

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生活與應用科學科

第二名

最佳(鄉土)教材獎

030811

勇士之音--鄒之鼻笛

學校名稱：嘉義縣立中埔國民中學

作者：	指導老師：
國二 許世杭	劉淑惠
國二 羅婉綺	侯仁琬
國二 林佳嫻	
國二 何承翰	

關鍵詞：頻率、基音、泛音

作品名稱：勇士之音-鄒之鼻笛

壹、摘要

從阿里山達邦(鄒族人口最多的部落)國小借來的鼻笛，是排灣族的鼻笛。鼻笛為何要用「鼻子」吹？根據排灣族的資料得知百步蛇是排灣族的守護神，鼻笛的聲音是摹仿百步蛇的聲音；且用「鼻子」吹時較易控制氣流，容易將音吹準。

鼻笛較屬於「開口管」的管樂器。吹奏技巧會影響所吹出的音準，但是也只能吹出某些頻率的音。

用 PVC 水管做鼻笛時發現，不管是用鼻子或用嘴巴吹，有管帽的水管較易吹出樂音。利用製笛者經驗公式，我們不難做出可吹出鄒族基本音的 PVC 水管鼻笛。



圖：達邦鼻笛、排灣族鼻笛與 PVC 水管鼻笛

貳、研究動機

去年暑假和家人到阿里山鄉達邦渡假時，在民宿的牆上看到鼻笛的照片（如右圖），才知道鄒族有這種樂器。但民宿老闆跟說鄒族看過鼻笛的人很少，會吹的人更是少。

有機會從阿里山鄉達邦國小借了鼻笛，它是「鄒族真正的鼻笛」嗎？為何要用「鼻子」吹？它真的那麼難吹嗎？它可以吹出哪些音？它是屬於哪一種類型的管樂器？可以用 PVC 水管做鼻笛嗎？…深深吸引我們想要探討它。



圖 2：吹鼻笛的鄒族人

圖片來源：湯淺浩史 『瀨川孝吉 台灣原住民影像誌 鄒族篇』

參、研究目的

- 一、從文化面與科學面認識鼻笛
- 二、探討「吹孔」大小、有無「管帽」、「管長」、「按孔」大小對水管鼻笛頻率的影響
- 三、動手做可以吹出鄒族基本音的 PVC 水管鼻笛

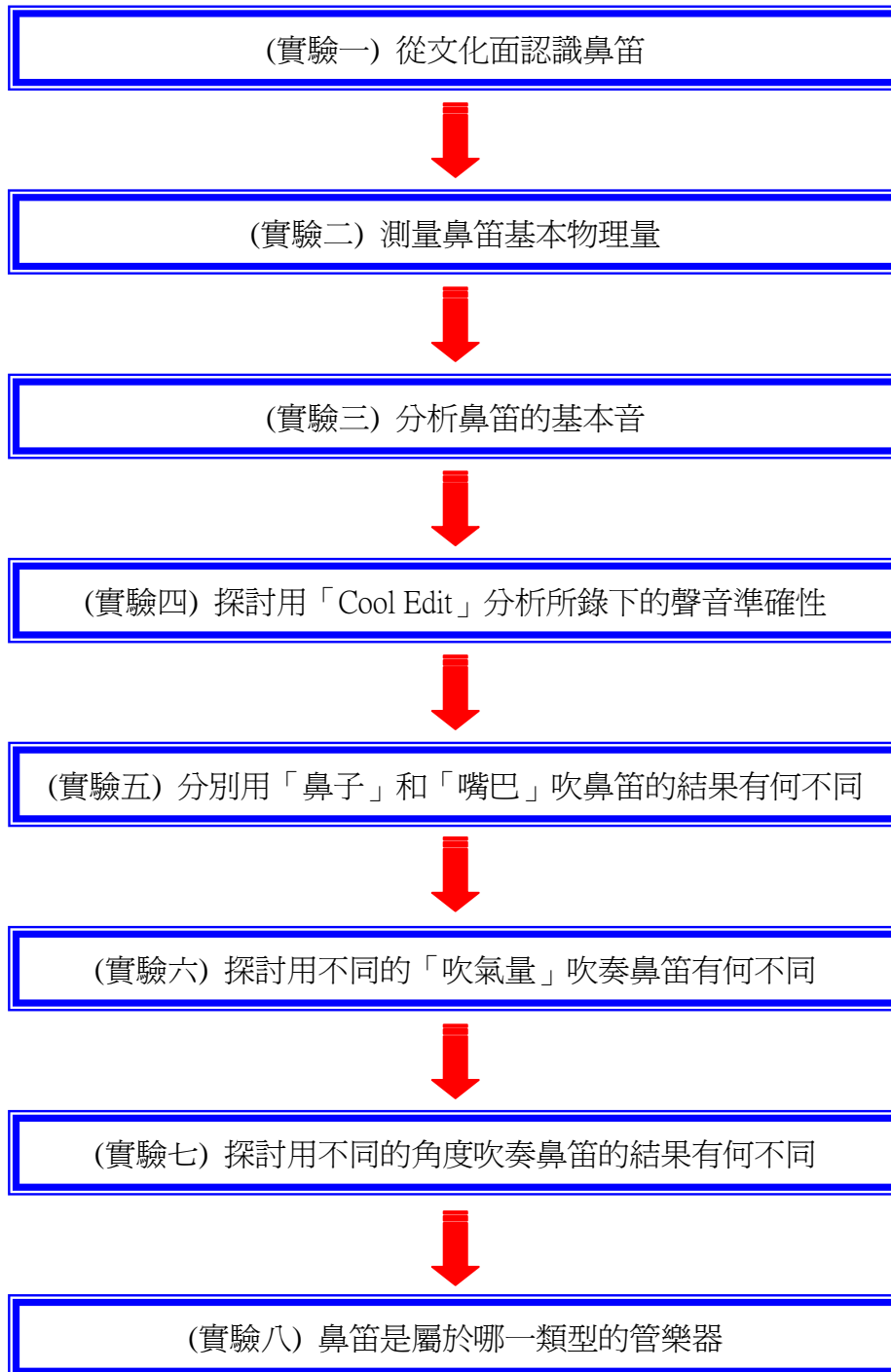
肆、研究器材

鼻笛 2 組 1.來自阿里山鄉達邦國小 (簡稱：達邦鼻笛) 2.來自屏東瑪家鄉排灣族 (簡稱：排灣族鼻笛)	錄音筆 (CREATIVE MuVo TX FM)
	筆記型電腦
	數位相機 (Nikon 4300)
超高音笛	手搖鑽、不同大小的鑽頭、線鋸
PVC 水管、管帽	皮尺、游標尺

伍. 研究過程與結果討論

研究一：從文化面與科學面認識鼻笛

流程圖：



實驗(一)：從文化面認識鼻笛

方法：透過網路、書籍及訪談等方式收集鼻笛資料。

結果：1.找不到「鄒族」鼻笛實物，找到圖 2 及圖 3 兩張照片。
2.從阿里山達邦國小借來一組鼻笛（如圖 4），也從屏東縣瑪家鄉（排灣族）買了一組鼻笛（如圖 5）。
3.鼻笛曾是台灣各族的樂器；布農族和卑南族有使用過單管鼻笛，而雙管鼻笛則曾存在於鄒族、阿美族、排灣族與魯凱族；如今台灣的排灣族極可能是當今世上唯一會以雙管鼻笛吹奏的民族。
4.根據排灣族文獻記載，百步蛇被排灣族子民視為守護神，颱風來臨前，它會發出鼻笛的聲音警告；鼻笛的聲音是摹仿百步蛇的聲音。

