

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

科 別：物理科

組 別：國小組

作品名稱：「聲」意盎然

編 號：

## 摘要

研究吸管材質、吸管口徑大小、吸管長度、吸管填塞物等因素對自製排笛聲音高低的影響。

### 壹、研究動機

上音樂課時，老師介紹了不少樂器給我們認識，同時也放了不少由各種樂器演奏的音樂讓我們欣賞，其中我最感興趣的是排笛演奏出的美妙樂音，記得前一陣子在上自然課時曾教到有關聲音的原理，於是我們就想自己動手做個排笛試試看！

### 貳、研究目的

- 一、認識排笛的構造及發聲原理。
- 二、比較各種材質空管製作的難易程度。
- 三、比較空管長短對聲音高低的影響。
- 四、比較空管口徑大小對聲音高低的影響。
- 五、比較不同材質對聲音高低的影響。
- 六、了解空管口徑大小及空管長短的發聲限制。

### 參、研究設備器材

原子筆管、水管、鋁管、玻璃試管、尺、電鋸、鋼琴、棉花、水、沙子、衛生紙、筆、筆記本、透明膠帶、黏土

### 肆、研究過程或方式

- 一、查出排笛發聲之原理。
- 二、決定做排笛之空管的材質。
- 三、裁出長短不同之空管。
- 四、比對鋼琴的音高，記錄各個空管的音高。
- 五、將所記錄各空管之音高以數值方式顯示。
- 六、畫出各材質空管之長度與音值關係圖。
- 七、根據記錄資料，整理、歸納出影響聲音高低之原因。
- 八、為了將記錄之音高以數值方式顯示，我們鋼琴琴鍵上「中央C」為基準音，設其數值為「0」，將各個音高與基準音的位值以數值方式表示，往右加半音則數值「加1」，往左減半音則數值「減1」，茲將音高與數值之關係列表如下：

音階	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
音高	G <sup>#</sup>	A	A <sup>#</sup>	B	C	C <sup>#</sup>	D	D <sup>#</sup>	E	F	F <sup>#</sup>	G	G <sup>#</sup>	A	A <sup>#</sup>	B
音值	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

音階	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
音高	C	C <sup>#</sup>	D	D <sup>#</sup>	E	F	F <sup>#</sup>	G	G <sup>#</sup>	A	A <sup>#</sup>	B	C	C <sup>#</sup>	D	D <sup>#</sup>
音值	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27

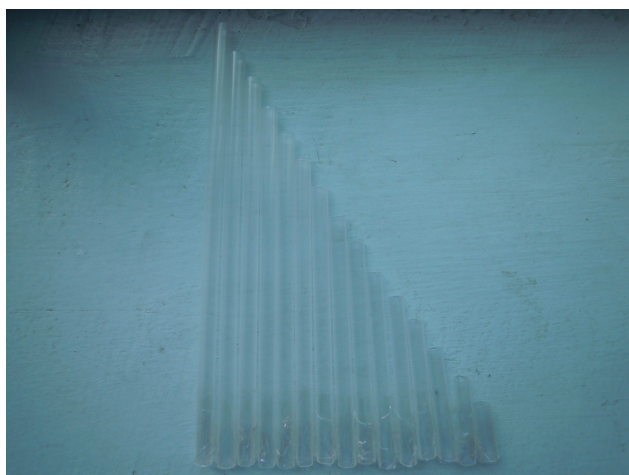
☆ 裁剪吸管材質的空管



☆ 利用剪刀及電鋸裁出各種不同長度的空管



口徑 1.1 公分的大吸管



口徑 0.5 公分的小吸管



口徑 1.7 公分的塑膠水管



口徑 0.9 公分的鋁管



口徑 0.7 公分的原子筆管

☆ 練習吹奏空管





☆ 吹奏空管，請音樂老師利用鋼琴來判讀空管的音值



## 伍、研究結果

### 一、排笛發聲構造、原理

排笛是由一系列不同長短的空管連接在一起，由口吹氣引起空管中的空氣柱振動發聲和空氣柱共鳴的原理製成的。

### 二、選擇不同的材料，做成各材質之空管

1、製作過程之難易程度（由易→難，分別填入數字 1→5），結果如下表

材質	玻璃	塑膠水管	原子筆管	鋁管	吸管
製作難易度	5	3	2	4	1

在切割、製做時，我們發現吸管最容易裁切，原子筆管及塑膠水管用鋸子就可以裁切，而鋁管則要請鐵工廠的師傅幫忙，玻璃管最難裁切。所以最後我們討論決定，以玻璃試管來代替，在玻璃試管的底部填充物品，以調整試管中空氣柱的長短。

