

中華民國第四十六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

最佳團隊合作獎

080814

自製排笛的研究

學校名稱：臺中縣龍井鄉龍海國民小學

作者： 小六 陳玉珊 小六 陳柔萍 小六 林苡辰 小六 陳俊佑 小六 林峻揚 小六 何緯綸	指導老師： 紀慶隆 李義評
---	---------------------

關鍵詞：聲音、樂器、玩具

# 自製排笛的研究

## 摘要

為解決聲音課程教學時,各種飲料容器不容易吹出聲音的問題,進行一系列影響因素的研究。用吸管比用嘴巴容易吹出聲音;容器或吸管内徑 1-3cm 效果最好;吸管内徑 0.4-0.6cm 最適合吹奏;切口方式及吸管長度對聲音的大小及頻率影響不大;吸管挖洞會造成音量減小;吸管與容器角度以 10-20 度最適宜;吸管與容器距離以 0-2cm 聲音最大;容器材質以玻璃音量及音色最佳;玻璃瓶的高度越高頻率越低;改變玻璃瓶內水的高度可以控制頻率的高低,以玻璃瓶中氣體體積和氣體高度為控制變因時,不同的玻璃瓶都有類似的頻率曲線。我們以奧利多和珍珠奶茶吸管為例,先做出標準音與頻率的對照表,再做成簡易的排笛來演奏。

## 壹、研究動機

當我們上「聲音的探討」課程(南一版六上自然)時,老師拿出試管及珍珠奶茶吸管吹給我們聽,如果珍珠奶茶吸管長度改變時,音高還會改變,還教我們怎麼吹。全班同學搞了一節課,吹得大家頭昏眼花,就只有少數幾位同學吹得出聲音。讓我們對於玻璃瓶及吸管發聲的道理,感到非常好奇。

## 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?能不能做出排笛來玩一玩?

## 參、研究設備及器材

### 1.測量音量及頻率

電腦、分貝計、軟體 Cool Edit 2000 及 Frequency Converter

內徑 0.4 0.6 1.2cm 三種吸管、各種常見的飲料容器、剪刀、線香、尺、量角器。

### 2.玻璃瓶排笛

奧利多玻璃瓶、尺、內徑 0.6cm 吸管、量筒、鐵絲、鉗子、滴管。

### 3.珍珠奶茶吸管排笛

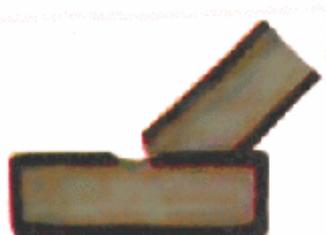
珍珠奶茶吸管、竹筷子、衛生紙、剪刀、直徑 1cm 熱融膠、塑膠袋。

## 肆、研究過程與方法

### 一、影響容器發聲因素的探討

1. 不同口徑容器的影響

老師告訴我們他在 [http://home.kimo.com.tw/hmc-1380/new\\_page\\_6.htm](http://home.kimo.com.tw/hmc-1380/new_page_6.htm) 看到一種有吹管的陶笛(相片 A)，就學著用吸管來吹各種瓶子，效果還不錯。



相片 A

寒假前老師就吩咐同學收集各種容器，主要類別為玻璃瓶、塑膠瓶、鐵罐、鋁罐等。為了衛生和容易吹奏的原因，就教我們用吸管來吹奏各種容器（相片 6）；大家練習吹奏後，很快就學會吹奏的要領。

當我吹奏各種容器時，發現口徑較大(內徑>3cm)的容器和鋁箔紙盒（相片 1），都不容易吹出聲音。所以我們選擇其他口徑較小的容器來做往後的實驗。



相片 1

## 2. 吸管粗細的影響

使用長 20cm 直徑為 0.5cm,0.6cm,1.2cm 的吸管（相片 2）吹 0.3 公升裝竹葉青酒的玻璃瓶。音量用分貝計記錄，分貝計距離瓶口約 30cm，由兩位同學各吹一次，並紀錄試驗結果。頻率使用麥克風錄音後（相片 10），再以聲音分析軟體 Cool Edit 2000 分析，由一位同學吹三次，取其頻率平均值。結果如表一。