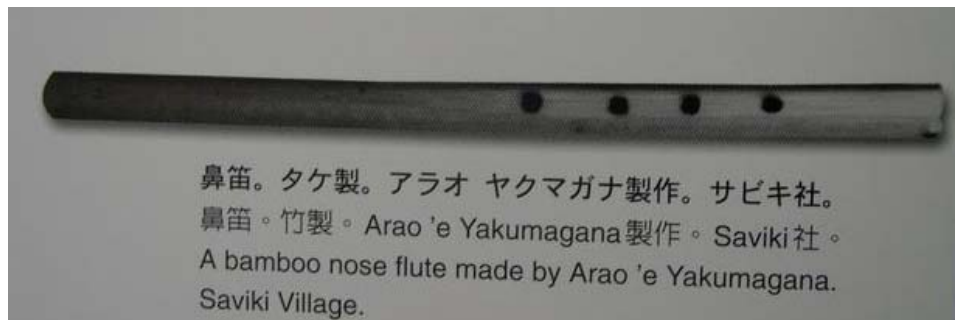


圖 3：鄒族的鼻笛：圖片來源 湯淺浩史 『瀨川孝吉 台灣原住民影像誌 鄒族篇』



圖 4：達邦鼻笛：管徑為 26.65 mm，全長為 495.0 mm



圖 5：排灣族鼻笛：笛管徑為 17.10 mm，全長為 575.0 mm

討論：1.根據「排灣族的鼻笛與口笛」作者之一賴朝財的說法，圖 4 達邦鼻笛是屬於排灣族的鼻笛，但是我們卻在阿里山鄉達邦(鄒族人口最多的部落)國小看到它，很容易讓人誤以為它是「鄒族」的鼻笛。

實驗(二)：測量鼻笛基本物理量

方法：用直尺和游標尺測量鼻笛的管長、管徑、吹口與按孔大小、按孔位置等。

結果：

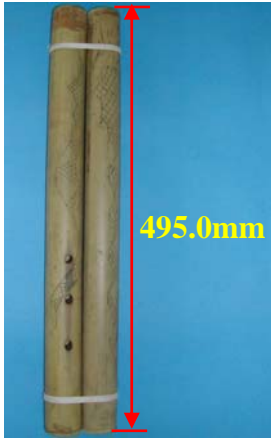

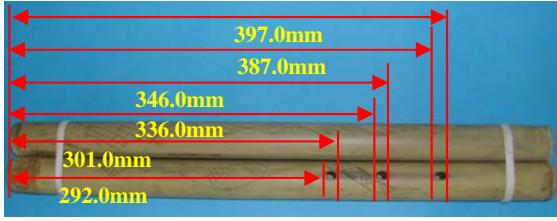
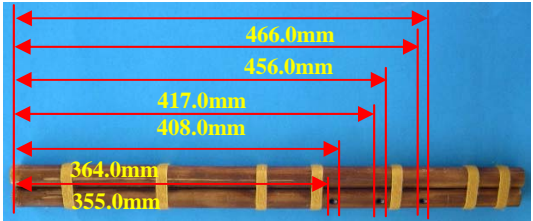
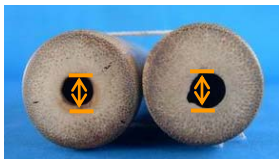
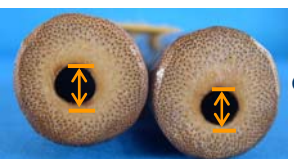
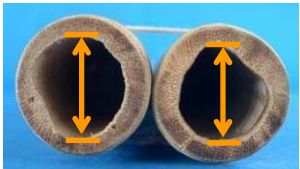
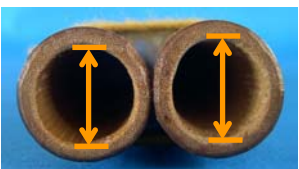
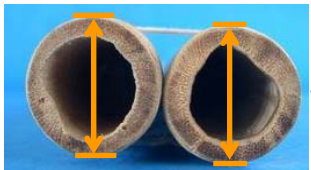
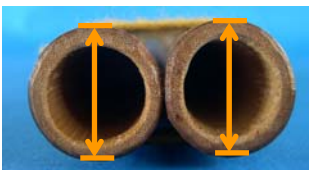
	達邦鼻笛	排灣族鼻笛						
管長								
按孔特性								
	按孔位置	第三	第二	第一	按孔位置	第三	第二	第一
		296.5mm	341.0mm	392.0mm		359.5mm	412.5mm	461.0mm
	按孔長度	9.0mm	10.0mm	10.0mm	按孔長度	9.0mm	9.0mm	10.0mm
	按孔寬度	7.25mm	7.10mm	6.90mm	按孔寬度	5.55mm	5.65mm	5.55mm
吹孔大小	8.00mm  9.45mm	7.30mm  6.65mm						
內徑	25.65mm  24.55mm	18.10mm  18.10mm						
外徑	36.20mm  36.50mm	21.10mm  21.20mm						

表 1：我們所擁有的兩支鼻笛其基本物理量

討論：1.由表 1 可看出來自不同地方的鼻笛，其管長、管徑、按孔位置與大小等都不一樣。

2.這兩組鼻笛可以吹出哪些音？

實驗(三)：分析鼻笛的基本音

- 步驟**：1.用錄音筆錄下鼻笛的聲音，反覆至少3次，如圖6。
2.用「Cool Edit」分析所錄下的聲音，如圖7。



圖6：用錄音筆錄音

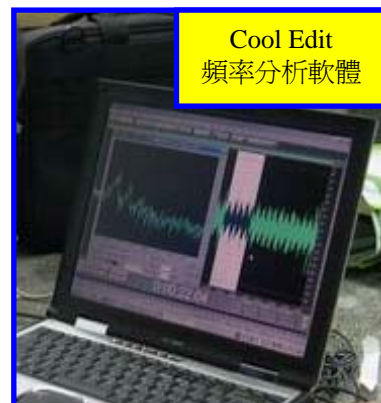


圖7：用「Cool Edit」分析

結果：1.達邦鼻笛

指法	次數	較大聲		較小聲		基本音	C調
		頻率 (Hz)	音名	頻率 (Hz)	音名		
●	1	293.15	D4-3	287.00	D4-39	D4	C4
●	2	294.31	D4+3	292.81	D4-5		
●	3	294.42	D4+4	292.97	D4-4		
●	1	316.62	D#4+30	316.00	D#4+26	D#4 E4	D4
●	2	323.43	E4-32	319.81	D#4+47		
○	3	322.78	E4-36	320.67	E4-47		
●	1	353.56	F4+21	346.84	F4-11	F4	E ^b 4
○	2	355.15	F4+19	354.20	F4+24		
○	3	354.97	F4+28	356.94	F4+37		
○	1	395.38	G4+14	394.8	G4+12	G4	F4
○	2	401.54	G4+41	399.87	G4+34		
○	3	398.07	G4+26	395.49	G4+15		

表2：達邦鼻笛的基本音

說明：達邦鼻笛的基本音為C調的「C、D、E^b、F」，尚符合鄒族的基本音「C、D、E^b、G、A」。

2.排灣族鼻笛

指法	次數	較大聲		較小聲		固定調時
		頻率 (Hz)	音名	頻率 (Hz)	音名	基本音
●●●	1	551.65	C#5-8	544.67	C#5-30	C#4、C#5
	2	275.36	C#4-11	270.96	C#4-11	
	3	549.89	C#5-14	275.01	C#4-13	
●●○	1	626.46	D#5+11	614.45	C#5-21	C#5 ; D#4、D#5
	2	315.61	D#4+24	314.89	D#4+20	
	3	315.38	D#4+23	314.37	D#4+17	
●○○	1	682.95	F5-38	347.26	F4-9	F4、F5 ; F#6
	2	350.29	F4+5	348.02	F4-6	
	3	1480.5	F#6+0	347.31	F4-39	
○○○	1	392.36	G4+1	387.3	G4-20	G4
	2	394.09	G4+9	391.82	G4-0	
	3	393.97	G4+8	388.97	G4-13	

