

# 它爲什麼 《ㄌ》《ㄌ》

## 初小組物理科第一名

台北市國語實驗國民小學

作 者：徐怡德、張馨涵

指導教師：江櫻嬌、蘇莘林

### 一、研究動機

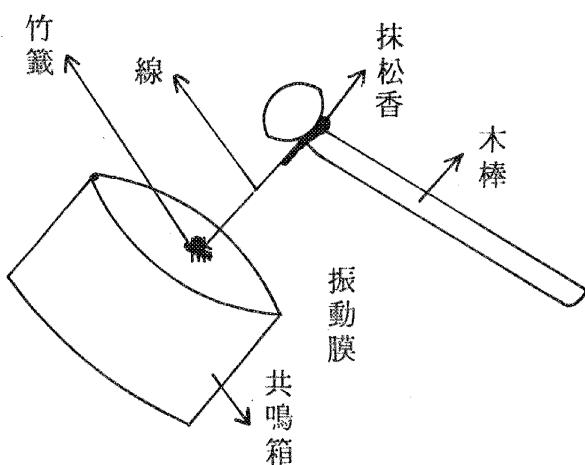
三年級下學期，我們學校喝味全牛奶，公司送訂牛奶的小朋友們《ㄌ》《ㄌ》的玩具，大家都玩得很開心。有一天我正在玩它，姑媽來了，她問我，為什麼這個玩具會《ㄌ》《ㄌ》？為什麼它的聲音這麼響亮？我一時答不上來，心想：這種玩具構造簡單，應該很容易找出發聲的原因，於是邀了張馨涵同學，做下面各種實驗。

### 二、研究目的

- (一) 嘎嘎筒是怎樣發出聲音的？
- (二) 嘎嘎筒各部位的作用是怎樣的？

### 三、研究設備

- (一) 松香、南寶樹脂、廣告顏料、蠟燭、膠水筆、測音器、顯微鏡風琴。
- (二) 工業用酒精、酒精燈、竹筷、木棍、塑膠棒。
- (三) 釣魚線、棉線、毛線、鐵絲、樂器絃線。
- (四) 牙籤、麻布、沙布、牛皮紙、報紙。



(五)竹筒、塑膠水管、黏土、打包膠帶。

(六)磁鐵、橡皮、肥皂、鉛筆、小刀片。

## 四、研究過程

實驗(一)嘎嘎筒怎樣運動發聲？

方法：拿三個相同的嘎嘎筒，一個左右擺動，一個上下抖動，一個繞圓圈運動，比比看，哪一個聲音大。為了使速度力求一致，我們由同一個小朋友反覆練習，每次用相同的速度搖動嘎嘎筒，紀錄五次，求出平均值，做為數據。在此實驗中，嘎嘎筒距離測音器的麥克風 5 公分，以後一連串的實驗，都保持相同距離。

結果：

運動方式	聲音大小	備註
左右擺動	約57分貝	錄影室為寂靜狀態時在35分貝以下
上下抖動	約57分貝	"
圓周運動	約87分貝	聲音最大

發現：(一)我們在科學教室、江老師的辦公室、錄影室三個不同場所做實驗，五次紀錄的平均值都很接近，可見未受馬路噪音的影響，但我們仍以錄影室所測為依據，因該處絕無雜音干擾。

(二)嘎嘎筒做圓周運動時聲音最大。

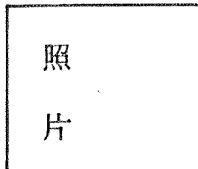
推論：

(一)嘎嘎筒繞圓圈運動時，線和松香接觸多，摩擦聲加大。

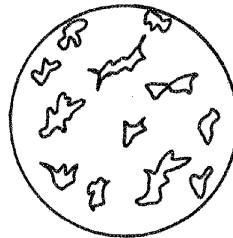
(二)線拉得越直，傳聲越清楚，和二年級做話筒的道理一樣。

實驗(二)嘎嘎筒為什麼要抹上松香？塗上別的材料也能發聲嗎？

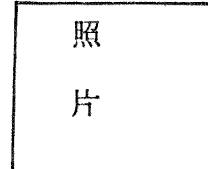
方法 1. 我們覺得很奇怪，為什麼嘎嘎筒要抹松香？而唱平劇的人要把松香燒化了，滴在胡琴上，學校國樂隊的同學和學小提琴的同學也要用松香抹在弓絃上，我們先去查書，知道松香是松樹的汁液，變成固體的部份，就是松香，可以做造紙的填充劑，第二步我們用顯微鏡觀察松香的粉末。



放大 100 倍



松香粉末



松香硬度低

結果：

松香粉末的觀察記錄表					
質地	形狀	硬度	加水	加熱	
細緻無空隙	稜角較多	可用指甲、小刀刻畫	不溶解	易溶化	

推論：

因為松香的硬度適中，摩擦時容易成爲粉末狀，黏在嘎嘎筒及一般絃樂器上，而且它的質地細緻、沒有空隙，在摩擦時，可以發出更響亮的聲音，不溶於水，可預防手心的汙水將它抹掉，綜合這幾項優點，我們認爲中西絃樂器及嘎嘎筒抹松香，是合理的。