吸管直徑(cm)	第一次實驗	第二次實驗	頻率(Hz)
1.2	68 分貝	70 分貝	200
0.6	68 分貝	68 分貝	198
0.5	68 分貝	68 分貝	197

由表一的資料得知吸管直徑對音量及頻率的影響不大。但細管直徑較小，出氣量較小，比較好吹。因此往後實驗都使用直徑 0.6cm 的吸管。



相片 2

### 3. 吸管切口方式的影響

用長 20cm 直徑 0.6cm 不同切口的吸管，吹 0.3 公升裝竹葉青酒的玻璃瓶。但接近瓶口端的吸管，做出以下三種不同的處理（相片 3）。結果如表二。

平口：直接以剪刀將吸管剪平。

單斜：先將切口壓平，在距管口 0.5cm 處以對角線剪出一刀。

雙斜：先將切口壓平，在距管口 0.5cm 處向中線剪出兩刀。

吸管切口	第一次實驗	第二次實驗	頻率(Hz)
平口	68 分貝	68 分貝	198
單斜	68 分貝	68 分貝	198
雙斜	68 分貝	70 分貝	199

由表二的資料得知吸管切口方式對音量及頻率的影響不大。往後實驗都用平口式的吸管切口。



相片 3

4. 吸管長度的影響

用 5cm,10cm,15cm,20cm 四種不同長度(相片 4),但直徑都是 0.6cm 的吸管,吹 0.3 公升裝竹葉青酒的玻璃瓶,實驗結果如表三。

表三 吸管長度與音量、頻率的關係			
吸管長度	第一次實驗	第二次實驗	頻率(Hz)
5cm	68 分貝	68 分貝	199
10cm	70 分貝	68 分貝	198
15cm	68 分貝	70 分貝	199
20cm	70 分貝	68 分貝	200

由表三的資料得知吸管長度對音量及頻率的影響不大。所以往後實驗未特別說明時,都使用 10cm 長度的吸管試驗。



相片 4

5. 吸管挖洞的影響

將 20cm 直徑 0.6cm 的吸管用線香燙出一個洞，直徑約 0.4cm,分別打在距離吹口 5cm,10cm,15cm（相片 5）處，再以該吸管吹奏竹葉青酒瓶。實驗結果如表四。

洞離吹口距離	第一次實驗	第二次實驗	頻率(Hz)
未打洞	70 分貝	68 分貝	200
5cm	64 分貝	64 分貝	199
10cm	62 分貝	62 分貝	199
15cm	66 分貝	66 分貝	194

由表四的資料得知吸管控洞會造成音量降低且漏氣量大、不易吹奏；但對頻率的影響不大。所以往後實驗都用不打動的吸管。



相片 5

6. 吸管與容器角度的影響

用 10cm 直徑 0.6cm 的吸管以不同角度吹 0.3 公升裝竹葉青酒的玻璃瓶(相片 6)。以瓶口平面為零度，用量角器調整吸管的角度的。吹奏結果如表五。

表五 吸管角度與音量、頻率的關係			
吸管角度	第一次實驗	第二次實驗	頻率(Hz)
0 度	50 分貝	50 分貝	聲音太小 無法測量
10 度	68 分貝	68 分貝	197
20 度	66 分貝	66 分貝	196
30 度	52 分貝	52 分貝	199
40 度	54 分貝	56 分貝	聲音太小 無法測量

由表五的資料得知吸管角度會造成音量明顯改變，以 10-20 度聲音最大；但對頻率的影響不大。往後實驗時，吹奏角度選擇 10-20 度。



相片 6

7. 吸管與容器距離的影響

用 10cm 長、直徑 0.6cm 的吸管以 10-20 度吹 0.3 公升裝竹葉青酒的玻璃瓶。以吸管接觸瓶口為零公分，伸入瓶口中為負值，伸出瓶口外為正值(相片 7)。實驗結果如表六。

吸管距離	第一次實驗	第二次實驗	頻率(Hz)
-1 cm	62 分貝	60 分貝	聲音太小 無法測量
0 cm	68 分貝	68 分貝	197
1 cm	68 分貝	70 分貝	198
2 cm	70 分貝	72 分貝	198
3 cm	62 分貝	64 分貝	197
4 cm	60 分貝	58 分貝	聲音太小 無法測量