2、在調整玻璃試管中的空氣柱長短時，我們嘗用棉花、沙子、衛生紙、水，結果如下表：

填充物	乾棉花	溼棉花	乾沙子	溼沙子	乾衛生紙	溼衛生紙	水
可否吹奏 出聲音	不可以	可以	不可以	可以	不可以	可以	可以

在運用上述各物品來調整玻璃試管時，我們發現用乾棉花、乾沙子、乾衛生紙等物品時，因物品中存有空隙，所以玻璃試管不易吹奏，但將這些物品滴上一些水後，就很容易吹奏出聲音了。而用水不但可以吹奏出聲音，而且用水可以方便調整試管中空氣柱的長短，所以我們決定採用以水來調整玻璃試管中空氣柱長短的方法。

3、當我們嘗試將吸管、水管及鋁管底部封口時，原先是以黏土做為封口材料，但發現這樣很難控制空管的長度，因此我們決定以在空管底部貼上透明膠帶的方法，來進行這次的實驗。

4、實驗統計表（以下長度、口徑單位皆為公分）

(1) 玻璃試管

①口徑 1.4 公分

長度	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
音階	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0				
音高	F <sup>#</sup>	D <sup>#</sup>	C <sup>#</sup>	B	A	G <sup>#</sup>	F <sup>#</sup>	E	D <sup>#</sup>	D				
音值	18	15	13	11	9	8	6	4	3	2				

②口徑 1.5 公分

長度	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
音階	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
音高	F	D <sup>#</sup>	C <sup>#</sup>	B	A	G	F <sup>#</sup>	E	D <sup>#</sup>	D	C <sup>#</sup>	C		
音值	17	15	13	11	9	7	6	4	3	2	1	0		

③口徑 1.8 公分

長度	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
音階	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1
音高	F	D	C <sup>#</sup>	B	A	G	F <sup>#</sup>	E	D <sup>#</sup>	D	C <sup>#</sup>	C	B	B <sup>b</sup>
音值	17	14	13	11	9	7	6	4	3	2	1	0	-1	-2

(2) 塑膠水管（口徑 1.7 公分）

長度	3.5	4.5	5.3	7	9	11.2	13	15	18	19.7
音階	-	-	1	1	0	0	0	0	-1	-1
音高	-	-	F <sup>#</sup>	C	G <sup>#</sup>	F	D <sup>#</sup>	C <sup>#</sup>	A <sup>#</sup>	G <sup>#</sup>
音值	-	-	17	13	8	5	3	1	-2	-4



(3) 原子筆管 (口徑 0.7 公分)

長度	3	3.9	4	4.8	5.5	6	7
音階	2	1	1	1	1	1	1
音高	D	B	A	G <sup>#</sup>	G	E	C <sup>#</sup>
音值	27	23	21	20	19	16	13

(4) 鋁管 (口徑 0.9 公分)

長度	7	7.8	8.6	9.6	10.9	12.5	13.5
音階	1	0	0	0	0	0	0
音高	C	B	A	G	F <sup>#</sup>	D <sup>#</sup>	D
音值	12	11	9	7	6	3	2

(5) 吸管

①口徑 0.5 公分

長度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
音階	-	-	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
音高	-	-	C	G <sup>#</sup>	F	D <sup>#</sup>	C	B	A	G	F <sup>#</sup>	F	D <sup>#</sup>	D	C <sup>#</sup>	C
音值	-	-	24	20	17	15	12	11	9	7	6	5	3	2	1	0

