

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 理化科

第一名

最佳(鄉土)教材獎

031606

鄒之風聲-風笛

學校名稱：嘉義縣立中埔國民中學

作者：	指導老師：
國二 廖彥婷	劉淑惠
國二 葉孟鑫	徐黎蓉
國二 林啟維	
國二 方柏仁	

關 鍵 詞：響度、頻率、彈力

作品名稱：鄒之風聲-風笛

壹、摘要

「風笛」又稱為「竹製響片 Euvuvu」，曾是鄒族用來傳遞訊號的工具，也可作為趕鳥器。

風笛在轉動的過程中，響片會不斷的繞繩子轉動而拍打空氣產生聲音，這是風笛發出聲音最主要的來源。

轉速越快、繩子越長、繩子粗細適中、響片截面積越大時，風笛的響度越大；轉速越快、繩子粗細適中時，頻率越高。

因為響片繞繩子轉動時，繩子會變形而產生「彈力」；再加上「昇力」方向的改變，使得風笛常常會在「不同平面」上下轉動。



圖 1：甩動風笛的鄒人

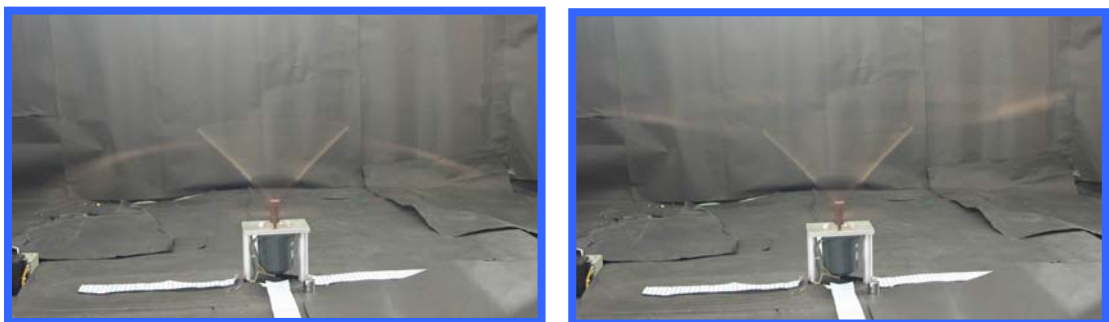


圖 2：在水平面之下（左圖）及在水平面之上（右圖）轉動的風笛

貳、研究動機

去年和家人到阿里山鄉達邦旅遊時，那裡是鄒族人口最多的部落，民宿主人教我們玩「鄒族的風笛」；它是由一片薄狀的竹片綁在棉線上所構成（如圖 3），沒有想到揮動棍子時竟能發出「悠悠」的聲音。

國二上的課本有提到，產生聲音的條件之一是物體振動；而風笛為何會發出聲音？在怎樣的條件下會發出較大的聲音？發出較高的聲音？…於是我們想做實驗探討它。



圖 3：鄒族的風笛

參、研究目的

- 一、觀察風笛的運動狀態與所發出的聲音
- 二、探討轉速、繩子長度及粗細、響片形狀及尖端長度對風笛「響度」的影響
- 三、探討轉速、繩子長度及粗細、響片尖端長度對風笛「在不同平面的轉動時間」影響
- 四、探討轉速、繩子長度及粗細、響片尖端長度對風笛「頻率」的影響

肆、研究設備與器材

馬達	分貝計	爬梯	竹筷
數位相機	麥克風	鐵架	釣魚線
數位攝影機	錄音筆	腳架	冰棒棍
光電計時器	(CREATIVE MuVo TX FM)	筆記型電腦	

※ 實驗裝置請參考圖 7、8

伍、研究過程

一、尋找可以轉動風笛的儀器：

先使用電扇轉轉看，結果發現使用電扇很難控制好變因。後來在全國科展的作品中，發現了似乎合乎我們需要的儀器，於是老師去高雄借了這台儀器（如圖 4）；經過改良後便可以使用。