表 3：排灣族鼻笛的基本音

說明：可看出吹此鼻笛時的音不容易吹準。

- 討論**：
- 1.管徑大的鼻笛，吹起來較費力，吹久容易頭暈；管徑小的較易吹出聲音。
 - 2.由表 2 及表 3 可看出：
 - (1)來自不同地方的鼻笛基本音不同
 - (2)按住同一按孔時竟能吹出高八度的音
 - 3.用「Cool Edit」所分析得到的頻率是正確的嗎？

實驗(四)：探討用「Cool Edit」分析所錄下的聲音準確性

- 步驟**：
- 1.將超高音笛 (如圖 8) 每個音至少吹三次，並錄下來。
 - 2.用「Cool Edit」分析錄下的聲音。



圖 8：超高音笛

結果：

理論音名	實際頻率與音名 第一次	實際頻率與音名 第二次	實際頻率與音名 第三次
F	696.61 F5- 4	696.28 F5-5	694.24 F5-10
	781.14 G5- 6	791.19 G5+15	793.85 G5-0
A	873.24 A5-13	876.19 A5-7	888.62 A5-16
	980.91 B5-12	982.45 B5-9	998.97 B5+19
C	1039.9 C6-11	1037.6 C6-14	1058.9 C6+20
	1177.2 D6+3	1170.9 D6-6	1188.7 D6+20
E	1327.1 E6+11	1322.0 E6+4	1331.5 E6+16
	1403.2 F6-7	1395.7 F6-1	1395.1 F6-2

表 4：用「Cool Edit」分析超高音笛頻率結果
說明：可看出所量得的實際音調非常接近理論值。

- 討論：1.由表 4 可看出用「Cool Edit」分析頻率的方法是準確的！
2.已知鼻笛有「單管」鼻笛，但它為何還要用「鼻子」吹呢？

實驗(五)：分別用「鼻子」和「嘴巴」吹鼻笛的結果有何不同？

- 步驟：1.先用「鼻子」吹鼻笛（如圖 9）至少 7 次，並用「Syaku8」測量其頻率（如圖 11）。
2.再用「嘴巴」吹吹看（如圖 10），重複相同的方法。



圖 9：用「鼻子」吹鼻笛



圖 10：用「嘴巴」吹鼻笛



圖 11：用「Syaku8.exe」測量頻率

結果：1.達邦鼻笛

次數	頻率 (Hz)	音名
1	325.0	E4
2	327.0	E4
3	326.2	E4
4	327.8	E4
5	325.5	E4
6	328.0	E4
7	327.0	E4

表 5：達邦鼻笛-用鼻子吹的結果

次數	頻率 (Hz)	音名
1	324.6	E4
2	329.0	E4
3	328.8	E4
4	327.9	E4
5	325.5	E4
6	328.8	E4
7	328.4	E4

表 6：達邦鼻笛-用嘴巴吹的結果

說明：可知用「鼻子」或用「嘴巴」吹達邦鼻笛的結果是一樣的。

2.排灣族鼻笛

次數	頻率 (Hz)	音名
1	620.3	E ^b 5
2	620.3	E ^b 5
3	619.4	E ^b 5
4	623.9	E ^b 5
5	627.9	E ^b 5
6	626.6	E ^b 5
7	628.5	E ^b 5

表 7：排灣族鼻笛-用鼻子吹的結果

次數	頻率 (Hz)	音名
1	629.7	E ^b 5
2	625.9	E ^b 5
3	624.1	E ^b 5
4	620.3	E ^b 5
5	631.9, 310.9	E ^b 5, E ^b 4
6	630.7	E ^b 5
7	628.6, 312.8	E ^b 5, E ^b 4

表 8：排灣族鼻笛-用嘴巴吹的結果

說明：可看出用「嘴巴」吹排灣族鼻笛時，不易將音吹準。

討論：1.吹單管鼻笛時，用「嘴巴」吹時容易吹出較大的氣流；用「鼻子」吹時則較容易把氣流控制穩定。所以由這樣的實驗結果可知，即使是「單管鼻笛」為何要用「鼻子」吹了！

實驗(六)：探討用不同的「吹氣量」吹奏鼻笛有何不同？

- 步驟**：1.用鼻子對有按孔的一管吹氣，用『Syaku8.exe』量測所吹出的頻率。
2.改變吹氣的氣流量，觀察同一指法所能吹出的頻率有哪些？

結果：

次數	頻率 (Hz)	音名
1	649.4	E5
2	625.5	E ^b 5
3	331.0	E4
4	336.1	E4
5	334.6	E4
6	331.0	E4
7	329.5	E4

表 9：達邦鼻笛-改變氣流

次數	頻率 (Hz)	音名
1	315.8	E ^b 4
2	315.9	E ^b 4
3	631.0	E ^b 5
4	625.1	E ^b 5
5	920.7	B ^b 5
6	918.3	B ^b 5
7	1150.5	D6

表 10：排灣族鼻笛-改變氣流

說明：可知不同的氣流量對吹奏管徑較細的鼻笛影響較大

討論：1.雖然氣流量會影響所吹出的頻率，但仍只會吹出某些頻率的音。

實驗(七)：探討用不同的「角度」吹奏鼻笛的結果有何不同？

步驟：1.在牆壁上適當高度畫上不同角度線。
2.用不同的角度（如圖 12、13 及 14）拿鼻笛並吹吹看，用『Syaku8.exe』測量頻率。

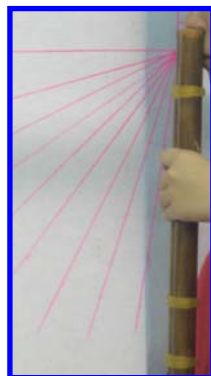


圖 12：角度 0 度

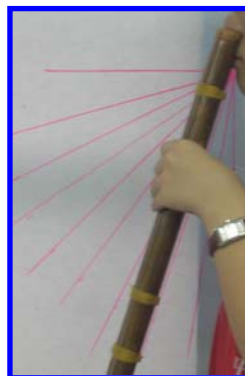


圖 13：角度 20 度



圖 14：角度 50 度

結果：

角度	第一次	第二次	第三次
0 度	390	394	394.4
10 度	391.3	393.5	393.2
20 度	392.5	390.5	391.3
30 度	1210.1	770.2	772
40 度	1212.1	775.8	392、772.2
50 度	780	773.7	769