由表六的資料得知吸管距離會造成音量明顯改變，以 0-2 cm 聲音最大；但對頻率的影響不大。因為操作方便因素，往後實驗距離以 0cm 為主。



相片 7

## 8. 容器材質的影響

常見的容器材質可分鐵罐、鋁罐、塑膠罐和玻璃罐四種。因為無法找到四種材質不同，但形狀、高度和體積都相同的容器。因此選擇口徑近似及高度接近的容器分成兩大類；鐵罐與鋁罐一組（相片 8），塑膠瓶與玻璃瓶一組。並將實驗結果合併成表七。

鐵罐：伯朗咖啡 240 cc 高度：9.2cm

鋁罐：舒跑 245 cc 高度：9.2cm

塑膠瓶：舒跑 600 cc 高度：23cm

玻璃瓶：竹葉青 0.3 公升 高度：22cm

容器材質	第一次實驗	第二次實驗	頻率(Hz)
伯朗咖啡鐵罐	88 分貝	84 分貝	435
舒跑鋁罐	82 分貝	84 分貝	447
舒跑塑膠瓶	66 分貝	68 分貝	169
竹葉青玻璃瓶	72 分貝	72 分貝	198

由表七的資料得知，以鐵罐與鋁罐相比，鐵罐聲音較大；以塑膠瓶與玻璃瓶相比，玻璃瓶聲音較大。容器材質對音量有明顯的影響，但對頻率的影響似乎不明顯。玻璃瓶聲音大、材質透明、容易調整空氣柱長度及種類多等特性，適合製作簡易樂器和教學示範。因此往後研究以玻璃瓶為主。



相片 8

9. 容器高低的影響

選瓶口直徑相近,但高度不同的玻璃瓶(相片 9)。吹奏及錄音後(相片 10),輸入電腦並以 Cool Edit 2000 軟體進行頻率分析。結果如表八甲乙。



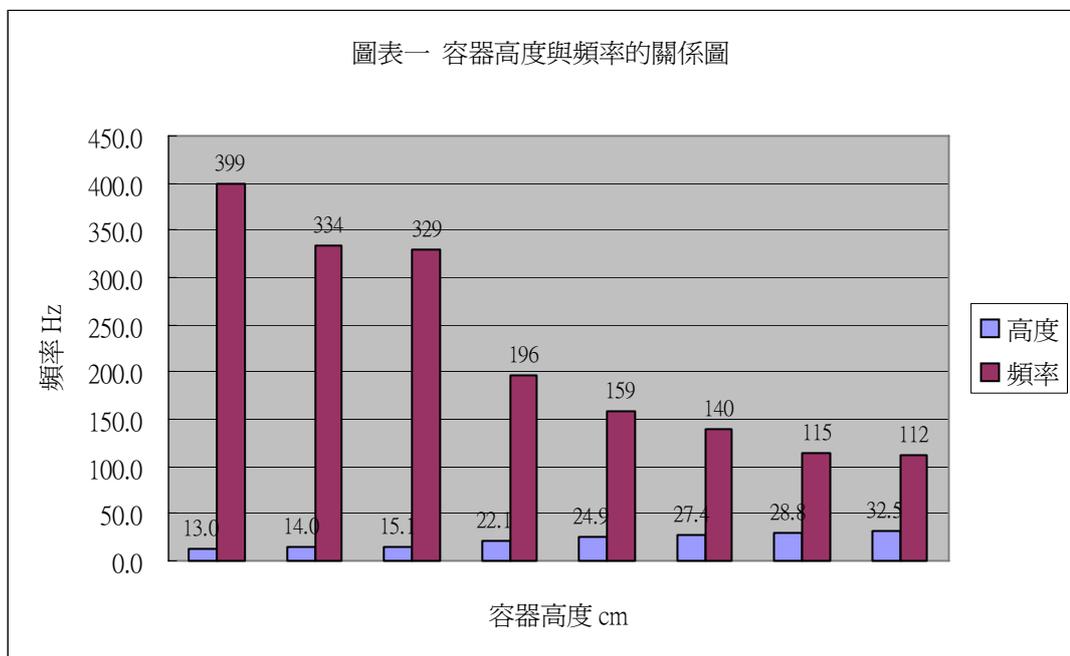
相片 9



相片 10

表八-甲 容器高度與音量的關係		
容器高度	第一次實驗	第二次實驗
康貝特	86 分貝	86 分貝
蠻牛	86 分貝	86 分貝
奧利多	84 分貝	86 分貝
竹葉青	未做	未做
約翰走路	68 分貝	70 分貝