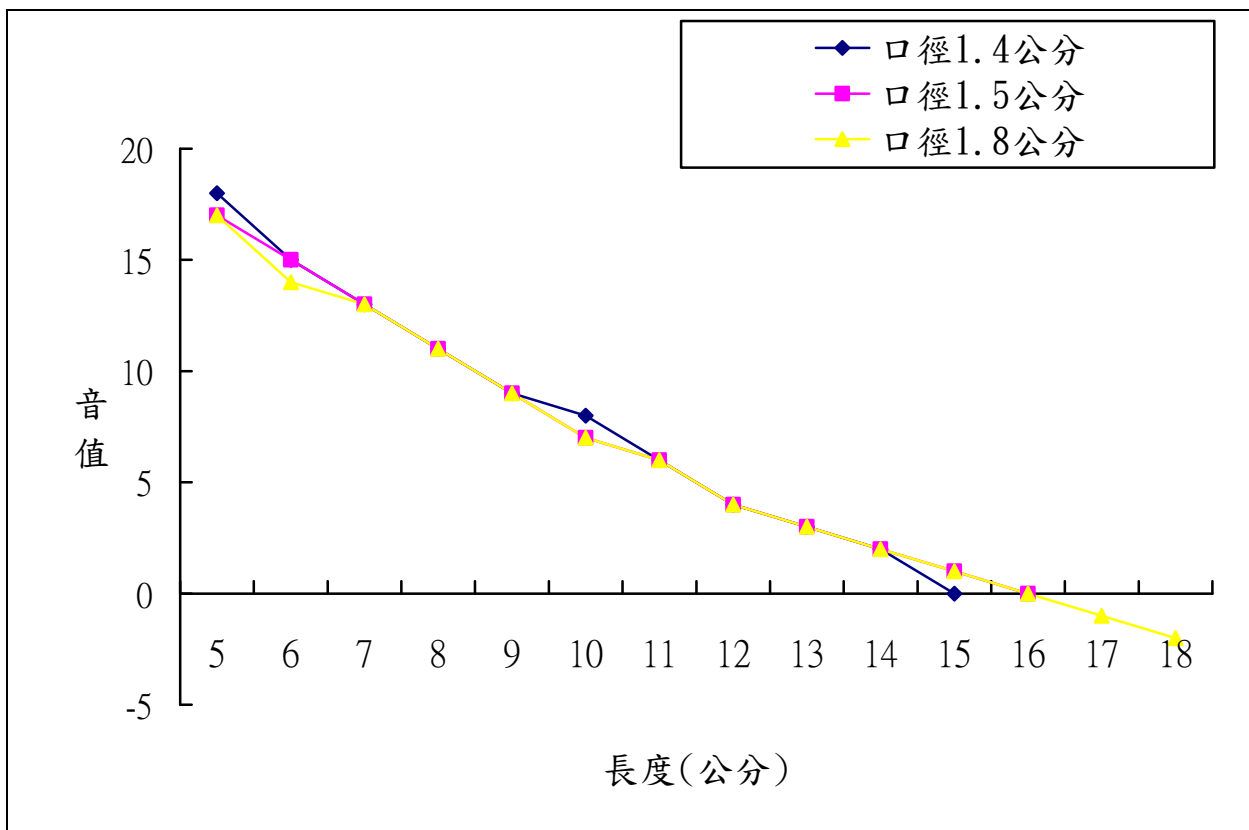
②口徑 1.1 公分

長度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
音階	-	-	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
音高	-	-	A	G	F <sup>#</sup>	D <sup>#</sup>	C <sup>#</sup>	B	A <sup>#</sup>	G <sup>#</sup>	F <sup>#</sup>	F	E	D	C <sup>#</sup>	C
音值	-	-	21	19	18	15	13	11	10	8	6	5	4	2	1	0