方法 2.除了松香外，塗了別的材料也能發聲嗎？我們用五根竹棒僚實驗，有一根不抹任何東西，其他分別沾上松香、南寶樹脂、廣告顏料、蠟油，比比看，哪一個聲音大。

結果：

種類	不抹任何東西	抹松香	南寶樹脂	廣告顏料	蠟油
聲音大小	80 分貝	88 分貝	64 分貝	86 分貝	64 分貝
聲音高低	△	高△	聽不出	△	聽不出

推論：

(1)摩擦力愈大，愈容易發出聲音，不抹任何東西時，竹棒本身和線摩擦，所以仍可發出聲音。蠟油太軟太滑，所發出的摩擦極微小，聲音也小。

(2)發聲點在抹松香部位。

試驗(三)綁上不同質料的線，會影響聲音嗎？

方法：取五根相同的木棒、五個相同的共鳴箱，綁上不同質料的線，再搖搖看。

結果：

線的質料	釣魚線	棉 線	毛 線		鐵 絲	樂器絃線
聲音大小	87分貝	80分貝	80分貝		75分貝	91分貝
聲音高低	高 <small>四 廿</small>	高 <small>四 廿</small>	高 <small>九 〇</small>		高 <small>九 〇</small>	高 <small>九 〇</small>

推論：

1. 釣魚線、絃線質地緊密，傳聲效果良好，鐵絲因容易將松香抹掉，所以聲音小。

試驗(四)線的粗細，會影響聲音嗎？

方法：用粗細不同的絃線，綁在嘎嘎筒上，搖搖看，哪一種線的聲音大。我們一共買了四種絃線，編號 353、453、653、853，長度都是 10 公分。

結果：

線的種類	編號 353 ( 細 )	453	653	853 ( 最粗 )
聲音大小	86 分貝	85 分貝	84 分貝	85 分貝
聲音高低	𠂊	四 廿	𠂊	𠂊

推論：

線在嘎嘎筒實驗中，是傳送聲音振動的物質，絃線越粗，振動越慢，聲音越低。

試驗(五)線的長度，會影響聲音嗎？

方法：拿五根相同的竹棒，分別綁上 5 公分、10 公分、15 公分、20 公分、25 公分長的釣魚線，再搖搖看。

結果：

線的長度	5公分	10公分	15公分	20公分	25公分
聲音大小	87分貝	86分貝	86分貝	86分貝	84分貝
聲音高低	𠂊	高 <small>九 〇</small>	𠂊	𠂊	𠂊

推論：

線越長，等於一個圓圈的半徑越長，圓周也越長，繞一圈的時間越多，繞的速度慢，所以聲音越低。反過來說，線越長，半徑短，繞的速度快，聲音加高，但是整個音量沒有顯著區別。

實驗(六)在振動膜的下方，線的尾端綁上長度不同的牙籤，會影響聲音嗎？

方法：在線的尾端，分別綁上1根、2根、3根、4根牙籤，再搖搖看。

結果：

牙籤的數目	不綁牙籤	綁1根	2根	3根	4根
聲音大小	75分貝	75分貝	75分貝	75分貝	75分貝
聲音高低	口	口	口	口	口

推論：

牙籤只是固定在線和振動膜之間的東西，並非主要的發聲部位，所以看不出影響。

實驗(七)不用共鳴箱，會影響聲音嗎？

方法：用線綁住實心的磁鐵、橡皮、肥皂、鉛筆、小刀等東西，再搖搖看。

結果：

線尾端綁的實心物	磁 鐵	橡 皮	肥 皂	小 刀	鉛 筆
聲 音 大 小	64分貝	66分貝	62分貝	64分貝	64分貝
聲 音 高 低	高高𠂇	高高𠂇	高高𠂇	高高𠂇	高高𠂇

推論：

這五種實心物品，無法使聲音產生共鳴，所以發出的聲音都很小，可見共鳴箱是嘎嘎筒重要的構造之一。

實驗(八)共鳴箱的直徑，會影響聲音嗎？

方法：到水電行買粗細不同的塑膠水管，綁上相同的線，再搖搖

看。

結果：

塑膠水管的直徑	3.5公分	5公分	6公分	7.5公分	10公分
聲音大小	80分貝	84分貝	90分貝	88分貝	83分貝
聲音高低	高𠂇~𠂇	高𠂇~𠂇	高𠂇~𠂇	高𠂇~𠂇	低𠂇~𠂇

推論：

共鳴箱的大小形狀，可能有某一最適當的條件，例如我們所做實驗中，6公分和7.5公分直徑的共鳴箱，聲音既高又大，直徑10公分的共鳴箱聲首降八度，由此可知，共鳴箱依各種樂器的需要，有不同的適當條件。

