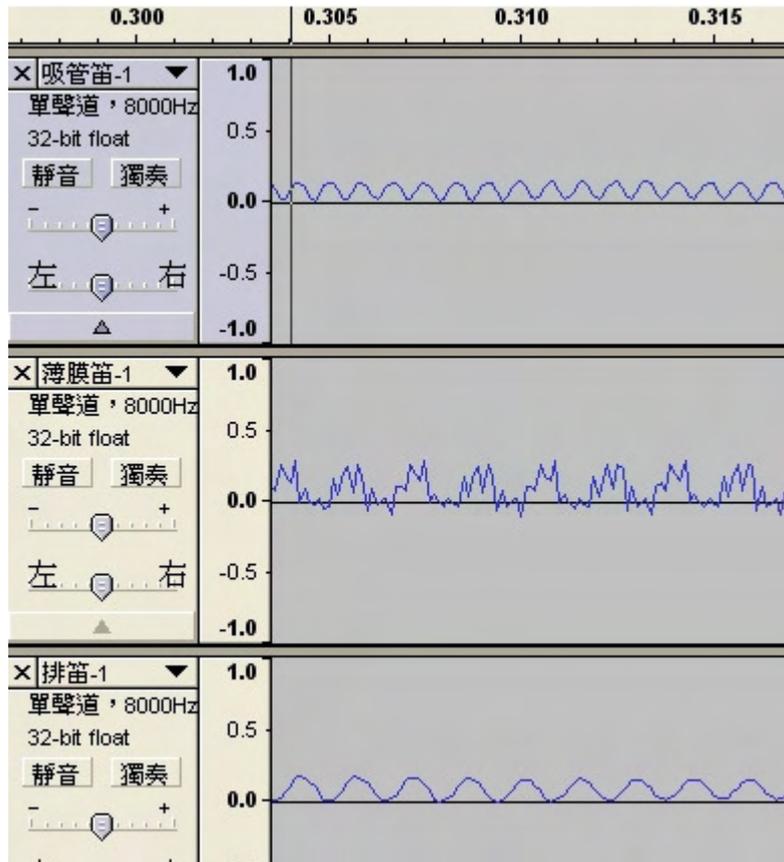
長度	排笛(a)	薄膜笛(b)	吸管笛 ( c )	a/c	b/c
14	582	537	1077	0.54	0.50
12	708	590	1226	0.58	0.48
10	808	679	1396	0.58	0.49
8	978	809	1597	0.61	0.51

由上圖可知三者曲線類似，薄膜笛與排笛很接近。若以比值分析，兩者應屬閉管笛。而吸管笛為開管笛。

### 3. 音色

甲、材料與方法：將 3 種笛子空氣柱 12 公分的聲音，並以 Audacity 分析。

乙、結果如下：



可以看出薄膜笛的音色聽起來像簧管樂器，且波形圖具有特殊的鋸齒狀波。

## 伍、研究結果：

### 一、影響大聲公發聲因素的探討

實驗名稱	影響音量	結果摘要	啟示
1. 杯子大小(高度)的影響	很小	杯子大小(高度)對音量影響不明顯。由於吹奏者表示大塑膠杯吹奏時，因此往後實驗都使用大塑膠杯，方便使用者吹奏。	選用大塑膠杯研究
2. 杯子材質的影響	大	杯子材質對音量的影響大。	選用保麗龍杯
3. 內杯伸出尺寸的影響	大	內杯伸出尺寸對音量的影響大。但大於或小於 0.5 cm，音量會變小，	選用 0.5 cm
4. 吹孔大小的影響	大	吹孔大小對音量影響很大。由於大吹孔吹奏時，吹奏時很吃力，並不容易製作。因此往後實驗都使用中吹孔。	選用中吹孔
5. 吹孔距離的影響	很小	吹孔距離對音量的影響不大	選用吹孔距離為 3cm
6. 膠帶寬度的影響	很小	膠帶寬度不同不會造成音量明顯改變，但寬度 2cm 的膠帶有黏不太住的情況，所以往後實驗以膠帶寬度 4.8cm 為主。	選用膠帶寬度 4.8cm

7. 膠帶材質的影響	大	膠帶材質會造成音量明顯改變，以包裝膠帶聲音最大。	選用包裝膠帶
8. 外膜材質的影響	大	外膜材質對音量有明顯的影響。以音量大小為選擇基準，外膜為氣球時，音量最大。	選用氣球
9. 外膜張力變化的影響	大	外膜張力會造成音量明顯改變，但當外膜張力緊到量測高度為 6cm 以上時，音量不會有顯著的變化。	選用量測高度為 6cm。

## 二、薄膜振動水管笛

1. 薄膜振動水管笛音量頻率曲線研究：氣球張力越大，音量及頻率越大，但中間部份兩者關係較不明顯。所以薄膜振動張力會影響發出得聲音頻率。
2. 吹孔到尾端的長度越短，聲音越高，頻率從 497Hz 到 973Hz，有 8 度音，可製作成薄膜振動水管笛。