## 5、各材質空管之長度與音值關係圖表

### (1)玻璃試管長度與音值之關係圖表

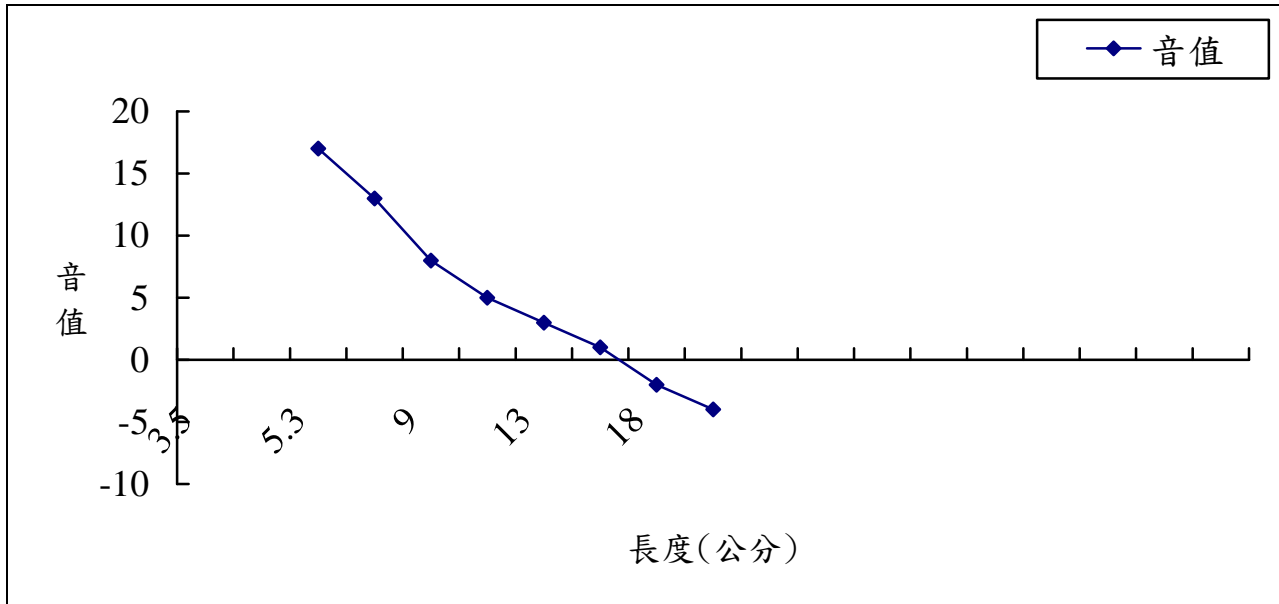
長度 音值	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
口徑 1.4公分	18	15	13	11	9	8	6	4	3	2	0	-	-	-
口徑 1.5公分	17	15	13	11	9	7	6	4	3	2	1	0	-	-
口徑 1.8公分	17	14	13	11	9	7	6	4	3	2	1	0	-1	-2



圖一

(2) 塑膠水管長度與音值之關係圖表

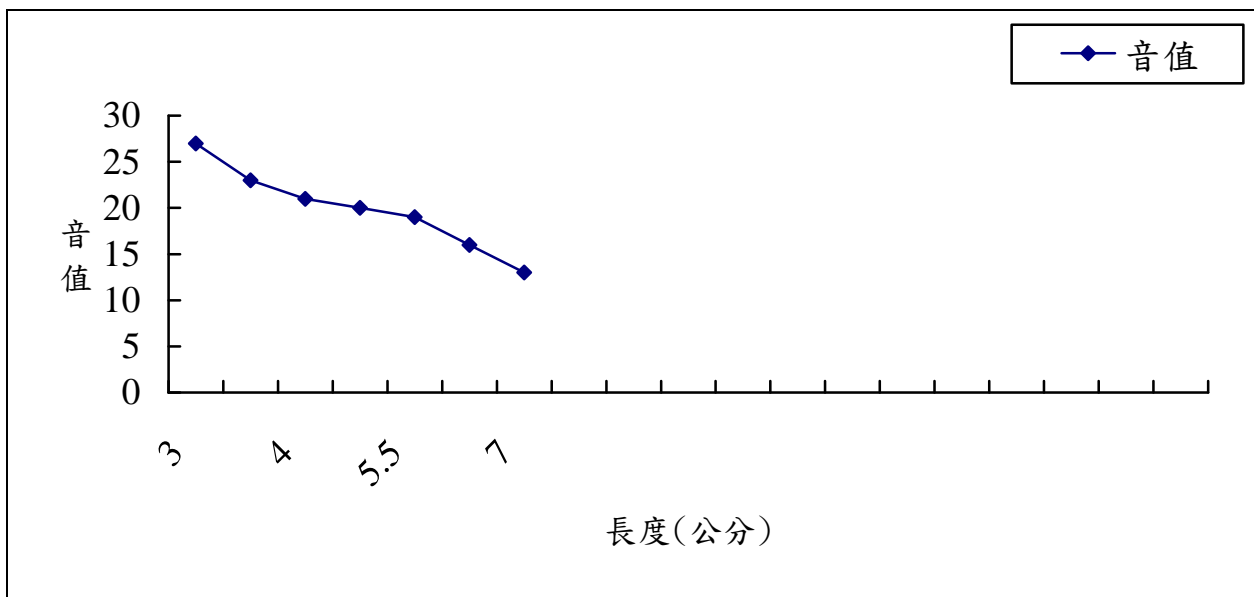
長度	3.5	4.5	5.3	7	9	11.2	13	15	18	19.7
音值	-	-	17	13	8	5	3	1	-2	-4