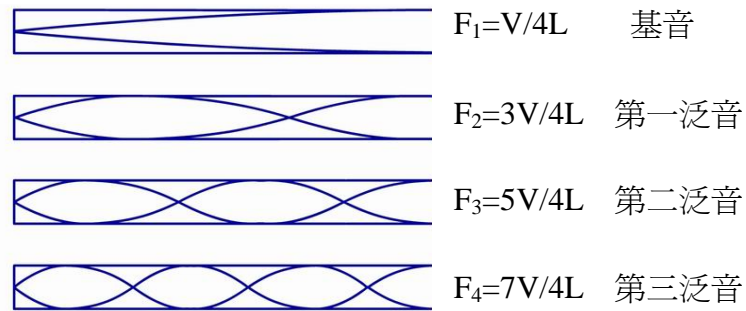
表 11：用不同的角度吹奏排灣族鼻笛的結果

說明：由此表可看出在 0 ~ 20 度範圍內吹鼻笛時，所吹出的音都一樣。

討論：在小角度內，拿鼻笛的角度對吹奏結果影響不大。

實驗(八)：鼻笛是屬於哪一類型的管樂器？

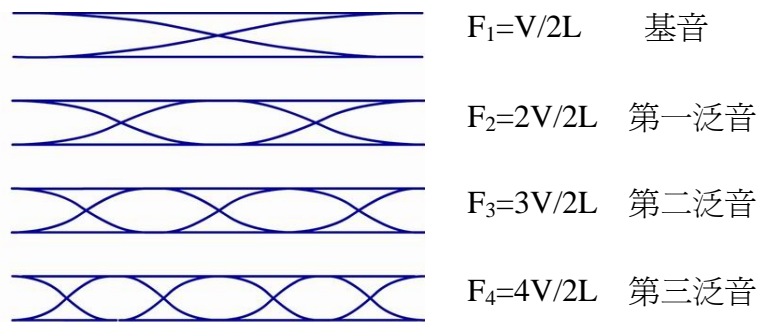
原理：1.閉管：聲波在閉管內所生成的駐波位移模式：



⋮

通式為 $F_n = \frac{nV}{4L}$ ， $n=1、3、5\dots$ ， V 為聲速， L 為共振管長。

2.開管：聲波在開管內所生成的駐波位移模式：



⋮

通式為 $F_n = \frac{nV}{2L}$ ， $n=1、2、3\dots$ ， V 為聲速， L 為共振管長。

方法：將實驗三中所量得的鼻笛頻率和根據「開管」公式、「閉管」公式及「錐形管」公式所算出的理論頻率比較，鼻笛是屬於哪一類型？

結果：1.達邦鼻笛

管長比	1.00	0.79	0.69	0.6
頻率 1 (Hz)	293.15	316.62	353.56	395.38
頻率 2 (Hz)	294.31	323.43	355.15	401.54
頻率 3 (Hz)	294.42	322.78	354.97	398.07
頻率 4 (Hz)	287.00	316.00	346.84	394.80
頻率 5 (Hz)	292.81	319.81	354.20	399.87
頻率 6 (Hz)	292.97	320.67	356.94	395.49
實際平均頻率 (Hz)	292.44	319.89	353.61	397.53
用開管型公式所算出的基頻理論值 (Hz)	338.18	425.32	487.53	558.85
用閉管型公式所算出的基頻理論值 (Hz)	169.09	212.66	243.77	279.43

表 12：達邦鼻笛 實際頻率和理論值一覽表

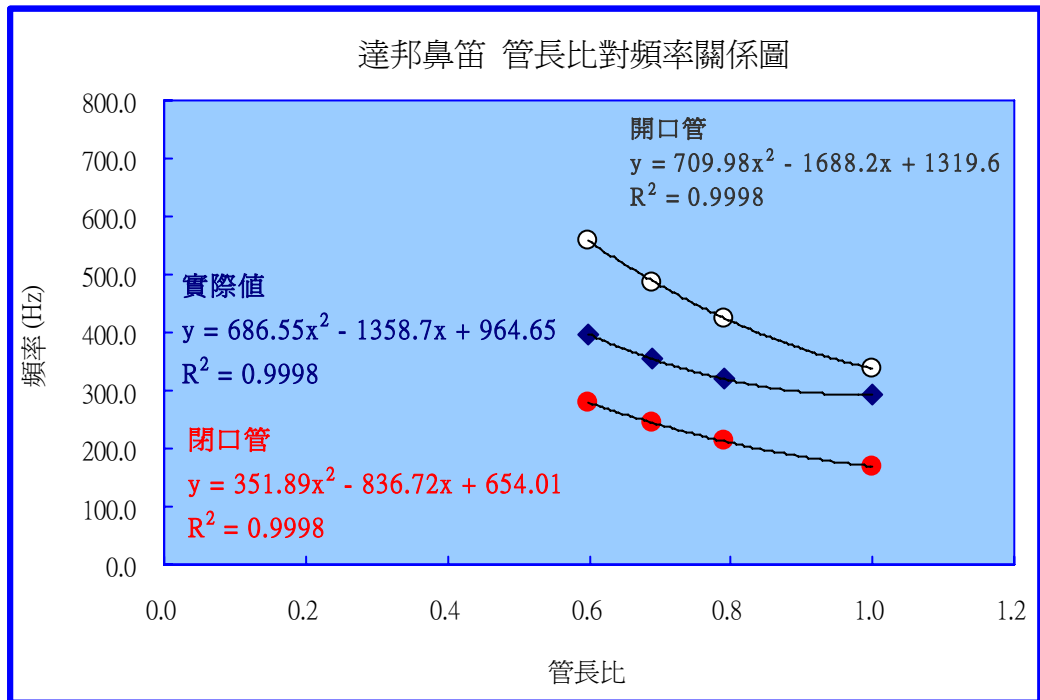


圖 15：達邦鼻笛 管長比對頻率關係圖

說明：管徑大、管長短的鼻笛，「管長比」和「頻率」關係，既不符合「開口管」公式也不符合「閉口管」公式。

2.排灣族鼻笛

管長比	1.00	0.80	0.72	0.63
頻率 1 (Hz)	274.83	315.61	350.29	392.36
頻率 2 (Hz)	275.36	315.38	347.26	394.09
頻率 3 (Hz)	276.31	314.89	348.02	393.97
頻率 4 (Hz)	270.96	314.37	347.31	387.30
頻率 5 (Hz)	275.01	313.89	347.84	391.82
頻率 6 (Hz)	275.42	315.07	346.80	388.97
實際平均頻率 (Hz)	274.65	314.87	347.92	391.42
用開管型公式所算出的基頻理論值 (Hz)	292.89	364.47	406.77	465.84
用閉管型公式所算出的基頻理論值 (Hz)	146.44	182.24	203.38	232.92