## 三、薄膜振動吸管笛

1. 吹孔到尾端的長度越短，聲音越高，頻率從 407Hz 到 883Hz，約有 8 度，已經足夠吹奏許多歌謠。
2. 將吸管笛裝上薄膜，發現薄膜振動吸管笛氣球膜振動能發出得聲音頻率有限，因此也常影響一組音律的完整性。應該是適合該共振長度的音，氣球膜並沒有產生所致。因此便會有某些孔聽起來聲音仍是不變。
3. 使用保鮮膜為振動膜，穩定度較氣球膜高，而且成本低，可發展為簡易實用的教具。有出現差 8 度的情形，應是吹奏者氣流不穩定所造成。
4. 將吹氣部份用空氣壓縮機加上壓力控制器取代，發現可發出多種樂音，值得深入探討。

## 四、吸管排笛、吸管笛、薄膜振動吸管笛之比較

1. 音量：吸管笛音量為 75 到 88 分貝、薄膜振動吸管笛音量為 94 到 98 分貝、排笛音量為 81 到 91 分貝，三種自製笛子發出音量從大到小為 (1) 薄膜振動吸管笛 (2) 排笛 (3) 吸管笛。
2. 音高：由頻率曲線可知，三者曲線類似，薄膜笛與排笛很接近。若以比值分析，兩者應屬閉管笛。而吸管笛為開管笛。
3. 音色：薄膜振動吸管笛的音色聽起來像簧管樂器，且波形圖具有特殊的鋸齒狀波。而排笛及吸管笛的波形較平滑。

## 陸、討論與結論：

### 一、緣起

音樂是學生最喜歡的課程之一，國小自然課程也有與聲音相關的單元，但因為聲音看不到又摸不著，一直是個很難懂的東西，對聲音進一

步研究並改善教具教法實有必要。

## 二、杯子材質的影響

杯子材質對音量的影響大。採用保麗龍杯音量較塑膠杯大 9 分貝。

## 三、內杯伸出尺寸的影響

內杯伸出尺寸以 0.5cm 最適合，伸出尺寸較小 (0cm) 時，氣球較鬆，吹時音量不大。伸出尺寸較大 (1cm) 時，氣球由於太緊，吹奏時氣球無法順利產生振動，所以發出聲音也不大。

## 四、吹孔大小的影響

吹孔較大時，每次吹進的氣體較多，所以音量較大。但由於大吹孔吹奏時，吹奏時很吃力，並不容易製作。

## 五、膠帶材質的影響

膠帶材質會造成音量明顯改變，以包裝膠帶聲音最大。

## 六、外膜材質的影響

外膜材質對音量有明顯的影響。鋁箔紙因本身不具彈性，所產生的音量最小，外膜具有彈性，音量較大。以音量大小為選擇基準，外膜為氣球時，音量最大。因此往後研究以氣球為主。

## 七、外膜張力變化的影響

外膜張力會造成音量明顯改變，但當外膜張力緊到量測高度為 6cm 以上時，音量不會有顯著的變化。外膜張力選用量測高度為 6cm。

## 八、薄膜振動水管笛

薄膜振動水管笛音量大、音質佳。但有體積大、重量大及單人不易演奏多音的缺點。

## 九、薄膜振動吸管笛

薄膜振動吸管笛具輕巧、容易製作、低成本等優點。上述薄膜振動吸管笛已可發展為簡易實用的教具。將振動膜由氣球改為保鮮膜，可以明顯改善頻率穩定性。當吹氣部份用空氣壓縮機加上壓力控制器取代，能發出音高不同的聲音，能吹奏出一首歌，但仍有若干缺失需進一步研究改善。

## 十、吸管排笛、吸管笛、薄膜振動吸管笛之比較

可知薄膜振動吸管笛音量改進很多，變得較大聲。音高方面，由薄膜笛與排笛的頻率很接近，約為吸管笛的 1/2 可知兩者應屬閉管笛，而吸管笛為開管笛。音色薄膜振動吸管笛的音色聽起來像簧管樂器，且波形圖具有特殊的鋸齒狀波。而排笛及吸管笛的波形較平滑。

## 柒、參考文獻：

1. 牛頓版五下自然聲音的單元。
2. Note names, MIDI numbers and frequencies

<http://www.phys.unsw.edu.au/jw/notes.html>.

3. 自製排笛的研究，紀慶隆、李義評，全國第四十六屆中小學  
科展 國小組 生活與應用科學科 最佳團隊合作獎。
4. 吸管笛的製作及研究，紀慶隆、李義評，臺中縣第四十八  
屆中小學科展 國小組 生活與應用科學科 佳作。
5. 逢甲大學 林泰生教授

[http://knight.fcu.edu.tw/~tslin/course\\_uint.htm](http://knight.fcu.edu.tw/~tslin/course_uint.htm)

## 【評語】 080832

- 1、 研究過程中吹孔大小的影響組距實驗不太合理；不同外膜強力變化中砝碼重量不同吹孔大小為何不選用最大分貝，而選用最小分貝，學生說不出原因。
- 2、 頗有創意，惟作品要普及化，得再研究探討。