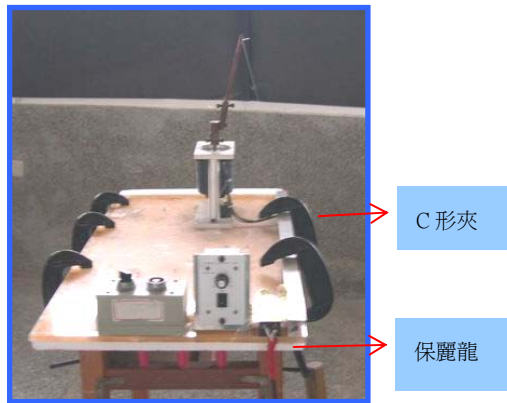


圖 4：第一代實驗裝置

二、降低儀器本身的噪音：

剛開始把儀器放在課桌椅上用 C 型夾固定，啟動馬達時會劇烈搖晃發出很大的噪音；墊一塊保麗龍在儀器與桌子之間後（如圖 4），儀器的聲音小很多，但是桌子容易搖晃。

所以我們就把儀器移到大理石桌上，用膠帶固定在桌上後（如圖 5），幾乎可以將儀器振動的聲音減到最小。

當我們用數位相機從旁邊觀察時，發現風笛常常在「上面」轉動，換到在「下面」轉動，不斷重複相同的運動狀態（如圖 6）。

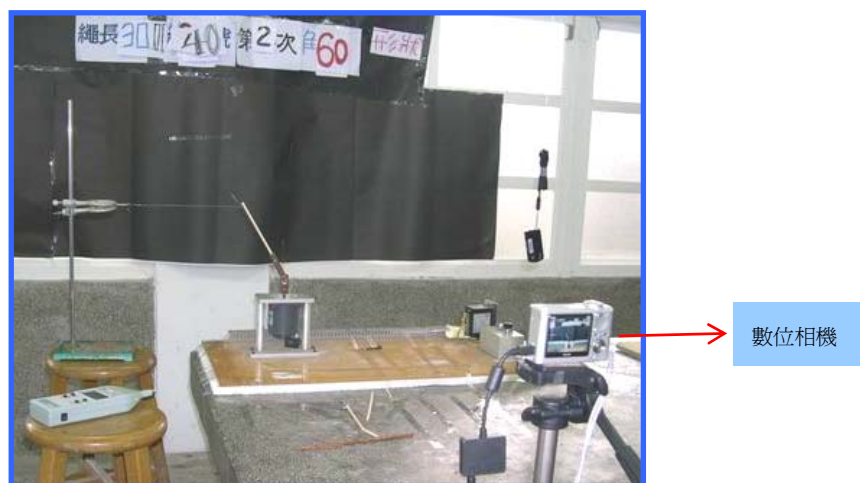


圖 5：第二代實驗裝置



圖 6：在上面（左圖）及下面（右圖）轉動的風笛

三、完成實驗裝置的架設：

爲了從上方觀察風笛的運動狀態，重新架設我們的實驗裝置如下圖；分別使用數位相機及數位攝影機從上方或旁邊攝影紀錄。

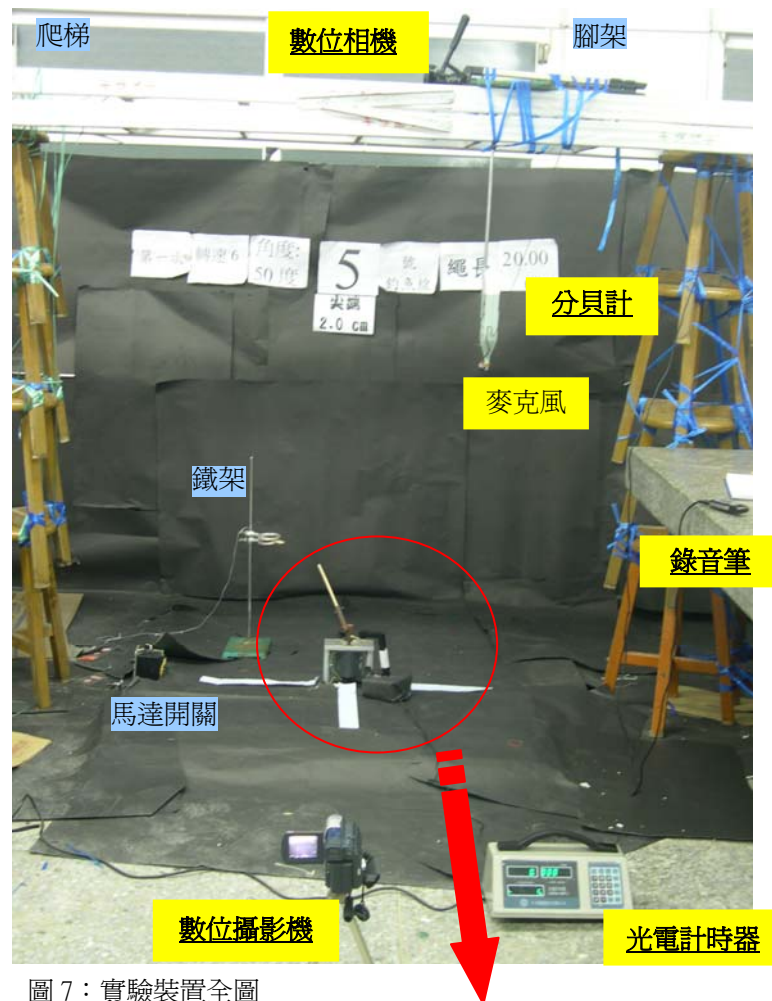


圖 7：實驗裝置全圖

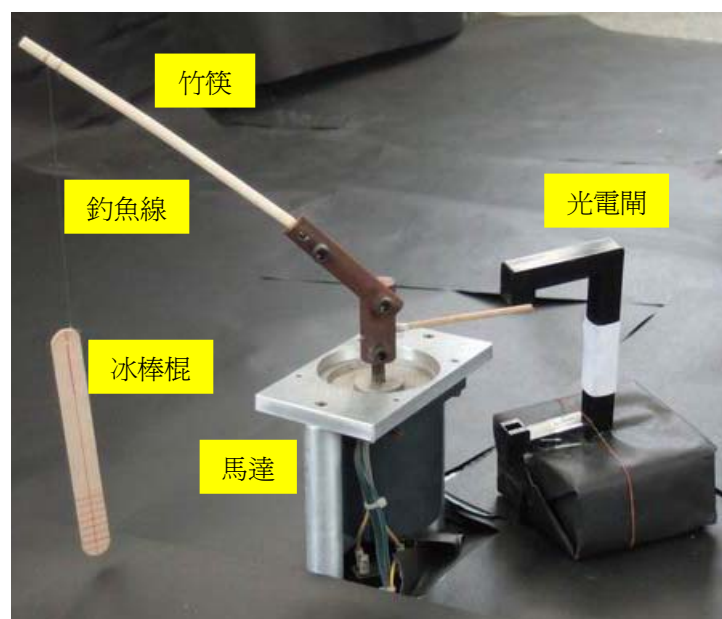
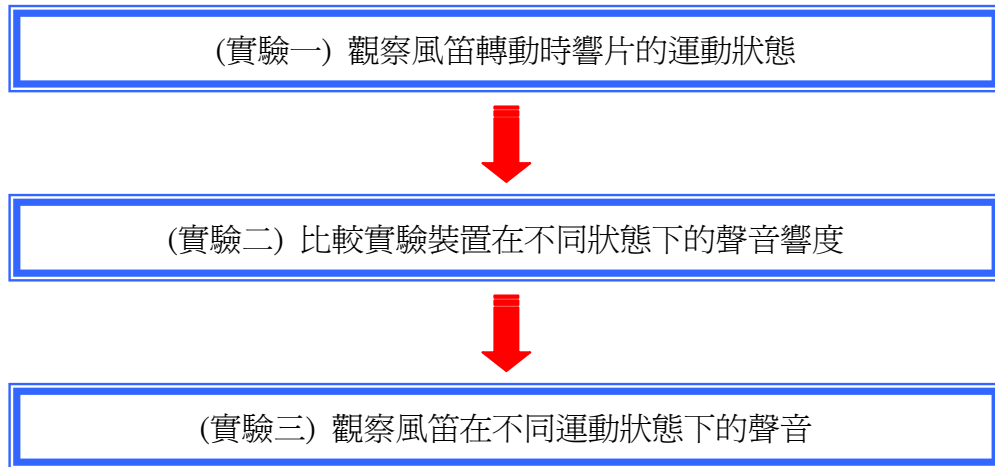


圖 8：用馬達旋轉風笛的實驗裝置圖

陸、研究方法與結果

研究一：觀察風笛的運動狀態與所發出的聲音

流程圖：



實驗(一)：觀察風笛轉動時響片的運動狀態

- 方法：
- 1.我們使用『冰棒棍』做為風笛中的響片。
 - 2.將冰棒棍的兩面貼上不同顏色的貼紙後（如圖 9）用馬達轉轉看（如圖 10）。



圖 9：兩面貼上不同顏色的貼紙



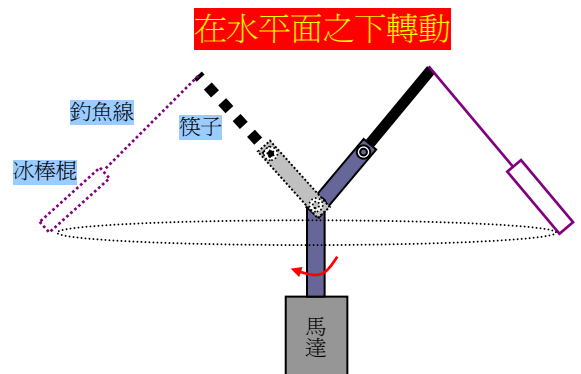
圖 10：用馬達轉轉看

結果：1.實驗發現

風笛常常會在「水平面之下」轉轉，換到「水平面之上」轉轉，再換到「水平面之下」轉轉，…一直重複這樣的運動狀態（如圖十一）；也發現此時的冰棒棍不斷在「翻面」。



(A) 在水平面之下轉動





(B) 在水平面之上轉動

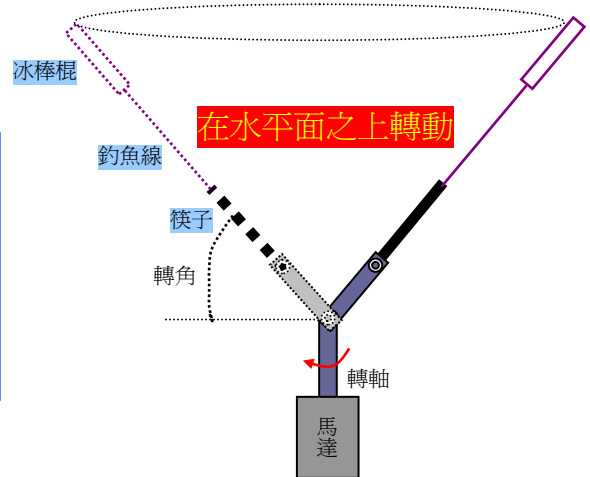


圖 11：風笛在不同平面「上下」轉動的情形 (A) 在水平面之下轉動 (B) 在水平面之上轉動
說明：可看出此時冰棒棍不斷在做「翻面」的動作

2. 從正上方觀察



圖 12：從正上方觀察冰棒棍的運動狀態

說明：也可看出此時冰棒棍不斷在「翻面」且翻轉的速率不一樣

3. 但是有時候

風笛只會在同一平面上轉動，此時冰棒棍並沒有「翻面」（如圖 13、14）。



圖 13：風笛在「同一」平面轉動的情形

說明：此時冰棒棍並沒有「翻面」



圖 14：從正上方觀察風笛在「同一」平面轉動的情形
說明：也可看出此時冰棒棍並沒有「翻面」

分析：由這個實驗可知風笛常常會在不同的平面「上下」轉動，但是有時只會在「同一」平面轉動。爲了探討本實驗儀器裝置所產生的聲音有多大？進行下一個實驗。

實驗(二)：比較實驗裝置在不同狀態下的聲音響度

方法：1.我們用分貝計量實驗裝置在圖 16 不同狀態下的聲音響度，並使用錄音筆將聲音錄下來；至少重複二次。
2.用 Cool Edit 軟體分析所錄下的聲音（如圖 15）。



圖 15：Cool Edit 分析聲音



狀態一：完整裝置



狀態二：拆響片



狀態三：拆掉響片及釣魚線



狀態四：只剩馬達

圖 16：在不同狀態下的實驗裝置

結果：1.響度測量

儀器狀態	第一次響度 (dB)	第二次響度 (dB)	第三次響度 (dB)	第四次響度 (dB)	平均響度 (dB)
完整裝置	80.5	81.7	82.2		81.5
拆響片	44.4	44.4	42.5		43.8
拆響片及釣魚線	41.4	44.1	44.0	44.2	43.4
只剩馬達	43.9	43.2	42.6		43.2

表 1：實驗裝置在不同狀態下的平均響度

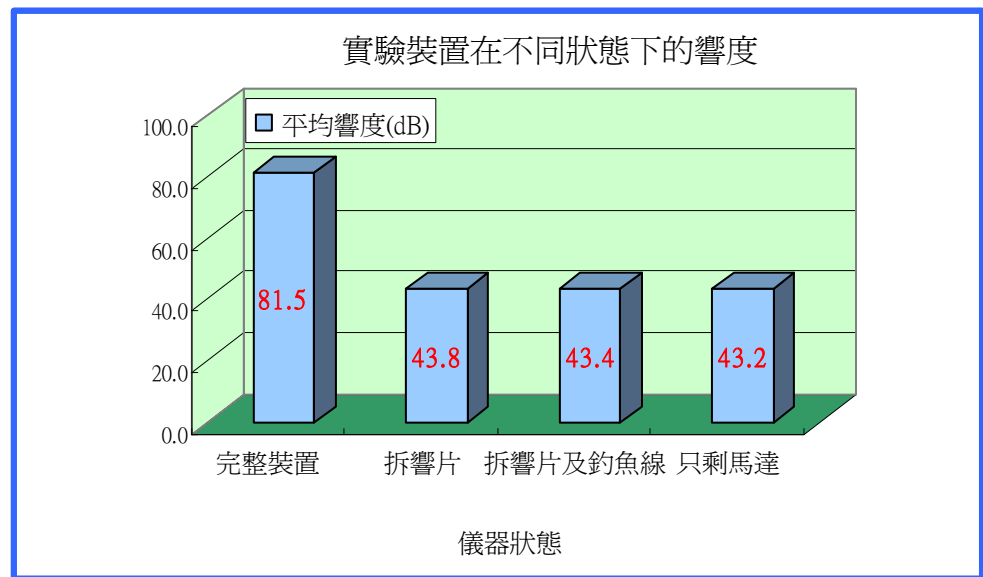


圖 17：實驗裝置在不同狀態下的響度比較圖

(轉速 6.0 圈/秒、繩長 20.00 公分、釣魚線粗細 0.313 mm、冰棒棍長度 13.10 公分)

說明：風笛所發出的聲音比儀器本身大很多

2.波形分析



(A) 完整狀態



(B) 拆掉響片

圖 18：實驗裝置在不同狀態下的聲音波形比較圖

說明：由波形也可看出風笛所發出的聲音比儀器本身大很多

分析：由此可知本實驗裝置所產生的聲音比風笛聲音小很多。爲了探討風笛「在不同平面上下」轉動及「在同一平面」轉動的響度有何不同？進行下一個實驗。

實驗(三)：觀察風笛在不同運動狀態下的聲音

方法：1.我們用分貝計量風笛的響度，並使用錄音筆將風笛的聲音錄下來；至少做三次。

2.用 Cool Edit 軟體分析所錄下的聲音。

結果：1.響度測量

風笛的運動狀態	第一次響度(dB)	第二次響度(dB)	第三次響度(dB)	平均響度(dB)
同一平面轉動	51.2	54.2	53.2	52.9
上下不同平面轉動	83.4	83.4	83.2	83.3