表 13：排灣族鼻笛 實際頻率和理論值一覽表

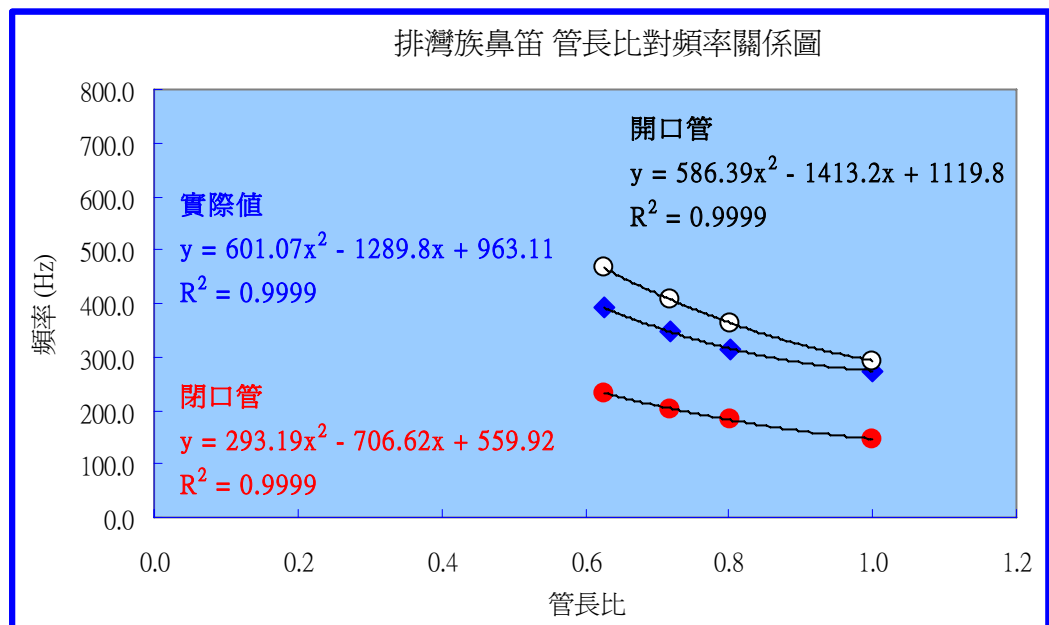


圖 16：排灣族鼻笛 管長比對頻率的關係圖

說明：管徑小、管長長的鼻笛，其「管長比」和「頻率」關係較符合「開口管」公式

討論：由圖 15、16 可看出鼻笛較屬於「開口管」的管樂器，這是因為鼻笛的吹口孔徑比管徑小。

研究二：探討「吹孔」大小、有無「管帽」、「管長」、「按孔」大小對水管鼻笛頻率的影響

流程圖：

(實驗一) 探討不同大小的「吹孔」對吹奏 PVC 水管鼻笛有何影響



(實驗二) 探討有無「管帽」對吹奏鼻笛的影響



(實驗三) 探討「管長」對 PVC 水管鼻笛頻率的影響



(實驗四) 探討「按孔」大小對 PVC 水管鼻笛頻率的影響

實驗(一)：探討不同大小的「吹孔」對吹奏 PVC 水管鼻笛有何影響？

- 步驟**：1.選擇管徑較小的 PVC 水管，鋸下適當長度（如圖 17），將管帽鑽小孔（如圖 18），套在水管的一端當作鼻笛的吹孔。
- 2.用鼻子吹吹看（如圖 19），並用『Syaku8』測量頻率。
- 3.改變吹孔的大小，重複上個步驟。



圖 17：鋸下適當長度的 PVC 水管



圖 18 管帽鑽一個小洞當作吹孔

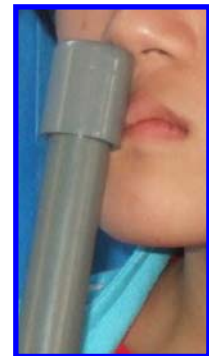


圖 19：用鼻子吹吹看

結果：

吹孔大小(mm)	4.8	5	5.5	6	6.5
第一次	407.8	408.3	416.1	424.2	424.2
第二次	405.1	412.8	415.6	420.7	423.8
第三次	406.6	407.2	416	419.1	426.1
第四次	404.4	407.4	416.0	421.1	423.8
第五次	411.9	414.6	417.2	421.1	425.2
第六次	408.2	407.7	414.6	420.7	425.1
第七次	410.3	411.5	416.1	421.5	422.3
平均頻率(Hz)	407.8	409.9	415.9	421.2	424.4

表 14：吹孔大小不同時的水管鼻笛頻率

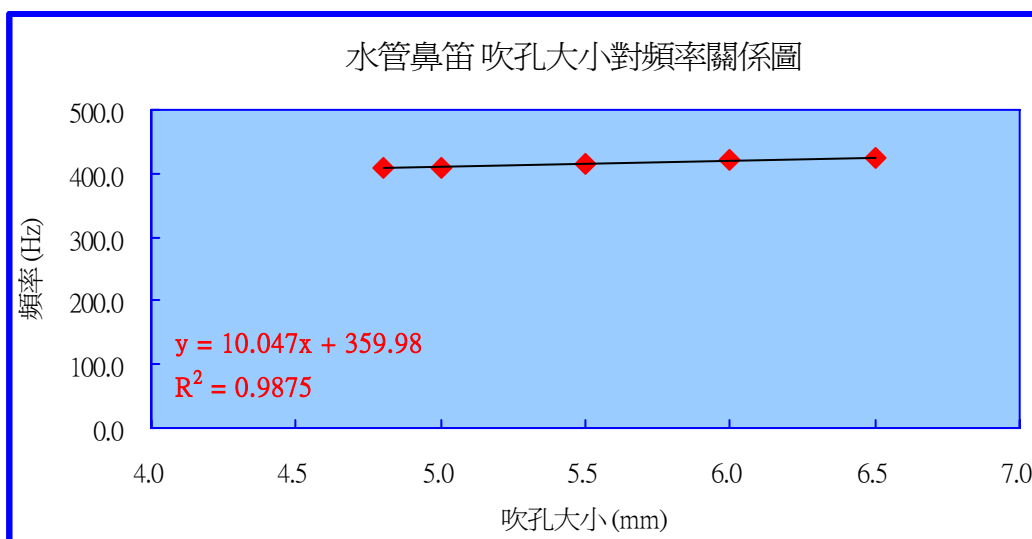


圖 20：水管鼻笛 吹孔大小對頻率的關係圖

說明：可看出吹孔大小對水管鼻笛的頻率呈線性關係。

- 討論：
- 1.吹孔的大小對水管鼻笛頻率的影響不大，但是呈線性關係，吹口越大，頻率愈高。
 - 2.如果吹孔夠大即相當於沒有管帽時，對吹奏鼻笛有何影響？

實驗(二)：探討有無「管帽」對吹奏鼻笛的影響

- 步驟：
- 1.將水管鼻笛分別用鼻子及嘴巴吹吹看（如圖 21），觀察是否容易吹奏，並用『Syaku8』測量頻率。
 - 2.取下管帽後，分別再用鼻子及嘴巴吹吹看（如圖 22），重複上個步驟。



(A)用鼻子吹 (B)用嘴巴吹

圖 21：有管帽的水管



(A)用鼻子吹 (B)用嘴巴吹

圖 22：無管帽的水管

結果：1.用鼻子吹

用鼻子吹	有管帽	
次數	現象觀察	頻率
1	有聲	402.2
2	有聲	406.8
3	有聲	405.0
4	有聲	407.0
5	有聲	405.7
6	有聲	409.0
7	有聲	404.9

用鼻子吹	無管帽	
次數	現象觀察	
1	無聲(氣聲)	
2	無聲	
3	無聲	
4	無聲	
5	無聲	
6	無聲	
7	無聲	

表 15：用鼻子吹「有無管帽」的 PVC 水管
說明：用鼻子吹時，有管帽的水管較易吹出樂音來

2.用嘴巴吹

用嘴巴吹	有管帽	
次數	現象觀察	頻率
1	有聲	1370.3
2	有聲	1358.8
3	有聲	1369.2
4	有聲	1381.8
5	有聲	1380.0
6	有聲	1385.9
7	有聲	1385.6

用嘴巴吹	無管帽	
次數	現象觀察	
1	無聲(氣聲)	
2	無聲	
3	無聲	
4	無聲	
5	無聲	
6	無聲	
7	無聲	

表 16：用嘴巴吹「有無管帽」的 PVC 水管
說明：用嘴巴吹時，有管帽的水管較易吹出樂音來

- 討論**：
- 1.不管是用鼻子或用嘴巴吹，有管帽的水管較易吹出樂音。
 - 2.為了探討 PVC 水管鼻笛的頻率和哪些因素有關，我們進行下一個實驗。

實驗(三)：探討「管長」對 PVC 水管鼻笛頻率的影響

- 步驟**：
1. 套上管帽後的 PVC 水管鋸下 65.00 cm，在離吹孔 40cm 處鑽一個按孔，如圖 23。
 2. 「按住」按孔吹吹看!並用『Syaku8』測量頻率。
 3. 「放開」按孔吹吹看!重複上個步驟。
 4. 縮短「管長」，重複步驟 2~3。



圖 23：PVC 水管鼻笛

結果：1. 按住按孔

管長 (cm)	65.0	60.0	55.0	50.0	45.0
頻率 1 (Hz)	229.5	245.2	264.8	287.5	317.6
頻率 2 (Hz)	229.0	245.0	265.2	289.5	317.8
頻率 3 (Hz)	228.7	246.9	264.3	289.0	319.2
基音平均頻率 (Hz)	229.1	245.7	264.8	288.7	318.2
頻率 1 (Hz)	457.6	496.8	538.5	586.7	649.8
頻率 2 (Hz)	460.2	498.3	537.8	586.1	646.2
頻率 3 (Hz)	468.1	500.3	539.7	584.8	648.0
第一泛音平均頻率 (Hz)	462.0	498.5	538.7	585.9	648.0