表八-乙 容器高度與頻率的關係		
容器名稱	高度	頻率
康貝特 100ml	13.0	399
蠻牛 160ml	14.0	334
奧利多 150ml	15.1	329
竹葉青 300ml	22.1	196
可口美蕃茄醬 650ml	24.9	159
約翰走路 700ml	27.4	140
七星紅葡萄氣泡香檳 750ml	28.8	115
金門高粱 750ml	32.5	112



由表八-甲可知康貝特、蠻牛和奧利多音量最大。表八-乙及圖表一可知容器高度與頻率有明顯關係，容器越短頻率越高。假如改變空氣柱長度也許也能控制頻率高低。

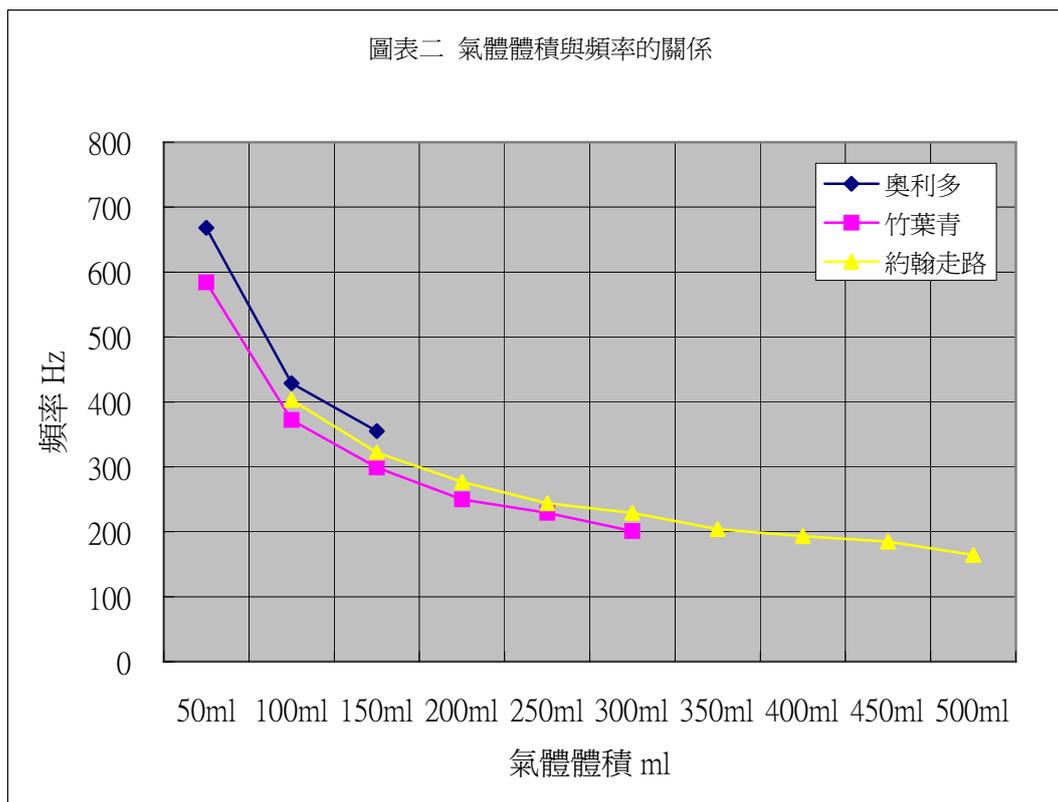
10. 不同玻璃瓶氣體體積的影響

先將玻璃瓶裝滿水，再將水逐次吸出放入量筒中，即可控制玻璃瓶氣體體積，將玻璃瓶氣體體積分成 150ml、300ml、450ml 三組。試驗結果如表九-甲、表九-乙和圖表二。