圖二

(3) 原子筆管長度與音值之關係圖表

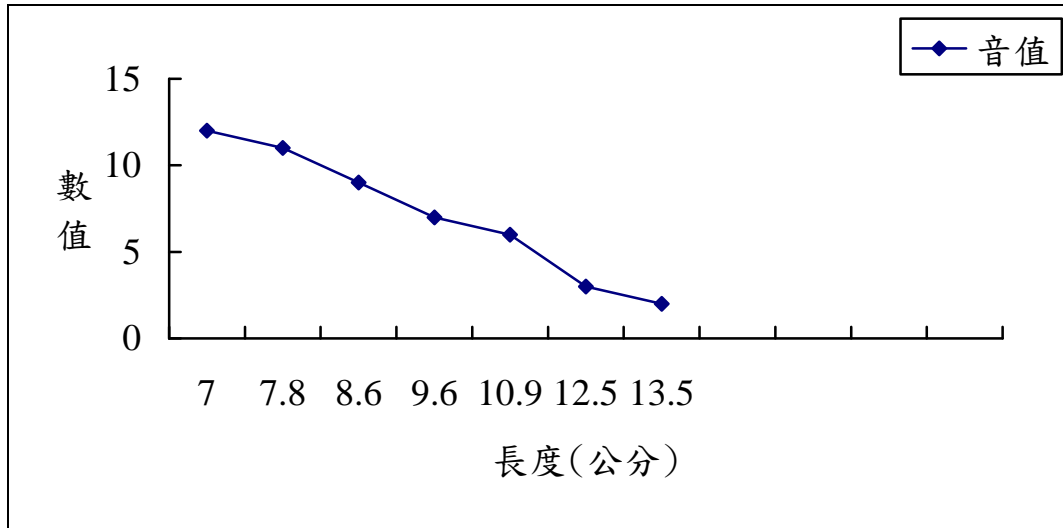
長度	3	3.9	4	4.8	5.5	6	7
音值	27	23	21	20	19	16	13



圖三

(4) 鋁管長度與音值之關係圖表

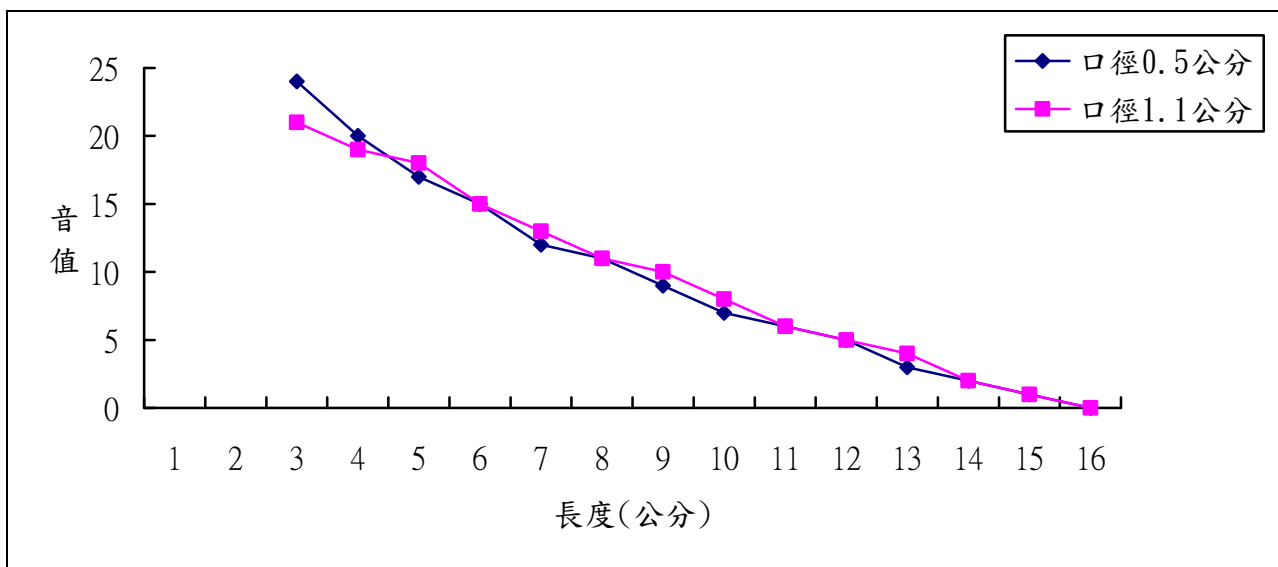
長度	7	7.8	8.6	9.6	10.9	12.5	13.5
音值	12	11	9	7	6	3	2