表 17：PVC 水管鼻笛 管長對頻率關係---按住按孔時

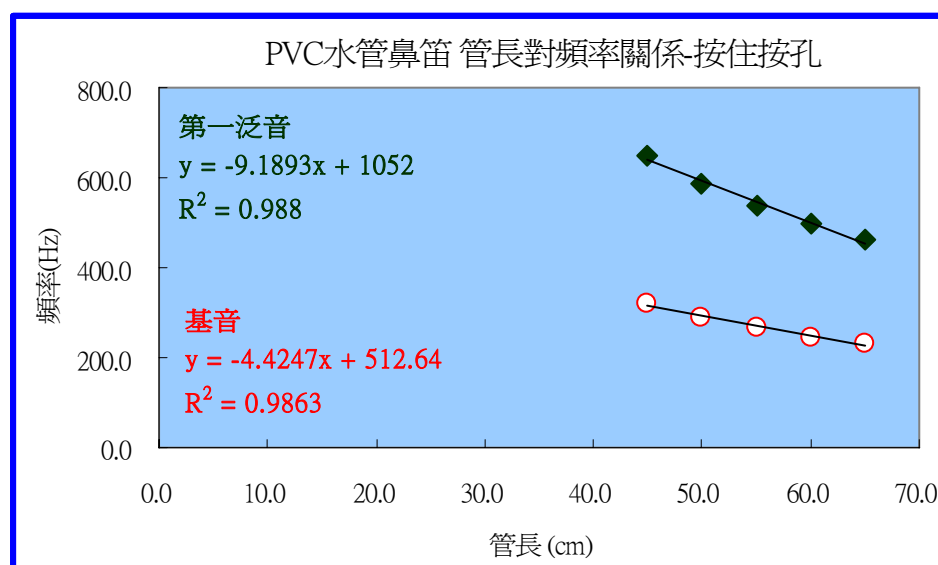


圖 24：按住按孔時，PVC 水管鼻笛管長對頻率關係圖

說明：管長越短，頻率越高

2.放開按孔

管長 (cm)	65.0	60.0	55.0	50.0	45.0
第一次 頻率 (Hz)	317.7	324.4	326.0	328.1	337.3
第二次 頻率 (Hz)	320.2	322.5	326.7	328.0	333.8
第三次 頻率 (Hz)	319.3	324.1	326.5	328.2	334.8
基音平均頻率 (Hz)	319.1	323.7	326.4	328.1	335.3
第一次 頻率 (Hz)	588.4	604.8	641.5	661.7	681.8
第二次 頻率 (Hz)	586.2	607.2	648.0	662.9	682.0
第三次 頻率 (Hz)	597.8	607.0	641.7	663.1	681.2
第一泛音平均頻率 (Hz)	590.8	606.3	643.7	662.6	681.7

表 18：PVC 水管鼻笛 管長對頻率關係---放開按孔時

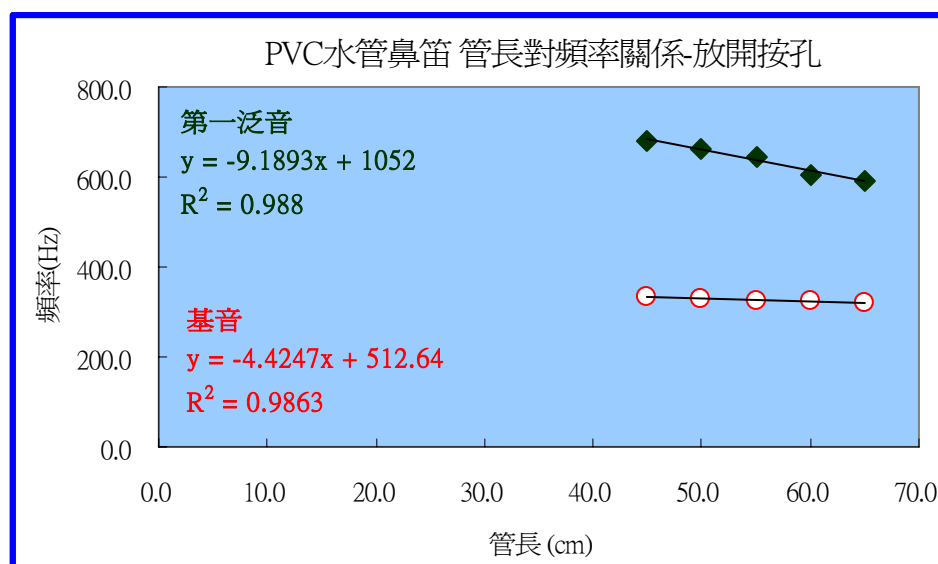


圖 25：放開按孔時，PVC 水管鼻笛的管長對頻率關係圖

說明：若所「放開」的按孔的位置不變，管長越短，頻率越高

- 討論**：1.適當的控制吹氣強弱，可使我們吹出除了基音之外的泛音。
2.可看出「按住」或「放開」按孔時，管長變短，頻率變高，這和我們未做實驗前的認知有所不同。

實驗(四)：探討「按孔」大小對 PVC 水管鼻笛頻率的影響

- 方法**：1.套上管帽的 PVC 水管後鋸下 45.00 cm。
2.在離吹孔 35cm 處鑽直徑 4.0 mm 的按孔，如圖 26。
3.用『Syaku8.exe』量測所吹出的頻率。
4.改變「按孔」大小，重複步驟 3。



圖 26

結果：

按孔大小 (mm)	4.0	4.5	4.8	5.0	5.5	6.0	6.5
第一次 頻率 (Hz)	373.2	375.5	380.9	382.4	385.4	389	392.7
第二次 頻率 (Hz)	370.6	377.6	381.3	383.6	387.3	391	393.4
第三次 頻率 (Hz)	372.6	376.9	382.0	383.3	389.3	391.2	392.7
基音平均頻率 (Hz)	372.1	376.7	381.4	383.1	387.3	390.4	392.9
第一次 頻率 (Hz)	740.2	741.0	763.2	764.5	770.6	774.3	784.1
第二次 頻率 (Hz)	735.4	745.9	762.4	764.3	769.4	776.6	780.9
第三次 頻率 (Hz)	738.6	750.7	760.8	764.3	771.2	776.6	782
第一泛音平均頻率 (Hz)	738.1	745.9	762.1	764.4	770.4	775.8	782.3