表 2：風笛在不同運動狀態下的聲音平均響度

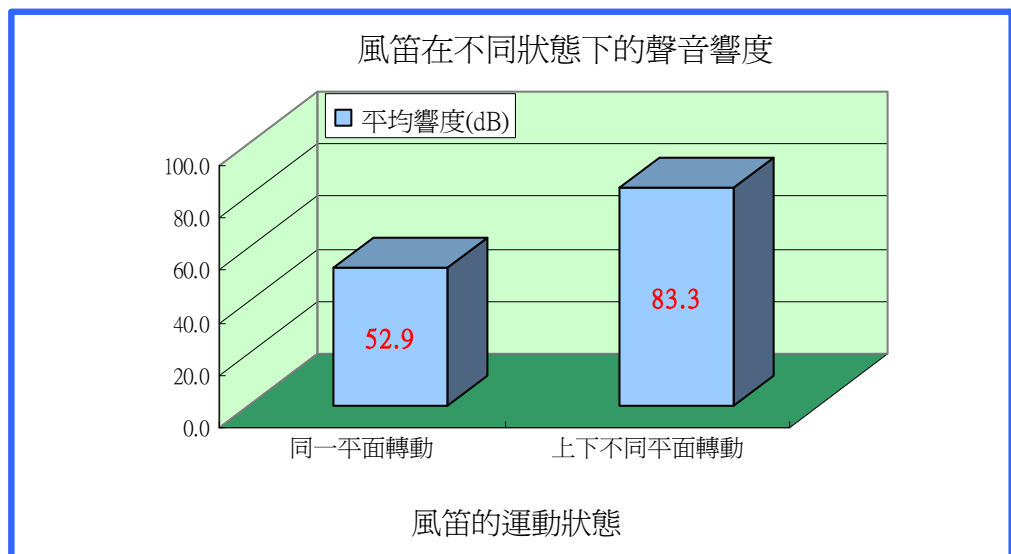
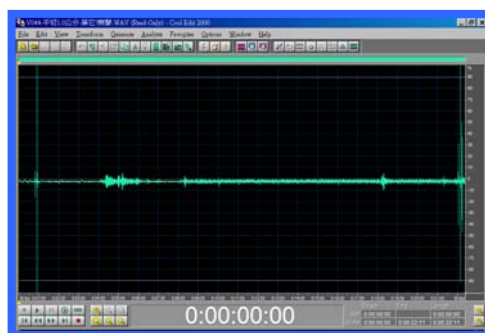


圖 19：風笛在不同運動狀態下的聲音平均響度比較圖

(轉速 6.0 圈/秒、繩長 20.00 cm、釣魚線粗細 0.313 mm、冰棒棍長度 13.30 cm)

說明：風笛在「上下」不同平面轉動時，聲音明顯較大聲很多

2.波形分析



(A) 在「同一」平面轉動的聲音波形



(B) 在「上下」不同平面轉動的聲音波形

圖 20：風笛在不同運動狀態下的聲音波形比較圖

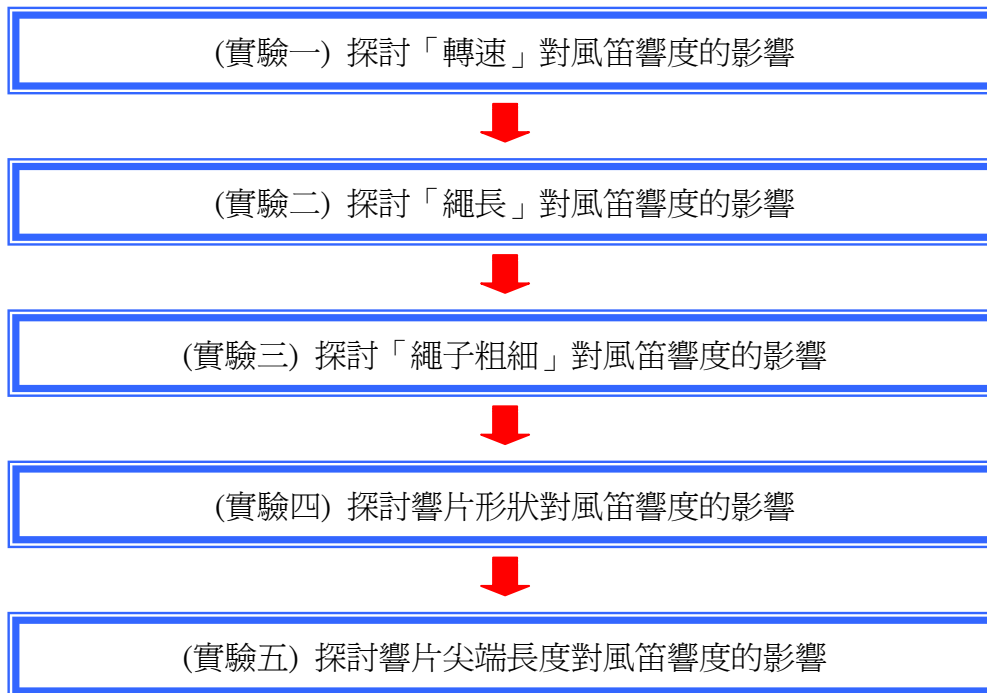
(轉速 6.0 圈/秒、繩長 20.00 cm、釣魚線粗細 0.313 mm、冰棒棍長度 13.30 cm)

說明：風笛在「上下」平面轉動時，聲音明顯大很多、忽大忽小似乎有週期性的變化

分析：所以本實驗只探討風笛「在不同平面上下」轉動時的特性；爲了探討風笛的響度和哪些因素有關係，進行下一個研究。

研究二：探討轉速、繩子長度及粗細、響片形狀及尖端長度對風笛「響度」的影響

流程圖：

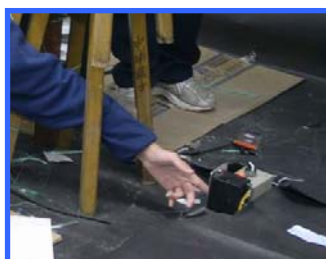


實驗(一)：探討「轉速」對風笛響度的影響

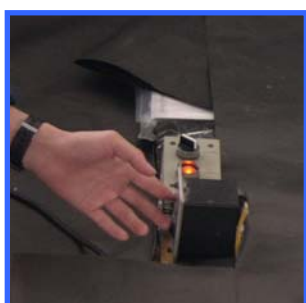
步驟：



1. 將釣魚線一端綁住冰棒棍，另一端綁在竹筷上，然後將竹筷固定在轉軸上。



2. 先轉動馬達；用光電計時器測量實驗前的轉速。



3. 調好轉速之後，關掉馬達，就可以開始我們的實驗！



4. 先將冰棒棍架好，確認釣魚線一開始是處於水平狀態。



5. 錄音筆準備錄音、DV及數位相機準備攝影。



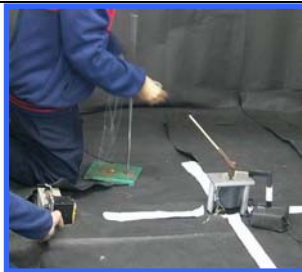
6. 確定環境無噪音干擾後，開始錄音與攝影並同時轉動馬達。



7. 當風笛轉動穩定時，打開分貝計測量風笛的響度。



8. 測量 30 秒後關掉馬達。



9. 我們將冰棒棍架好，再做一次，至少做三次！



10. 實驗後再測一次轉速後。



11. 改變轉速，重複這樣的實驗。

結果：

轉速(秒/圈)	第一次響度 (dB)	第二次響度 (dB)	第三次響度 (dB)	第四次響度 (dB)	平均響度 (dB)
3.6	65.4	65.1	65.3		65.3
4.0	72.8	74.6	74.2		73.9
4.8	78.7	78.0	78.7		78.5
5.2	80.9	81.1	81.2		81.1
5.6	83.6	82.4	83.0		83.0
6.2	86.3	87.8	85.5	86.0	86.4
6.8	89.2	89.1	90.4		89.6

表 3：風笛在不同轉速下的平均響度

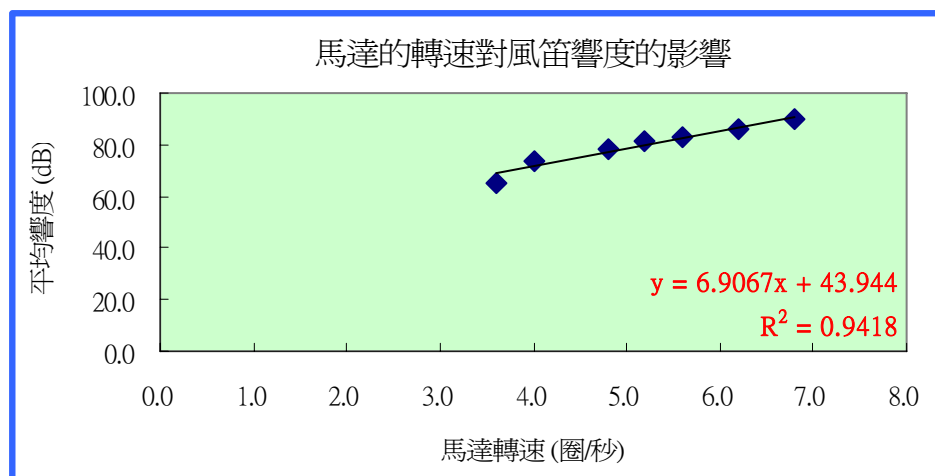


圖 21：馬達轉速對風笛響度的關係圖

說明：馬達轉速越快，風笛響度越大，呈線性關係

實驗(二)：探討「繩長」對風笛響度的影響

步驟：1.限於實驗裝置，最長只使用 50.00 cm 的釣魚線。

2.重複實驗一的步驟 1 ~ 10。

3.改變釣魚線的長度，重複上個步驟。

結果：

繩長(cm)	第一次響度 (dB)	第二次響度 (dB)	第三次響度 (dB)	平均響度 (dB)
50.00	76.7	76.8	76.9	76.8
45.00	75.9	76.4	76.7	76.3
40.00	72.9	75.8	75.2	74.6
35.00	73.4	73.6	73.4	73.5
30.00	72.0	72.6	71.9	72.3
25.00	71.2	71.8	71.2	71.4
20.00	69.5	69.5	69.6	69.5