表九-甲 氣體體積與音量的關係		
氣體體積	第一次實驗	第二次實驗
150ml		
奧利多	84 分貝	84 分貝
竹葉青	86 分貝	86 分貝
約翰走路	88 分貝	88 分貝
300ml		
竹葉青	70 分貝	70 分貝
約翰走路	70 分貝	72 分貝
450ml		
約翰走路	68 分貝	70 分貝

表九-乙 氣體體積與頻率的關係			
氣體體積	奧利多 (Hz)	竹葉青 (Hz)	約翰走路 (Hz)
50ml	668	584	
100ml	429	372	403
150ml	355	299	322
200ml		250	277
250ml		229	244
300ml		201	229
350ml			204
400ml			193
450ml			185
500ml			164

圖表二 氣體體積與頻率的關係



由表九-甲得知同一種玻璃瓶空氣體積越小音量越大。表九-乙和圖表二顯示同一種玻璃瓶空氣體積越小頻率越高，氣體體積越大則頻率越低，試驗中的三種玻璃瓶都有類似的曲線；但相同體積不同瓶子，頻率變化很大，如 150ml 的奧利多與竹葉青相差 40Hz。因此空氣體積並不是影響頻率的唯一因素。

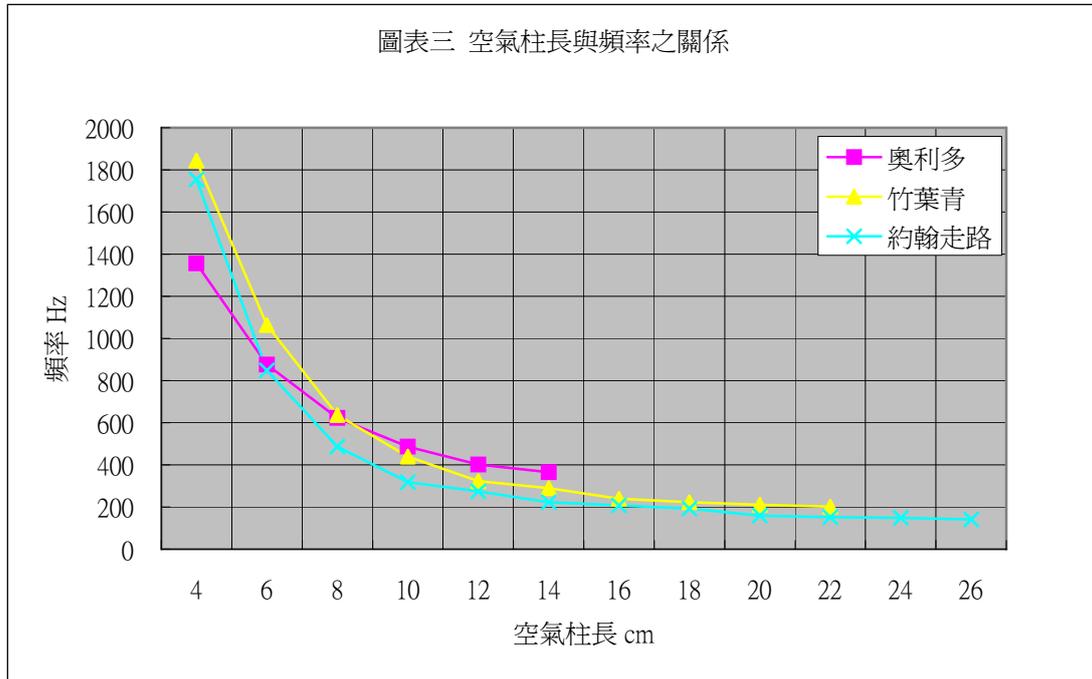
11. 不同玻璃瓶氣體高度的影響

本試驗改採氣體高度，首先將玻璃瓶裝滿水後，再用吸管將水逐次吸出，並以尺由瓶口往下量測，以控制氣體高度。將試驗結果紀錄於表十-甲及表十-乙。

表十-甲 氣體高度與音量的關係		
氣體高度	第一次實驗	第二次實驗
5cm		
奧利多	88 分貝	90 分貝
竹葉青	90 分貝	90 分貝
約翰走路	88 分貝	90 分貝
10cm		
奧利多	84 分貝	86 分貝
竹葉青	88 分貝	88 分貝
約翰走路	86 分貝	88 分貝
15cm		
竹葉青	84 分貝	84 分貝
約翰走路	72 分貝	72 分貝
20cm		
竹葉青	82 分貝	82 分貝
約翰走路	68 分貝	70 分貝