表 19：PVC 水管鼻笛的 按孔大小與頻率關係

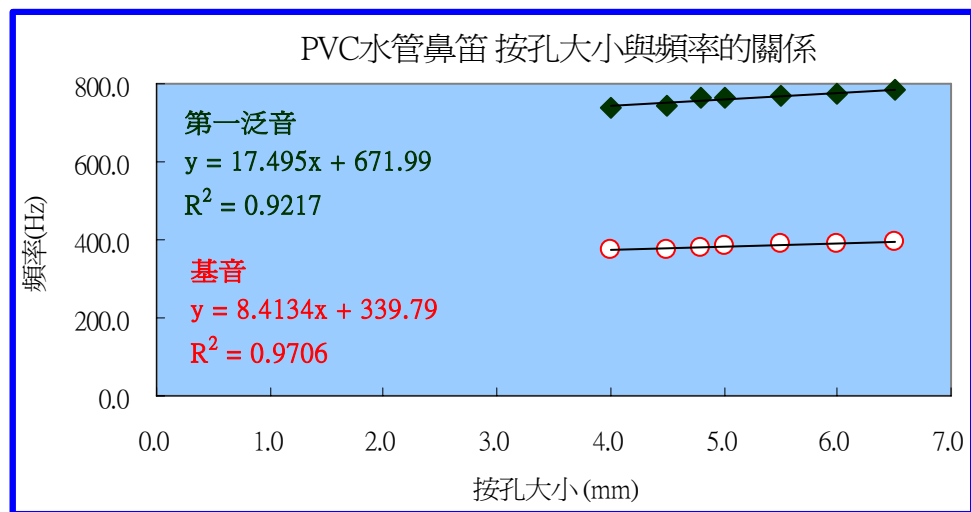


圖 27：PVC 水管鼻笛的 按孔大小與頻率關係圖

說明：按孔越大，頻率越高

討論：1. 因為在增大按孔的過程中，會縮短共振管，所以頻率變高。

研究三：動手做可以吹出鄒族基本音的 PVC 水管鼻笛

前言：由研究二可知「吹孔大小」、「管長」、「按孔大小」對水管鼻笛頻率都會影響，這和我們做實驗前的認知不同；跟教授討論完之後，找到製笛者經驗公式（如附錄二）。

方法：1. 利用製笛者經驗公式做試算表（如附錄三），求出已知頻率時的 PVC 水管按孔位置。
2. 用手搖鑽鑽孔（如圖 28），製作單管 PVC 水管鼻笛。
3. 用『Syaku8.exe』測量所吹出的頻率，並做適當的調音。



圖 28：用手搖鑽打洞

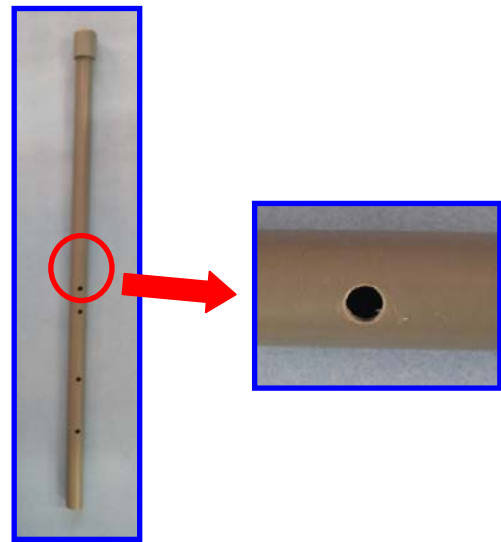


圖 29：製作好的單管水管鼻笛

結果：1.經過調音之後，此鼻笛(如圖 29)可吹出「C、D、E、G、A」；其頻率誤差如下表。

音名	C4	D4	E4	G4	A4
按孔位置 (mm)	598.0	497.2	432.1	350.3	326.2
基音頻率理論值(Hz)	261.83	293.67	329.63	392.00	440.00
頻率實際值(Hz)	258.0	291.0	326.0	388.0	437.0
誤差	-1.5%	-0.9%	-1.1%	-1.0%	-0.7%
第一泛音頻率理論值(Hz)	523.66	587.34	659.26	784.00	880.00
頻率實際值(Hz)	513.0	584.0	650.0	772.0	868.0
誤差	-2.0%	-0.6%	-1.4%	-1.5%	-1.4%

表 20：水管鼻笛理論頻率與實際頻率

說明：頻率的誤差幾乎都在 2.0 % 以內。

2.再鋸一支等長的水管，製成一組 PVC 水管鼻笛。



圖 30：水管鼻笛

3.已知鄒族的基本音為「C、D、E^b、G、A」，所以我們不難做出以它為基本音的PVC水管鼻笛。

陸、結論

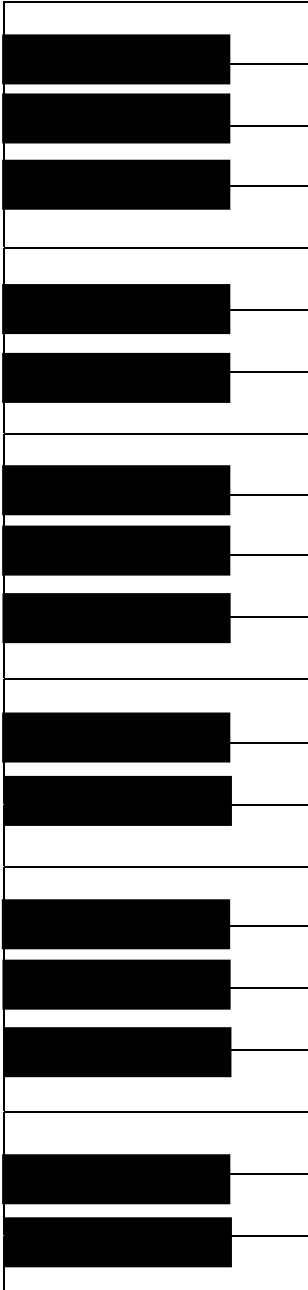
- 一、從阿里山達邦(鄒族人口最多的部落)國小借來的鼻笛，可吹出C調的「C、D、E^b、F」；但它不是「鄒族」的鼻笛，是屬於排灣族的鼻笛。
- 二、鼻笛為何要用鼻子吹？
 - (一) 從文化面：根據排灣族的資料得知，百步蛇是排灣族的守護神，鼻笛的聲音是摹仿百步蛇的聲音。
 - (二) 從科學面：
 - 1、用「鼻子」吹時較易控制氣流，容易將音吹準，使我們不得不佩服先民生活中的科學智慧。
 - 2、可以同時吹兩個管；有按孔的管吹出主旋律，沒有按孔的管則吹伴奏音。
- 三、經過幾個月摸索發現
 - 1、鼻笛沒有想像中難吹，管徑細者較好吹!但是吹久容易頭暈。
 - 2、按住同一按孔時竟能吹出高八度的音。
 - 3、吹奏技巧會影響所吹出的音準，但是也只能吹出某些頻率的音。
- 四、鼻笛較屬於「開口管」的管樂器，這是因為鼻笛的吹孔孔徑比管徑小。
- 五、用 PVC 水管做鼻笛時發現
 - (一) 吹孔大小對水管鼻笛頻率影響不大。
 - (二) 不管是用鼻子或用嘴巴吹，有管帽的水管較易吹出樂音。
 - (三) 按孔越大，頻率越高。
- 六、在實驗過程中，我們所碰到的問題比預計的還多，原來要做一支吹得準的鼻笛是如此的不容易！鼻笛的管長、管徑、按孔大小、管壁厚、氣溫、吹奏者技巧等都會影響所吹出的頻率。
- 七、利用製笛者經驗公式，我們不難做出可吹出鄒族基本音的 PVC 水管鼻笛。
- 八、原住民在台灣是少數民族，「鄒族」只佔原住民中的 1.3%。因為這次的科展，我們才知道「鄒族」有鼻笛這種樂器，但是已找不到「真正的鄒族鼻笛」實體，相關文獻也相當少；希望藉由這樣的研究可以喚醒鄒人對自己文化保存的使命感。

柒、 參考資料

- 一、 郭重吉 (民 92)。國中自然與生活科技第三冊 (34-53 頁) (修訂版)。台南：南一書局。4
- 二、 林明瑞 (民 90)。高中物理 上冊 (2-13 頁)。台南：南一書局。
- 三、 湯淺浩史 (民 89)。瀨川孝吉 台灣原住民影像誌-鄒族篇 (204-205 頁)。台北市：南天。
- 四、 胡台麗 (民 95)。排灣族的鼻笛與口笛 (14-105 頁)。台北市：傳藝中心籌備處。
- 五、 浦忠勇 (民 82)。臺灣鄒族民間歌謠 (72 頁)。台中縣：台中縣立文化中心。
- 六、 蕭雅云、吳敬萱、黃佩琦、楊植纓 (民 91)。敲出 Do Re Mi-木琴奧秘知多少。第 42 屆全國科展高中物理組作品說明書。
- 七、 林頌恩 (民 84)。玉山之子-鄒族及其音樂簡介。藝術論衡，1，39-40。
- 八、 姚昭銘 (民 94)。國樂器的聲學理論。雄中學報，193-194。
- 九、 http://www.mp3-converter.com/cool_edit_2000.htm
- 十、 <http://www.navaching.com/shaku/shakuindex.html> 製笛者公式與『Syaku8.exe』