表 4：繩子長度不同時風笛的平均響度

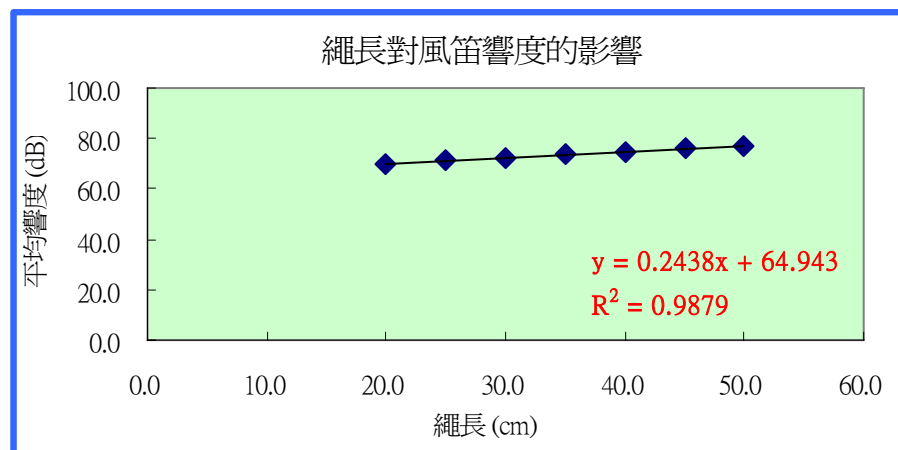


圖 22：繩長對風笛響度的關係圖

說明：繩長對風笛響度的影響不大，但是仍呈線性關係；繩長越長響度越大。

實驗(三)：探討「繩子粗細」對風笛響度的影響

- 步驟：**1.選用同廠牌、同材質不同粗細的釣魚線，用螺旋測微器量繩子的粗細（如圖 23）。
- 2.重複實驗一的步驟 1 ~ 10。
- 3.改變釣魚線的粗細，重複上個步驟。



圖 23：用螺旋測微器量釣魚線的粗細

結果：

釣魚線號碼	繩子粗細(mm)	第一次響度(dB)	第二次響度(dB)	第三次響度(dB)	平均響度(dB)
5	0.313	86.0	86.0	86.0	86.0
8	0.352	86.2	86.1	86.4	86.2
12	0.415	86.2	86.9	87.1	86.7
15	0.502	86.8	85.5	89.8	87.4
20	0.533	85.6	85.6	86.1	85.8
40	0.717	78.2	79.0	79.4	78.9

表 5：繩子粗細不同時風笛的平均響度

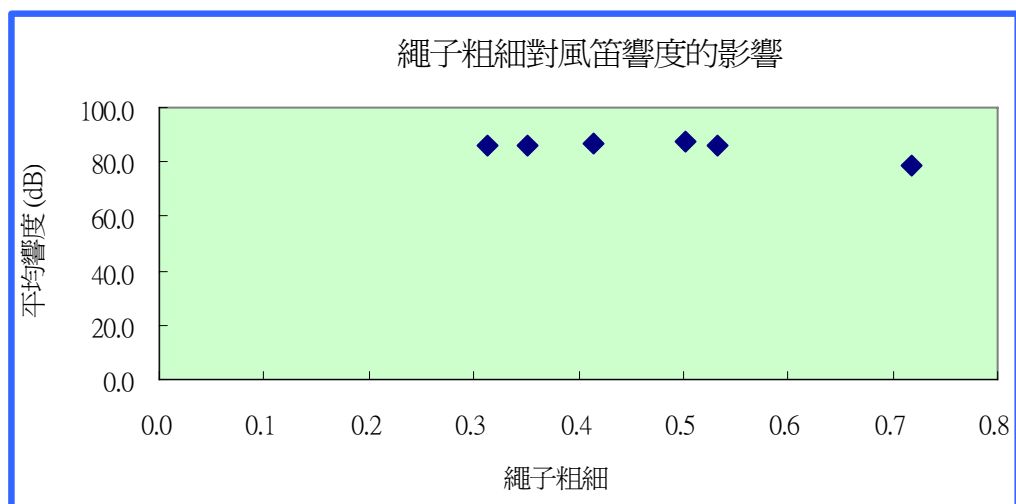


圖 24：繩子粗細對風笛響度的關係圖

說明：繩子粗細對風笛響度影響不大；但是可看出繩子粗細適中時，風笛的響度最大。

實驗(四)：探討「響片形狀」對風笛響度的影響

步驟：1.依序使用完整的冰棒棍(如圖 25-A)、再切成尖端 0.5 cm(如圖 25-B)，最後再將尖端切平(如圖 25-C)，重複實驗一的步驟 1 ~ 10。

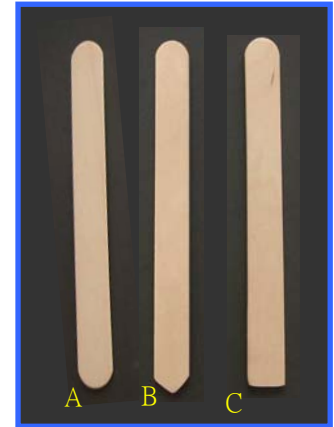


圖 25：不同形狀的冰棒

結果：

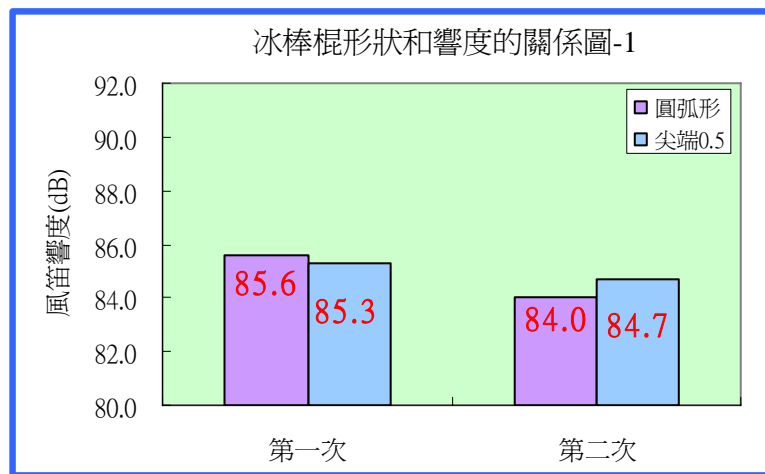


圖 26：探討冰棒棍一端為「圓弧形」或「尖端」對風笛響度的影響

說明：冰棒棍一端為「圓弧形」或「尖端」時，風笛的響度差不多

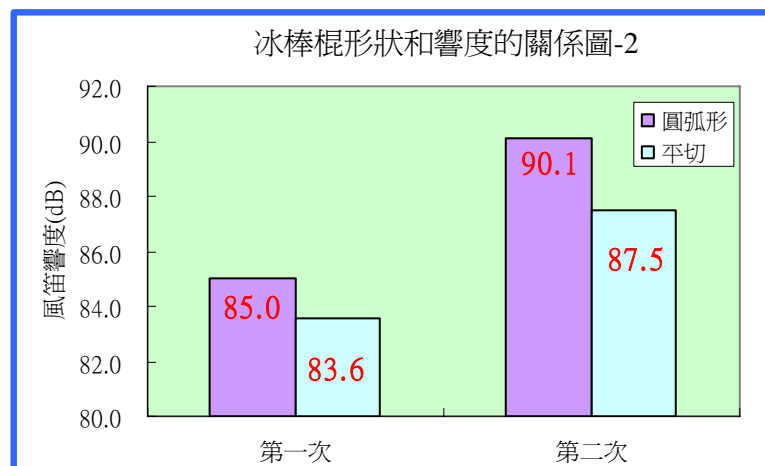


圖 27：探討冰棒棍一端為「圓弧形」或「平切」對風笛響度的影響

說明：冰棒棍一端為「圓弧形」時，風笛的響度較「平切」時大

分析：冰棒棍一端為「圓弧形」(如圖 25-A) 或「尖端」(如圖 25-B) 時，風笛的響度都差不多；但是比「平切」(如圖 25-C) 時大。

實驗(五)：探討「響片尖端長度」對風笛響度的影響

步驟：1.先使用完整的冰棒棍、再將冰棒棍的尖端依序切為 0.5 cm、1.0 cm、1.5 cm、2.0 cm、2.5 cm 及 3.0cm 做實驗，重複實驗一的步驟 1 ~ 10。



圖 28：不同尖端長度的冰棒棍

結果：

尖端長度(cm)	第一次響度 (dB)	第二次響度 (dB)	第三次響度 (dB)	平均響度 (dB)
0.0 (完整冰棒棍)	85.5	86.1	85.1	85.6
0.5	85.4	85.0	85.5	85.3
1.0	84.5	84.9	84.8	84.7
1.5	84.9	84.7	84.8	84.8
2.0	85.5	85.2	84.5	85.1
2.5	84.3	84.3	84.8	84.5
3.0	83.1	83.2	82.6	83.0