表十-乙 氣體高度與頻率的關係			
空氣柱長 cm	奧利多	竹葉青	約翰走路
4	1356	1844	1755
6	876	1064	848
8	622	636	486
10	486	439	318
12	401	322	274
14	365	289	222
16		240	208
18		222	193
20		210	159
22		202	152
24			148
26			141

圖表三 空氣柱長與頻率之關係



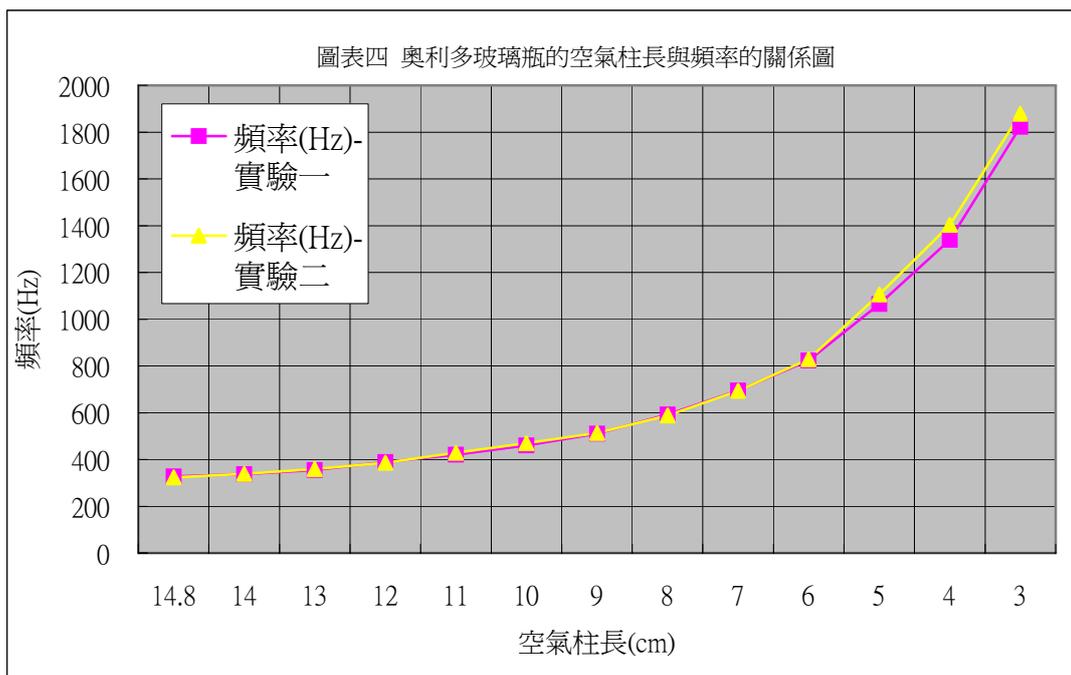
由表十-甲得知同一種玻璃瓶氣體高度越短音量越大。表十-乙和圖表三顯示同一種玻璃瓶氣體高度越短頻率越高，氣體高度越長則頻率越低，試驗中的三種玻璃瓶都有類似的曲線；但相同氣體高度的不同瓶子，頻率變化很大。因此氣體高度也不是影響頻率的唯一因素。與實驗九比較，控制氣體高度比氣體體積來得方便，因此自製排笛時以控制氣體高度為主。

## 二、排笛製作

### 12. 奧利多瓶頻率曲線研究

玻璃瓶容易調整氣體長度，音量音色都不錯，適合製作排笛。奧利多瓶體積較小，易於操控，且容易收集。因此本試驗對奧利多瓶發聲進行研究，以便製作排笛。奧利多玻璃瓶底部玻璃厚度 0.2cm,瓶高 15cm,下半部為圓柱形,圓柱高 6.5cm；上半部為圓錐形。試驗方法如實驗十一，實驗結果如下。