捌、 附錄

附錄一：西洋音階「音名」與「頻率」對照圖

頻率 (Hz)	鍵盤	音名	頻率 (Hz)
		B5	987.77
932.33		A5	880.00
830.61		G5	783.99
739.99		F5	698.46
		E5	659.26
622.25		D5	587.33
554.37		C5	523.25
		B4	493.88
466.16		A4	440.0
415.30		G4	392.00
369.99		F4	349.23
		E4	329.63
311.13		D4	293.67
277.18		C4	261.63
		B3	246.94
233.08		A3	220.00
207.65		G3	196.00
185.00		F3	174.61
		E3	164.81
155.56		D3	146.83
138.59		C3	130.81

附錄二：製笛者的經驗公式

得知影響鼻笛頻率因素有：管長、管徑、按孔直徑、管壁厚

(一)、基本關係式：

1. 基音頻率 = 聲速 ÷ 2 (管長+3 管徑)
2. 理論全長 = 165674 ÷ 基本頻率
3. 孔厚修正數 = 管壁厚 + 0.75 按孔直徑
4. 管/孔徑比 = 管徑 ÷ 按孔直徑
5. 吹口修正數 = 理論全長 - (0.3×管徑) - 管長

(二)、已知頻率求按孔位置：

1、求「按孔一」位置：

- (1) 孔一理論位置 = 165674 / 按孔一頻率
- (2) 孔一修正 = (理論全長 - 孔一理論位置) / 2
- (3) 孔一修正係數
= 孔一修正 * ((((((孔厚修正數 / 孔一修正) * 管/孔徑比²) * 2) + 1)^{0.5}) - 1)
- (4) 第一按孔位置 (距離吹口)
= 孔一理論位置 - 吹口修正數 - 孔一修正係數
- (5) 孔二起始長 = 孔一理論位置 + 孔一修正係數

2、求「按孔二」位置：

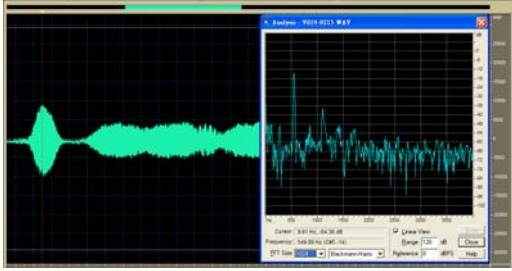
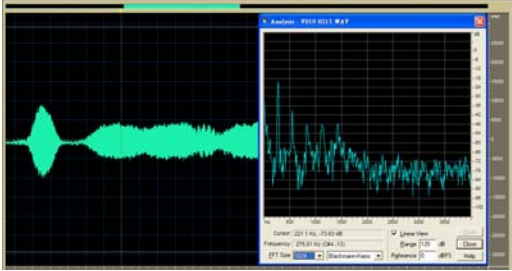
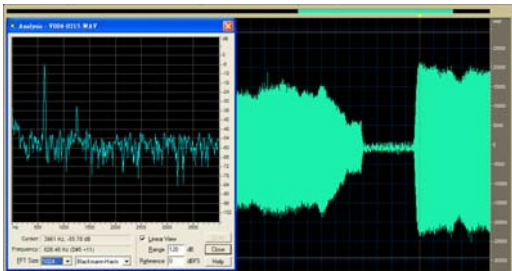
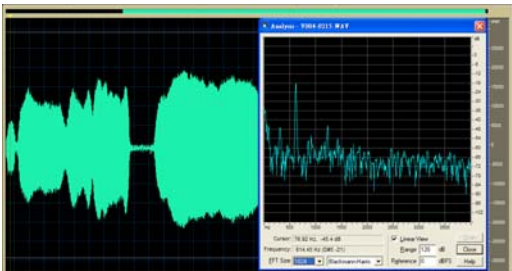
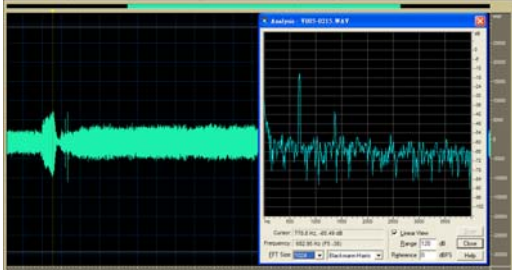
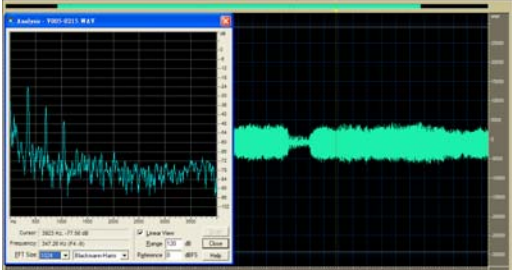
- (1) 孔二理論位置 = 165674 / 按孔二頻率
- (2) 孔二修正 = (孔二起始長 - 孔二理論位置) / 2
- (3) 孔二修正係數
= 孔二修正 * ((((((孔厚修正數 / 孔二修正) * 管/孔徑比²) * 2) + 1)^{0.5}) - 1)
- (4) 第二按孔位置 (距離吹口)
= 孔二理論位置 - 吹口修正數 - 孔二修正係數
- (5) 孔三起始長 = 孔二理論位置 + 孔二修正係數

3、求「按孔三、四…」位置：公式同按孔二」

附錄三：製作水管鼻笛的試算表

管長=	598	基本頻率=	261.8320611	理論全長=	632.75
管徑=	19				
按孔直徑=	4.5	孔厚修正數=	5.375	管/孔徑比=	4.22
管壁厚=	2			吹口修正數=	29.05
第一按孔頻率=2	293.97				
孔一理論位置=	563.57	孔一修正s=	34.5872909	孔一修正係數=	53.87
第一按孔位置(距離吹口)=	481			孔二起始長=	617.44
第二按孔頻率=3	329.63				
孔二理論位置=	502.61	孔二修正s=	57.42	孔二修正係數=	62.17
第二按孔位置(距離吹口)=	411			孔三起始長=	564.77
第三按孔頻率=5	392.00				
孔三理論位置=	422.64	孔三修正s=	71.07	孔三修正係數=	65.57
第三按孔位置(距離吹口)=	328			孔三起始長=	488.21
第四按孔頻率=6	440.00				
孔四理論位置=	376.53	孔四修正s=	55.84	孔四修正係數=	61.72
第四按孔位置(距離吹口)=	286				

附錄四：用『Cool Edit』分析排灣族鼻笛頻率結果：

	較大聲	較小聲
● ● ●	 <p>549.89 Hz (C#5-14)</p>	 <p>275.01 Hz (C#4-13)</p>
● ● ○	 <p>626.46 Hz (D#5+11)</p>	 <p>614.45 Hz (C#5-21)</p>
● ○ ○	 <p>682.95 Hz (F5-38)</p>	 <p>347.26 Hz (F4-9)</p>

評 語

030811 勇士之音—鄒之鼻笛

本作品先分析達邦鼻笛及排灣鼻笛的發音物理，進一步歸納出頻率與鼻笛的管長比的關係，再進一步探討以塑膠硬管所製出鼻笛的性能。本作品具創意，更深具鄉土性，其研究方法具科學性，是一優良作品。