表 6：冰棒棍尖端長度不同時風笛的平均響度

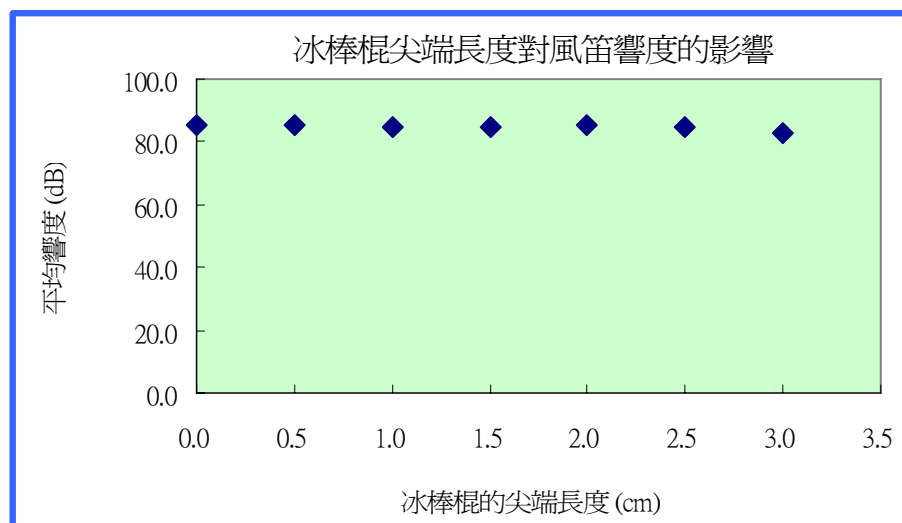


圖 29：探討冰棒棍一端為「圓弧形」或「平切」對風笛響度的影響
說明：冰棒棍尖端長度對風笛響度影響不大。

分析：1.由此可知，轉速對風笛響度的影響最大，轉速越快響度越大，呈線性關係。
2.由前面的研究可知：風笛在「上下」不同平面轉動時，聲音忽大忽小，似乎有週期性的變化；所以我們進行下一個的研究。

研究三：探討轉速、繩子長度及粗細、響片尖端長度對風笛「在不同平面的轉動時間」影響

流程圖：

(實驗一) 分析聲音的波形，找出它的規律性



(實驗二) 探討「轉速」、「繩子長度及粗細」及「冰棒棍尖端長度」對風笛「在不同平面的轉動時間」的影響

實驗(一)：分析聲音的波形，找出它的規律性

- 步驟：** 1.分析「研究二實驗步驟五」中用錄音筆所錄下的聲音，試著找出（參考附錄一）數個相鄰聲音最小時的時間，並算出時間差（如表 7）。
2.找出這個時間差的意義（如表 8）。

結果：

轉速 3.6 圈/秒第一次								
聲音最小時的時間（秒）	14.078	15.730	17.353	19.050	20.628	22.230	23.947	25.608
時間差（秒）		1.652	1.623	1.697	1.578	1.602	1.717	1.661
轉速 6.8圈/秒第一次								
聲音最小時的時間（秒）	9.752	11.365	13.122	14.869	16.689	18.276	20.086	21.631
時間差（秒）		1.613	1.757	1.747	1.820	1.587	1.810	1.545

表 7：轉速 3.6 圈/秒 和 轉速 6.8 圈/秒 聲音最小時的時間

說明：可看出轉速較快時，風笛聲音最小時的時間差有忽大忽小現象

若風笛在「水平面之下」轉動，聲音最小時的時間為 t_1	若風笛在「水平面之上」轉動，聲音最小時的時間為 t_2	若風笛在「水平面之下」轉動，聲音最小時的時間為 t_3
	$t_2 - t_1$ ：表示風笛在「水平面之上」轉動的時間	$t_3 - t_2$ ：表示風笛在「水平面之下」轉動的時間

表 8：可看出相鄰聲音最小時的時間差，可表示風笛在「水平面之上」或在「水平面之下」的轉動時間

實驗(二)：探討「轉速」、「繩子長度及粗細」及「冰棒棍尖端長度」對風笛「在不同平面的轉動時間」的影響

- 步驟：** 1.分析「研究二」中用錄音筆所錄下各種條件下的聲音，找出數個相鄰聲音最小時的時間，並算出時間差。
2.做各種條件對轉動時間的關係圖。

結果：1. 「馬達轉速」對風笛「在不同平面的轉動時間」的影響

轉速 (圈/秒)	在水平面之下 轉動時間(秒)	在水平面之上 轉動時間(秒)	時間差(秒)
3.6	1.693	1.605	0.088
4	1.777	1.680	0.098
4.8	1.838	1.739	0.099
5.2	1.756	1.633	0.123
5.6	1.960	1.746	0.214
6.2	1.935	1.763	0.172
6.8	1.781	1.609	0.172

表 9：馬達轉速對風笛在不同轉動停留時間一覽表

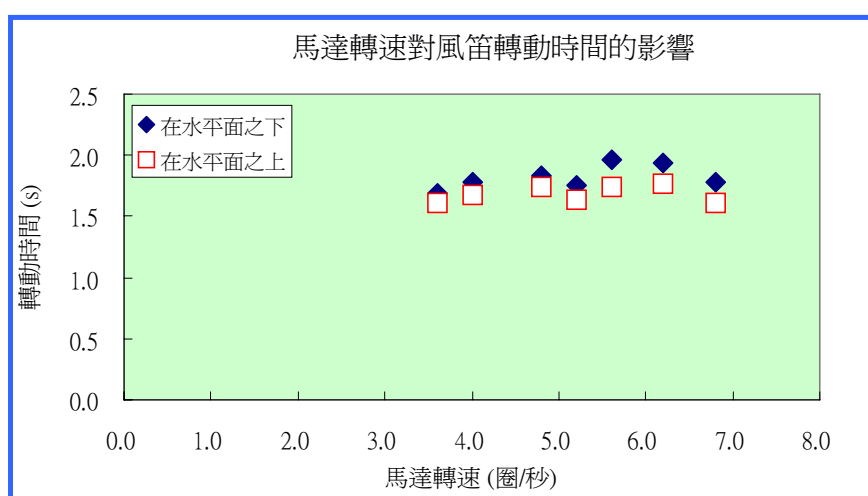


圖 30：馬達轉速對風笛在不同平面的轉動時間關係圖

說明：「馬達轉速」對風笛「在不同平面的轉動時間」影響不大

2. 「繩長」對風笛「在不同平面的轉動時間」的影響

繩長 (cm)	在水平面之下 轉動時間(秒)	在水平面之上 轉動時間(秒)	時間差 (秒)
25	0.425	0.420	0.004
30	0.455	0.452	0.003
35	0.535	0.519	0.016
40	0.586	0.553	0.032
45	0.633	0.618	0.016
50	0.719	0.702	0.017

表 10：繩長對風笛在不同平面轉動時間一覽表

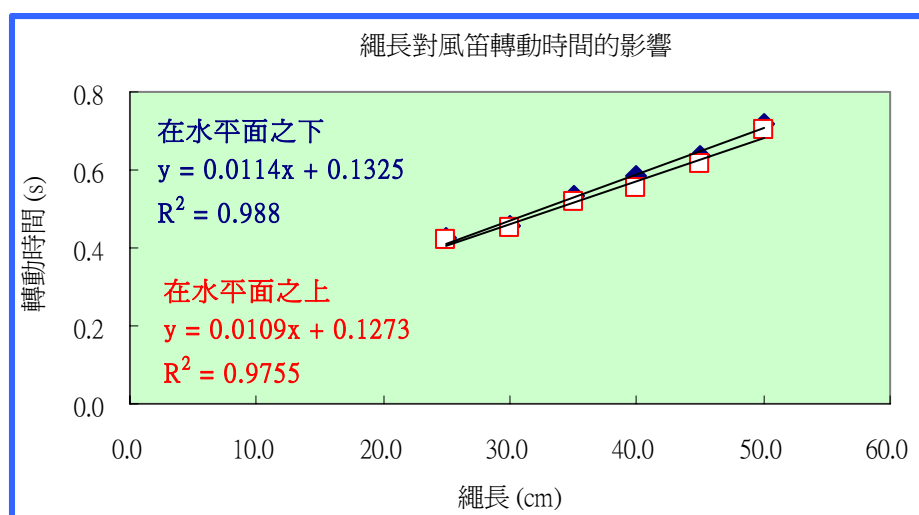


圖 31：繩長對風笛在不同平面的轉動時間關係圖

說明：「繩長」對風笛「在不同平面的轉動時間」影響不大，但是仍呈線性關係；繩長越長，在水平面之上或之下的轉動時間越長

3. 「繩子粗細」對風笛「在不同平面的轉動時間」的影響

釣魚線號碼	繩子粗細 (mm)	在水平面之下轉動時間(秒)	在水平面之上轉動時間(秒)	時間差(s)
5	0.313	2.248	2.000	0.248
8	0.352	1.563	1.455	0.108
12	0.415	0.826	0.804	0.022
15	0.502	0.517	0.509	0.008
20	0.533	0.471	0.467	0.003