實驗(九)共鳴箱的長度，會影響聲音嗎？

方法：到水電行買粗細相同（直徑3.5公分）、長度不同的塑膠水管，綁上相同的線和共鳴箱，再搖搖看。

結果：

塑膠水管的長度	3公分	5公分	8公分	9公分	11公分
聲音大小	83分貝	83分貝	80分貝	78分貝	75分貝
聲音高低	高𠂇	高𠂇	𠂇	𠂇	𠂇

推論：

塑膠水管越長，表示空氣柱越長，振動越慢，因此聲音低，相反的，水管越短，聲音越高。

實驗(十)共鳴箱包上不同的膜，會影響聲音嗎？

方法：將竹子鋸成一節一節，長度和直徑相同，再包上報紙、牛皮紙、麻布、紗布、錫箔紙。

結果：

振動膜所用材料	錫箔	牛皮紙	報紙	麻布	紗布
聲音大小	86分貝	87分貝	83分貝	65分貝	63分貝
聲音高低	𠂇~𠂇	𠂇~𠂇	𠂇~𠂇	𠂇~𠂇	𠂇~𠂇

推論：

1. 錫箔和牛皮紙的質地細密，傳聲和共鳴效果好。
2. 紗布和麻布質地鬆軟，會吸收振動的聲波，所以傳聲效果不好，這和家中有窗簾，會吸收聲波，空屋沒有傢俱，產生迴音的道理相同。

實驗(二)把共鳴箱密封起來，會影響聲音嗎？

方法：找到五個相同的塑膠水管，用打包膠帶封住開口，分成五種情形。

結果：

密封程度					
聲音大小	84分貝	82分貝	78分貝	75分貝	75分貝
聲音高低	𠂇	𠂇	𠂇	降𠂇	降𠂇

推論：

共鳴箱可使由線傳來的聲波產生共鳴，如果封起來，空氣柱振動受影響，聲音就小多了。

實驗(三)把共鳴箱逐步塞滿東西，會影響聲音嗎？

方法：拿五個小竹筒，做成嘎嘎筒，再放入黏土，分成空筒、 $\frac{1}{4}$ 的黏土、 $\frac{2}{4}$ 的黏土、 $\frac{3}{4}$ 的黏土、全部塞滿。

結果：

共鳴箱中的黏土					
聲音大小	85分貝	80分貝	76分貝	72分貝	70分貝
聲音高低	𠂇	𠂇	𠂇	𠂇	𠂇

推論：

共鳴箱被黏土封住，無法產生共鳴，所以聲音變小，但是

聲音的高低沒有顯著區別。

## 五、實驗結果

- (一) 嘎嘎筒要做圓周運動，將線拉直，才能《ㄉ》《ㄉ》響。
- (二) 嘎嘎筒的聲音最主要來源是線和松香的摩擦。
- (三) 不同質料的線會影響聲音，質地愈細密的線，傳聲效果越好。
- (四) 線的粗細影響聲音，越細的線，聲音越高。
- (五) 線的長短影響聲音，越短的線，聲音越高。
- (六) 振動膜下方所綁的細竹棍，不影響聲音的大小。
- (七) 不用共鳴箱，嘎嘎筒聲音很小。
- (八) 共鳴箱的直徑尺寸，有一個最適當的條件，使聲音聽起來悅耳。
- (九) 共鳴箱的長度越大，聲音越低，越短則聲越高。
- (十) 共鳴箱上包的振動膜，質料
- (十一) 共鳴箱口密封起來，空氣振動受影響，聲音很小。
- (十二) 共鳴箱內部塞滿東西，振動膜和空氣的振動受影響，聲音小。

## 六、討 論

- (一) 嘎嘎筒的構造分成四大部份：木棒、松香、線、共鳴箱，我們根據上述實驗結果，做一個新的嘎嘎筒，在木棒上抹松香，綁 5 公分的樂器絃線，絃線編號 353。是最細的。共鳴箱長 3 公分、直徑 6 公分，用錫箔做振動膜。圓周運動高達 97 分貝。

## 七、結 論

- (一) 嘎嘎筒做圓周運動時，線拉得很直，才能發出響亮的聲音，我們認識的樂器，不管是古箏、胡琴、提琴，它們的絃線都要拉直、拉緊，加以固定，才能彈出或拉出悅耳的聲音，這和嘎嘎筒運動發聲的原理相同。
- (二) 嘎嘎筒的主要聲音，來自松香與線的摩擦，我們觀察松香，發現它的質地細密、硬度適中、易黏，使絃線容易滑動，在拉琴時，

聲音響亮、圓潤，提琴、胡琴等樂器都在絃線上抹松香，和嘎嘎筒抹松香的原理相同。

(三)線的質料、長短、粗細和共鳴箱的大小，都影響聲音的高低，我們可以利用這個原理，改良傳統的嘎嘎筒，使它發出悅耳的聲音，當我們在小巷裏吃烤番薯，吃棉花糖的時候，還可以欣賞嘎嘎筒美妙的聲音，那該是多麼值得回味的樂事啊！

## 八、參考資料

- (一)國民小學自然科學四上課本
- (二)科學畫刊第 25 期
- (三)小牛頓第 8 期
- (四)環華百科全書第三冊、第十五冊、第十六冊。

## 評 語

- (一)答辯佳，反應力快。
- (二)實驗過程明晰，思慮週到。
- (三)結論明確。