水柱高(cm)	空氣柱高(cm)	頻率(Hz)-實驗一	頻率(Hz)-實驗二
0.2	14.8	328	323
1	14	337	339
2	13	355	359
3	12	389	387
4	11	421	429
5	10	460	469
6	9	511	513
7	8	593	588
8	7	695	694
9	6	823	829
10	5	1065	1106
11	4	1339	1404
12	3	1823	1878



奧利多瓶空氣柱高與頻率的關係如表十一和圖表四，兩次實驗有很高的重複性且頻率範圍有兩個八度音，適合做簡易排笛。

13. 製作奧利多空氣柱高與音名對照表

先用鐵絲將吸管固定於管口上，以便於吹奏多個瓶子（相片 11）。

比較表十一並透過 Freq Converter 軟體查出音名和頻率後，決定做出 G4-C6 共 11 個音，足夠許多歌曲使用。

參考表十一後，以水位來調整空氣柱高使發出接近各個音名的頻率。結果如表十二。

音名	Freq Converter-頻率(Hz)	空氣柱高(cm)	實驗頻率(Hz)
E4	330.0	---	---
F4	350.0	---	---
G4	392.0	12	388
A4	440.0	10.5	436
B4	494.0	9.5	489
C5	523.0	8.7	536
D5	587.0	8	593
E5	659.0	7.3	674
F5	698.0	7	718
G5	784.0	6.5	795
A5	880.0	5.9	893
B5	988.0	5.5	980
C6	1047.0	5.1	1040
D6	1175.0	---	---
E6	1319.0	---	---

表十二可供製作排笛參考。相片 11 為奧利多 C5、D5、E5、F5、G5、A5 各音的空氣柱高，相片 12 為學生實際吹奏的情形，稍做練習就有不錯的成果。



相片 11



相片 12

#### 14. 製作吸管排笛

奧利多瓶吹奏效果雖然不錯，但體積重量都太大，不易攜帶。於是我們使用已經學會的頻率測量方法來製作吸管排笛。

將一般的珍珠奶茶吸管(直徑約 1.2cm)，以衛生紙纏繞竹筷，直到體積與吸管口徑近似，再覆蓋塑膠膜後以鐵絲固定，就做成可移動的活塞(相片 13)。移動活塞調整空氣柱長度以控制頻率高低。試驗結果如表十三。

音名	唱名	Freq Converter- 頻率(Hz)	吸管長度(cm)	實驗頻率(Hz)
c5	Do	523	16	522
d5	Re	587	14.5	587
e5	Mi	659	12	659
f5	Fa	698	11.5	694
g5	So	784	10	784
a5	La	880	8.7	872
b5	Si	988	7.6	985
c6	Do	1047	7.2	1038



相片 13



相片 14

本表可供學生製作吸管排笛用，製作時可用直徑 1cm 的熱融膠，再蓋上 2-4 層塑膠膜，塞住底部，再將多餘的塑膠膜剪掉，參考本表剪下多餘的部分即可。將數隻管子一聲音高低排列固定後，就做成了吸管排笛(相片 14)。