表 11：繩子粗細對風笛在不同平面轉動時間一覽表

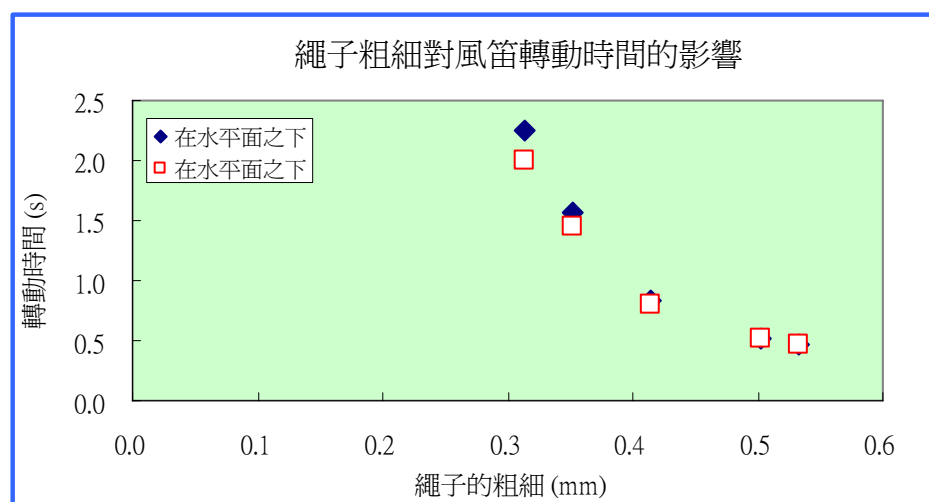


圖 32：繩子粗細對風笛在不同平面的轉動時間關係圖

說明：在我們所使用的釣魚線粗細範圍內，繩子越細時，風笛在水平面之上或之下的轉動時間越長，且時間差也越大

4. 「冰棒棍尖端長度」對風笛「在不同平面的轉動時間」的影響

尖端長度 (cm)	在水平面之下轉動時間 (秒)	在水平面之上轉動時間 (秒)	時間差 (秒)
0.50	1.817	1.773	0.044
1.00	1.820	1.753	0.067
2.00	1.768	1.725	0.043
3.00	1.656	1.642	0.014
4.00	1.696	1.632	0.065

表 12：冰棒棍尖端長度對風笛在不同平面轉動時間一覽表

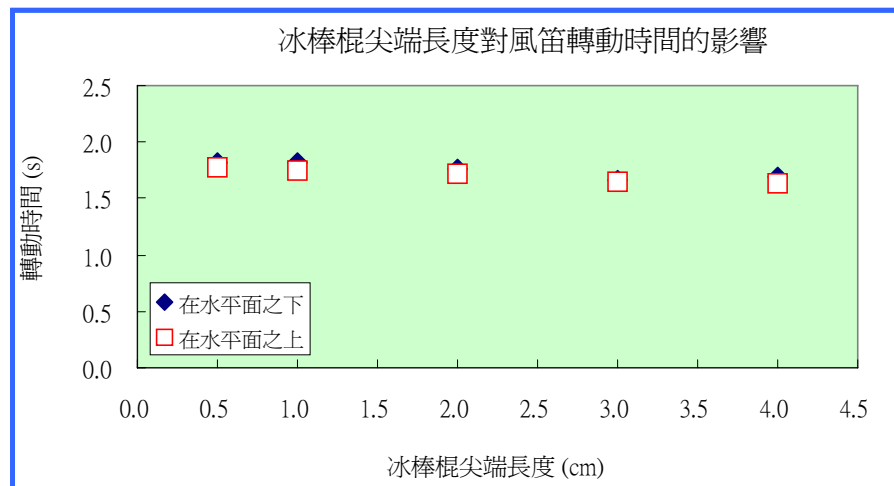


圖 33：冰棒棍尖端長度對風笛在不同平面的轉動時間關係圖

說明：「冰棒棍尖端長度」對風笛「在不同平面的轉動時間」影響不大

- 分析：**
1. 以「繩子粗細」對風笛「在不同平面的轉動時間」影響最大；在適當的粗細範圍內，繩子越細時，轉動時間越長且時間差也較大。
 2. 除了響度之外，我們也想知道風笛的頻率和哪些因素有關？所以進行下一個研究。

研究四：探討轉速、繩子長度及粗細、響片尖端長度對風笛「頻率」的影響

流程圖：

(實驗一) 分析聲音的波形，找出分析風笛頻率的方法



(實驗二) 探討「轉速」、「繩子長度及粗細」、「冰棒棍尖端長度」對風笛「頻率」的影響

實驗(一)：分析風笛聲音的波形，找出分析頻率的方法

方法：1.因為風笛在轉動的過程中頻率不斷改變，我們試過很多方法。

2.利用”Cool Edit 軟體”中的「Analyze」→選擇 Frequency Analysis →選擇一個波群(如圖 34)→紀錄頻率值。

3.換下個波群，重複相同的方法。

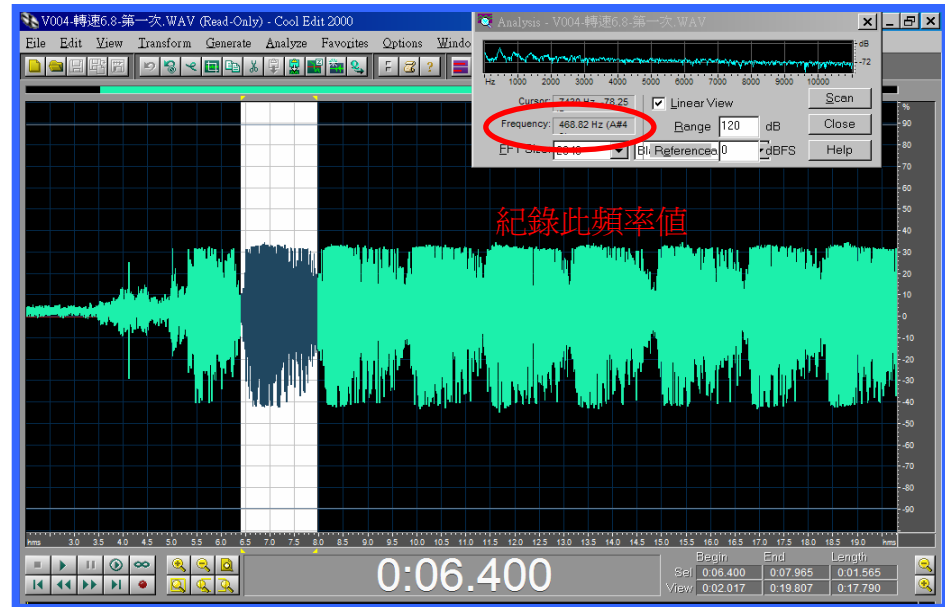


圖 34：分析每個波群中的頻率

結果：條件(中埔牌--20 號-第一次)

頻率(Hz)	522.21	486.68	528.87	509.57	528.42	506.01	541.48	513.65	505.39	487.26	540.4
時間長度(s)	0.473	0.491	0.446	0.446	0.519	0.464	0.486	0.486	0.458	0.520	0.458

表 13：可發現風笛在轉動的過程中，頻率忽高(綠色背景)忽低的

分析：經過一番的努力，我們終於完成下一個實驗。

實驗(二)：探討「轉速」、「繩子長度及粗細」、「冰棒棍尖端長度」對風笛「頻率」的影響

方法：1.分析「研究二」中所錄下的聲音每個波群頻率。

2.歸納出在每個條件下頻率的最高與最低值。

結果：1.「馬達轉速」對風笛「頻率」的影響

馬達轉速(圈/秒)	最高頻率 (Hz)	最低頻率 (Hz)
6.8	502.56	371.92
6.2	447.95	340.22
5.6	370.01	305.61
5.2	349.03	271.67
4.8	326.58	253.02

表 14：馬達轉速對風笛頻率一覽表

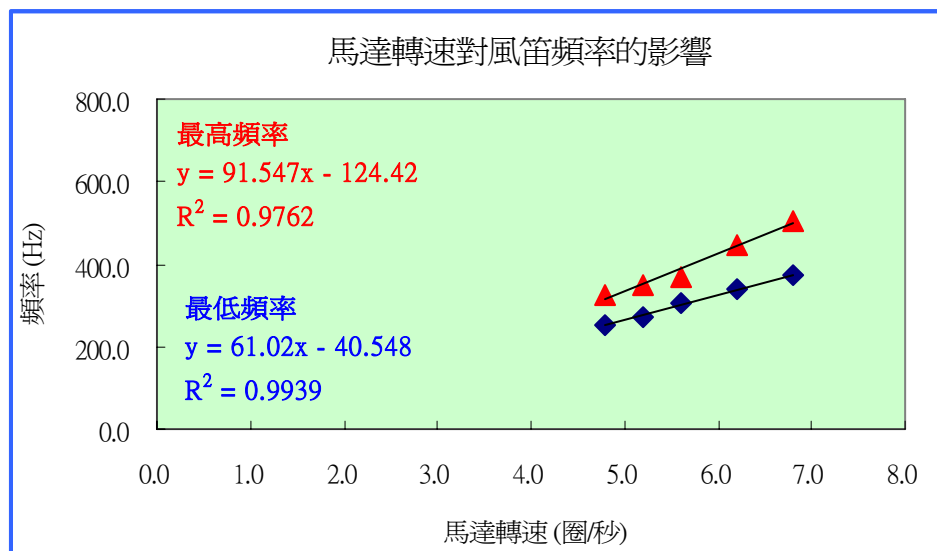


圖 35：馬達轉速對風笛頻率關係圖

說明：馬達轉速對風笛頻率成很好的線性關係；轉速越快，頻率越高

2. 「繩長」對風笛「頻率」的影響

繩子長度 (cm)	最高頻率 (Hz)	最低頻率 (Hz)
50	349.77	283.28
45	352.76	275.33
40	334.72	248.31
35	302.18	216.84
30	294.56	240.07
25	295.00	236.43