圖四

(5) 吸管長度與音值之關係圖表

長度 \ 音值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
口徑 0.5 公分	-	-	24	20	17	15	12	11	9	7	6	5	3	2	1	0
口徑 1.1 公分	-	-	21	19	18	15	13	11	10	8	6	5	4	2	1	0



圖五

根據上述圖表，我們發現：

①在圖表一和圖表五中，只要玻璃試管及吸管中的空氣柱長短相同時，不論其口徑大小差異如何，它們吹奏出的音高是幾乎一樣的。

②在圖表一至圖表五中，空管的長度和奏出的音值（音高）成反比。當空管愈長時，它的聲音音值愈低（聲音愈低）；空管愈短時，它所吹奏出的聲音音值愈高（聲音愈高）。

(6)選擇各種材質、不同口徑大小、同長度之空管比較（口徑及長度單位：公分）

材質	玻璃 試管	玻璃 試管	玻璃 試管	塑膠 水管	原子 筆管	鋁管	吸管	吸管
口徑	1.4	1.5	1.8	1.7	0.7	0.9	0.5	1.1
長度	7	7	7	7	7	7	7	7
音值	13	13	13	13	13	12	12	13

根據上表，我們發現：

①同材質的空管，雖然口徑大小不同，但只要長度一樣時，它們吹奏出聲音音高幾乎是相同。

②不同材質、不同口徑大小的空管，如果長度相同時，它們吹奏出的聲音音高也是幾乎相同的。

## 陸、討論

- 一、不論任何材質做成的空管，吹奏時，聲音的高低主要是受空管的長度影響。空管愈長時，管中的空氣柱愈長，吹奏出的聲音愈低；反之，空管愈短時，管中的空氣柱愈短，吹奏時聲音振動的頻率愈高，吹出的聲音也愈高。
- 二、相同長度的空管，不論口徑大小、材質的異同，吹奏出的聲音音高是相同的。所以，我們認為材質的差異、空管口徑的大小對聲音之高低沒什麼影響。
- 三、在吹奏時，空管的口徑大小與長度是需要相互配合的，口徑大的空管，其長度不可以太短，不然會很難吹。相對的，口徑小的空管，其長度太長的話，也會不容易吹奏的。
- 四、在實驗中，我們發現有的同學很容易就可以吹奏出聲音，有的人卻怎麼也吹不起來，我們認為可能跟吹奏的角度與吹出的氣量大小有關。

## 柒、結論

在這次的實驗中，因為空管的切割與磨製不容易，所以在空管長度的計量上可能會有些微的誤差；再加上空管音高的判定，我們是根據鋼琴的音準，請音樂老師以人為的判斷來決定空管的音高，所以實驗的結果可能會有些許的誤差。

而在我們的實驗中，因為吸管是比較好裁切的，所以可以製作各種不同

長度的空管；而其他材質的空管因裁切不易，所以製成的空管數量也較少。再者，我們在實驗中採用的只有玻璃試管、塑膠水管、原子筆管、鋁管及吸管等材質，如果能更廣範的運用各種材質的空管來做實驗，相信實驗結果將更具準確性。

此外，我們也發現吹奏的角度對聲音的產生也有影響，這也可以做為往後的研究參考。

#### 捌、參考資料及其他

- 1.蕭啟專、方君文(民 88)。音樂欣賞。文京圖書。
- 2.五下自然科教科書南一版(民 100)。第四單元 聲音的探討。南一。
- 3.Nathalie Decorde。孟筱敏譯。(民 86)。人類文明小百科 樂器篇。三民書局
- 4.畢毓俊(民 89)。自然科學例解。五南。