## 伍、研究結果

實驗名稱	影響音量	影響頻率	結果摘要	啓示
1.不同口徑容器的影響	未知	未知	口徑較大的容器，不論何種材質，都不容易吹出聲音。	選用小口徑容器研究
2.吸管粗細的影響	很小	很小	吸管直徑對音量及頻率的影響不大。但細管直徑較小，出氣量較小，比較好吹。	選用直徑 0.6 cm 吸管
3.吸管切口方式的影響	很小	很小	吸管切口對音量及頻率的影響不大。	選用平口吸管
4.吸管長度的影響	很小	很小	知吸管長度對音量及頻率的影響不大。	選用長度 10 cm 吸管
5.吸管挖洞的影響	大	很小	知吸管挖洞會造成音量降低且漏氣量大、不易吹奏；但對頻率的影響不大。	選用不挖孔吸管
6.吸管與容器角度的影響	大	很小	吸管角度會造成音量明顯改變，以 10-20 度聲音最大；但對頻率的影響不大。	吸管選用 10-20 度
7.吸管與容器距離的影響	大	很小	吸管距離會造成音量明顯改變，以 0-2 cm 聲音最大；但對頻率的影響不大。	吸管距離選 0-2 cm
8.容器材質的影響	大	大	以鐵罐與鋁罐相比，鐵罐聲音較高；以塑膠瓶與玻璃瓶相比，玻璃瓶聲音較大。	選用玻璃瓶
9.容器高低的影響	大	大	容器越短聲音越高，音量越大。	
10.氣體體積的影響	大	大	同種瓶子氣體體積越大則音量及頻率都降低；但相同體積不同瓶子，頻率變化很大	
11.氣體高度的影響	大	大	同種瓶子，氣體高度越短聲音越高且音量越大，氣體高度相同時，不同瓶子頻率變化仍相當大。	調整氣體高度以控制頻率高低
12.奧利多瓶頻率曲線研究	奧利多瓶空氣柱高與頻率的關係，兩次實驗有很高的重複性且頻率範圍有兩個八度音，適合做簡易排笛			
13.製作奧利多空氣柱高與音名對照表	奧利多頻率表可供製作排笛參考。學生實際吹奏時，稍做練習就有不錯的成果。但體積太大，不易攜帶。			
14.製作吸管排笛	製作時可用直徑 1cm 的熱融膠，再蓋上 2-4 層塑膠膜，塞住底部，再將多餘的塑膠膜剪掉，參考吸管頻率表剪下多餘的部分即可。將數隻管子一聲音高低排列固定後，就做成了吸管排笛。			

## 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、吹奏方式

用嘴直接將管子吹出聲音，是許多樂器（如長笛、橫笛）的吹奏方式，但吹奏技巧不易學習，若改以吸管來吹就容易多了。但吸管吹嘴有必要再改良，讓自製樂器看起來更精美、更方便。

### 三、吸管吹嘴

吸管直徑以 0.4-0.6cm 最適合，硬度大的用鐵絲纏繞時，比較不會變形。吸管長度 5-10cm 即可。吸管挖洞會漏氣，使聲音變小。

### 四、吸管吹嘴與容器

吸管角度 10-20 度聲音最大，吸管距離 0-2cm 最適合。

### 五、容器

容器內徑太大（內徑>3cm）或太小（內徑<1cm）都不容易吹出聲音。容器材質對音量音色有明顯的影響，試驗材料中以玻璃瓶最好。容器高矮、容器內空氣體積、容器內空氣高度對頻率都有明顯影響，其詳細的影響情形，有需進一步探討。

### 六、自製排笛

1. 奧利多笛音量大、音質優美，音域約有兩個八度，調音容易，適合做成簡易樂器。但有體積大、重量大及單人不易演奏多音的缺點。
2. 珍珠奶茶吸管排笛具輕巧、容易製作等優點。但音量小、不容易吹奏。
3. 上述自製排笛已可發展為簡易實用的教具，但仍有若干缺失需進一步研究改善。

### 七、展望

1. 氣體高度隱含著與頻率的密切關係，但因容器的形狀不一，材質、口徑、長度無法自主控制，影響頻率的因素仍需探討。
2. 借助 Cool Edit 2000 軟體將頻率量化，讓頻率更具體化。但每秒數百次的震動是如何產生？依然困惑著我們。

## 捌、參考資料

1. Cool Edit 200 及 Frequency Converter 由 [www.toget.com.tw](http://www.toget.com.tw) 下載
2. 陶藝公園 [http://home.kimo.com.tw/hmc-1380/new\\_page\\_6.htm](http://home.kimo.com.tw/hmc-1380/new_page_6.htm)
3. 廖品蘭、賴昱光 水中號手---菱角樂器 中華民國第四十五屆中小學科學展覽會 國小組 自然科第一名

## 評 語

### 080814 自製排笛的研究

同學從教材「聲音與探討」上課中，老師示範珍珠奶茶吸管可吹出聲音開始，投入「排笛的研究與自製」並成功的演奏簡單的兒歌，團隊同力研發有成，值得鼓勵。如果能增吸管的數量，將會更像排笛。