表 15：繩子長度對風笛頻率一覽表

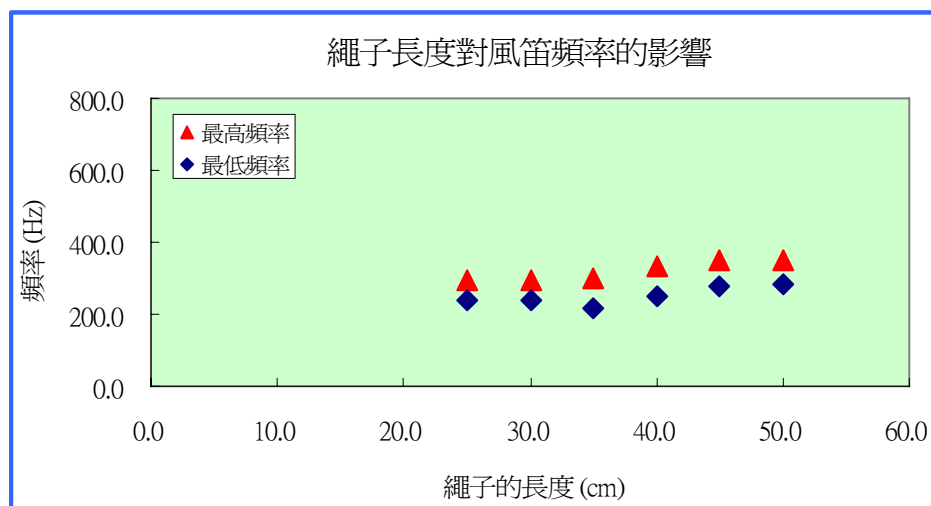


圖 36：繩長對風笛頻率關係圖

說明：繩長對風笛頻率的影響不大

3. 「繩子粗細」對風笛「頻率」的影響

釣魚線號碼	繩子粗細(mm)	最高頻率 (Hz)	最低頻率 (Hz)
5	0.313	489.37	349.07
8	0.352	510.09	353.27
12	0.415	552.66	434.96
15	0.502	543.85	427.76
20	0.533	555.96	482.76
40	0.717	412.46	321.62

表 16：繩子粗細對風笛頻率一覽表

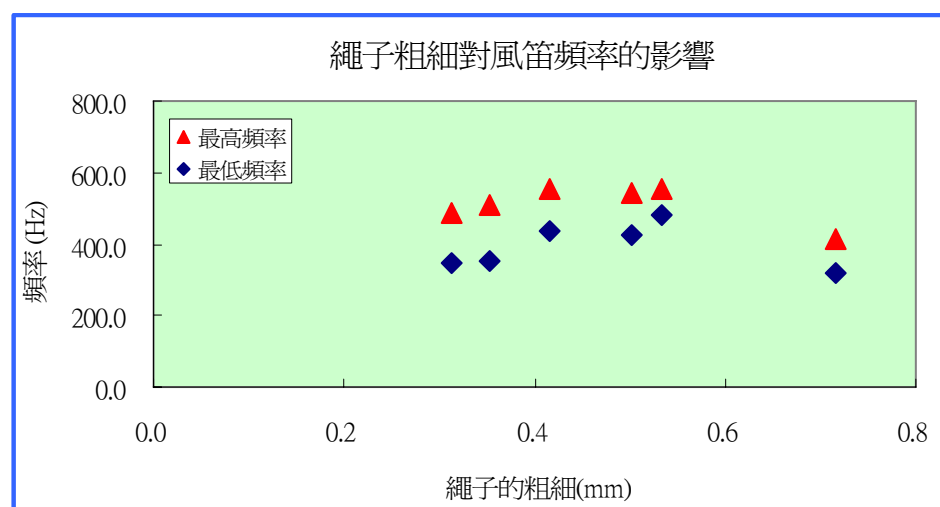


圖 37：繩子粗細對風笛頻率關係圖

說明：繩子粗細對風笛頻率有影響，但不是線性關係

4. 「冰棒棍尖端長度」對風笛「頻率」的影響

冰棒棍尖端長度(cm)	最高頻率 (Hz)	最低頻率 (Hz)
0.5	412.19	349.33
1	446.21	339.23
2	413.12	306.63
3	413.61	349.33
4	404.04	341.60

表 17：冰棒棍尖端長度對風笛頻率一覽表

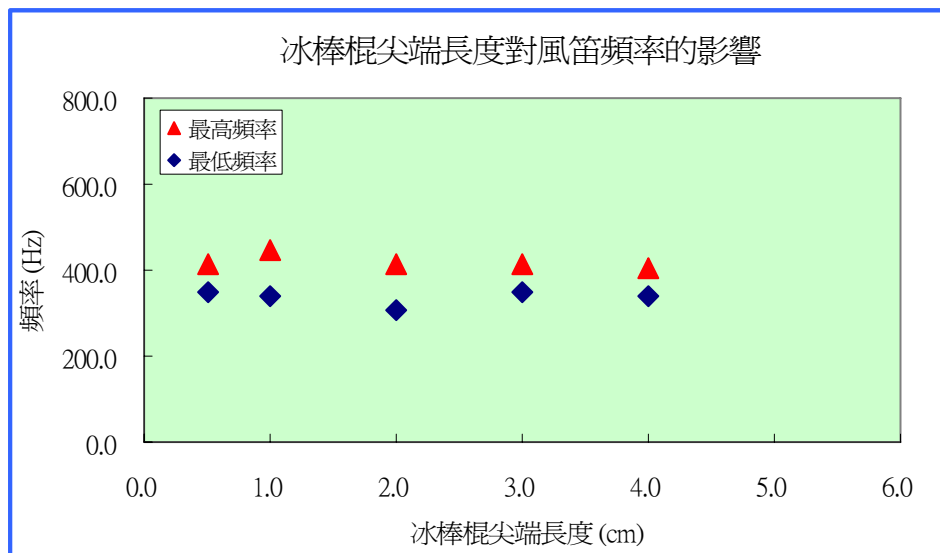


圖 38：冰棒棍尖端長度對風笛頻率關係圖

說明：冰棒棍尖端長度對風笛頻率的影響不大

分析：1.馬達轉快，風笛的頻率越高；繩子粗細對風笛頻率則不是線性關係。

柒、討論

一、為何風笛會發出聲音？

風笛在轉動的過程中，在適當的起始條件之下，若給冰棒棍繞釣魚線轉動的合力矩後，因為物體具有慣性，所以它會不斷的繞釣魚線轉動而拍打空氣產生聲音，這是風笛最主要的聲音來源。

二、風笛在怎樣的條件下「響度」最大？

馬達轉速越快或繩長越長時，風笛的響度越大，成很好的線性關係。而繩子粗細適中時，風笛的響度較大。因為太細的釣魚線容易扭斷；而太粗的釣魚線則不易扭轉變形，使得可以儲存的彈力位能較少，故可轉換出的聲能較少，響度較小。冰棒棍截面積較大時，響度也較大。

三、風笛在怎樣的條件下「頻率」最高？

經過分析之後發現①風笛在轉動的過程中頻率不斷改變②每個波群的頻率忽高忽低，常常很有規律性的變化。

分析發現馬達轉速越快時，風笛的頻率越高，呈很好的線性關係；但是繩子粗細對風笛頻率則不是線性關係。繩長及冰棒棍尖端長度對風笛頻率的影響不大。

四、為何風笛會在不同的平面「上下」轉動？

冰棒棍在繞釣魚線轉動時，釣魚線會變形而產生彈力；當彈力夠大時，會使得冰棒棍改變轉動的方向（即若原為順時針轉動，會變為逆時針轉動）。

此時根據白努力原理所產生的「昇力」就會改變方向 (如圖 39、40)，使得冰棒棍會在不同平面「上下」轉動。

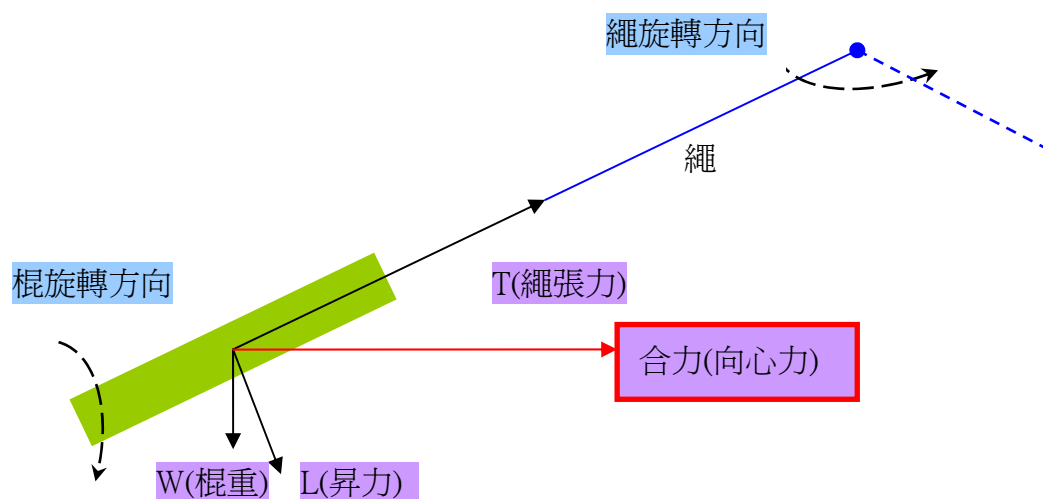


圖 39：冰棒棍在水平面之下轉動時的力圖

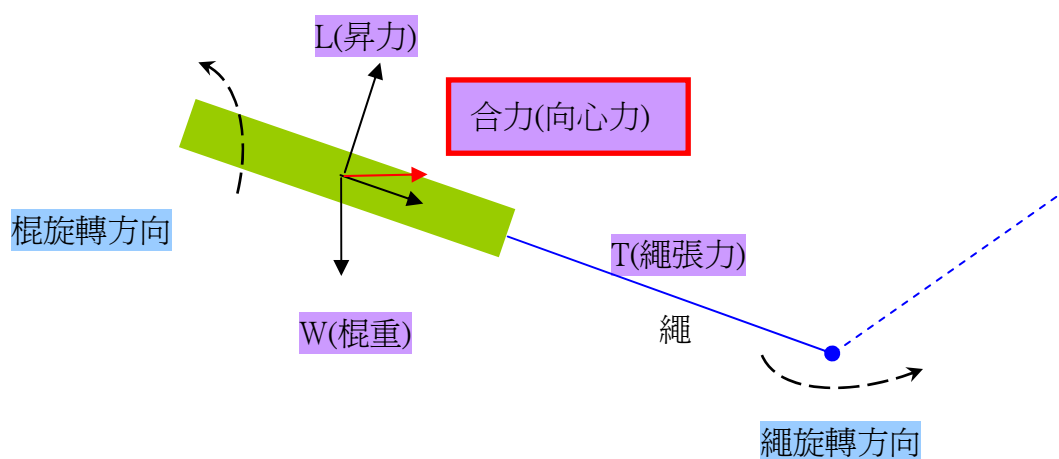


圖 40：冰棒棍在水平面之上轉動時的力圖

捌、結論

一、風笛在轉動的過程中，冰棒棍會不斷的繞釣魚線轉動（如圖 41）而拍打空氣產生聲音，這是風笛發出聲音最主要的來源。

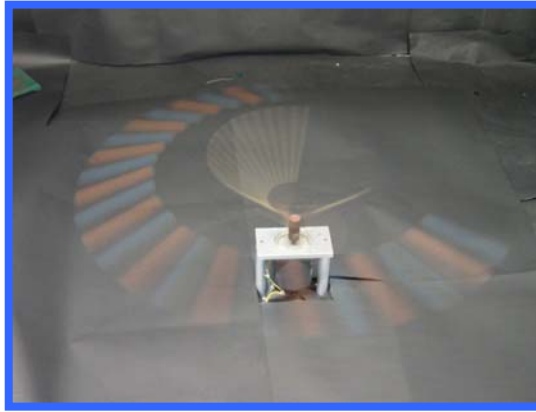


圖 41：可看出冰棒棍不斷在翻面

二、轉速越快、繩子越長、繩子粗細適中、冰棒棍截面積越大時，風笛的響度越大。

三、轉速越快、繩子粗細適中時，頻率越高。

四、因為冰棒棍繞釣魚線轉動時，釣魚線會變形而產生彈力；再加上「昇力」方向的改變，使得冰棒棍有時會在「不同平面」上下轉動（如圖 42）。



圖 42：在水平面之上轉動（左圖）及在水平面之下轉動（右圖）的風笛

五、在適當的範圍內，繩子越細時，風笛在水平面之上或之下轉動的時間越長。

六、「風笛」是鄒族祖先用來傳遞訊息的工具，所以製造可發出較大聲的風笛是很重要的課題。經過先民的努力，終於改良成目前我們所見的風笛，使我們不得不佩服原住民生活中的科學智慧。

七、未來展望：仍有許多變因值得我們探討，例如響片材質、厚度、重量及寬度等；而風笛轉動半徑與夾角和哪些因素有關，我們深感興趣！

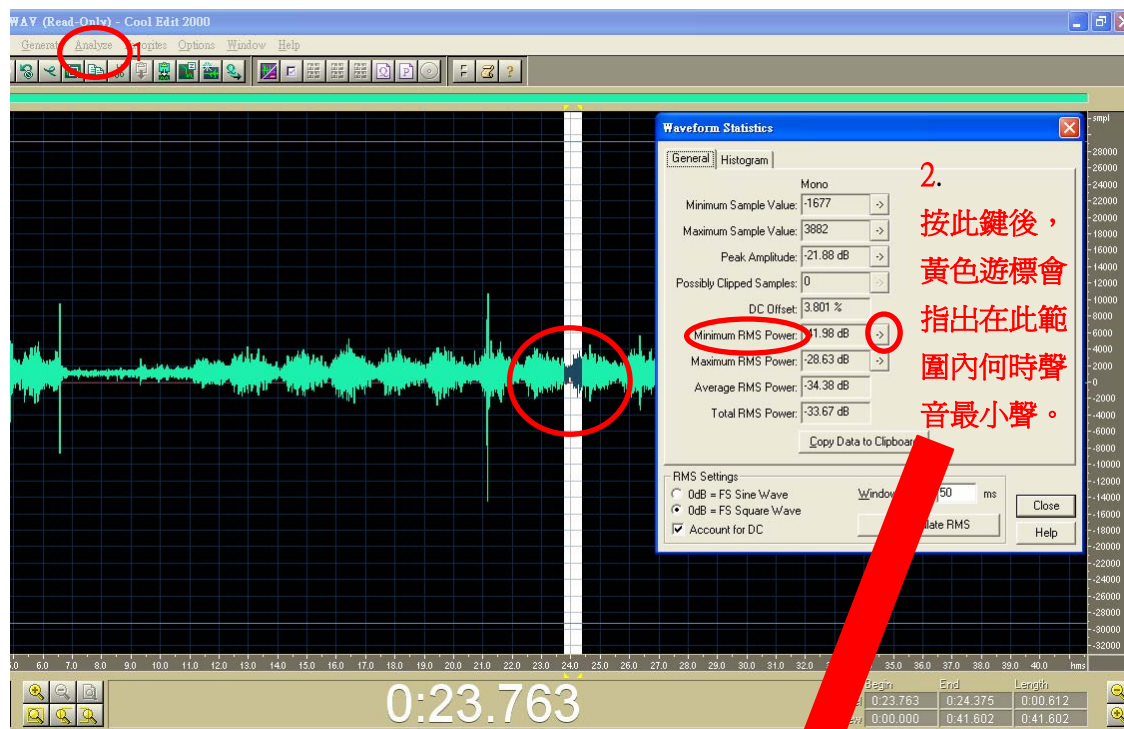
玖、參考資料

- 一、郭重吉 (民 94)。國中自然與生活科技第三冊(修訂版)。(52-55 頁)。臺南市：南一。
- 二、蔡坤憲譯 (民 92)。觀念物理 II。(1-16 頁)。臺北市：天下文化。
- 三、達西烏拉彎·畢馬 (民 92)。台灣的原住民鄒族 (273 頁)。臺北市：臺原。
- 四、林坤祥、張博文、葉嘉容、陳正偉 (民 94)。響螺發音頻率的探討。第 43 屆全國科展高中物理組說明書。
- 五、謝寧譯 (民 73)。音樂的科學原理(4 版)。(73 頁)。臺北市：徐氏基金會。
- 六、<http://www.ngsir.netfirms.com/chineseVersion.htm#mechanics> 用Java 程式學物理。

壹拾、附錄

附錄一：風笛聲音最小值時的時間分析方法

1.利用”Cool Edit 軟體”中的「Analyze」



4.找出下一個聲音最小時的時間，計算和上一個聲音最小時的時間差。

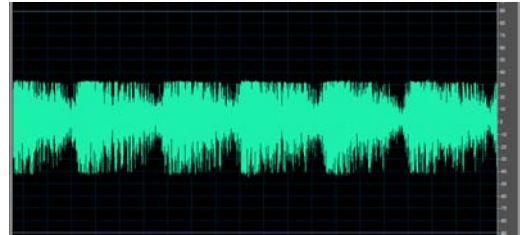
5.重複步驟 5。

附錄二：在不同變因之下的聲音波形

1.改變轉速

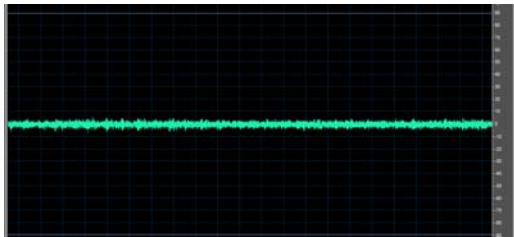


(A) 轉速 3.6 圈/秒，響度 65.3 dB

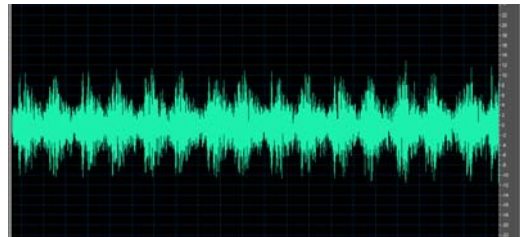


(B) 轉速 6.8 圈/秒，響度 89.6 dB

2.改變繩長



(A) 繩長 20.00 cm，響度 69.5 dB

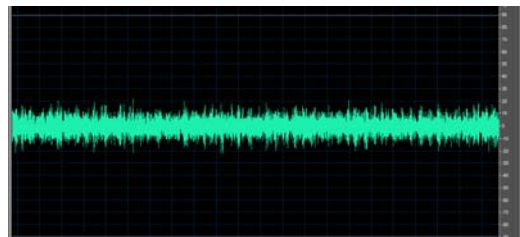


(B) 繩長 50.00 cm，響度 76.8 dB

3.改變繩子粗細

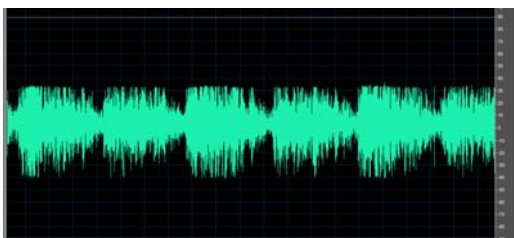


(A) 繩號 5 號 (0.313 mm)，響度 87.4 dB

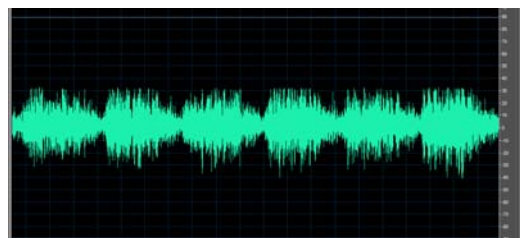


(B) 繩號 40 號 (0.716 mm)，響度 78.9 dB

4.改變冰棒棍尖端長度



(A) 冰棒棍尖端長度 0.5 cm，響度 84.7 dB



(B) 冰棒棍尖端長度 4.0 cm，響度 82.4 dB

評語

031606 鄒之風聲-風笛

1. 本作品取採觀察鄒族風笛轉動發音，從事系統地改變控制變因，如：響片形狀、長度，繩線長度及粗細等，探討對響度、頻率之影響，其中使用棒面著色觀察翻面頗有創意。
2. 建議對觀察到現象之敘述宜考慮定量精確之科學語言，將不確定及不可控制項去除。
3. 思考如何穩定或控制棒面及採用他類繩線觀察精確定量結果並據以分析。
4. 對數值精確度之採用及迴歸分析於圖表之表示應符合科學表示。