

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

最佳(鄉土)教材獎

081501

聽!瓶子在唱歌

臺北市信義區光復國民小學

作者姓名：

小六 陳虹儒 小六 顧浩平 小六 紀兆澤

指導老師：

鄒玉秀 嚴雅平

中華民國第 四十五 屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：自然科



組 別：國小組

作品名稱：聽！瓶子在唱歌

關鍵詞：空氣柱、氣音、弧形內縮圓瓶



編 號：



目錄

壹、摘要	2
貳、研究動機	2
參、研究目的	2
肆、研究設備及器材	2
伍、研究過程與方法	3
陸、研究結果	10
柒、討論	19
捌、結論	21
玖、參考資料	21

聽！瓶子在唱歌

壹、摘要

瓶子發聲是因氣流進入瓶內後，從瓶底反射到瓶口時，卻部分被瓶口的嘴唇阻擋，跟新吹進來的氣流結合成一股更強的氣流重新灌入瓶中，這現象一直重複，最後就形成一個非常大振動的空氣柱，也就是我們聽到的聲音。

吹瓶子發聲，瓶口最好置於下嘴唇下方，使瓶口的覆蓋面積達 1/2，並以 40° ~ 50° 角輕吹，不用太大力。

能發出聲音的瓶子，瓶口直徑要介於 1.4 cm ~ 3.5 cm 之間，瓶身不能太高，而且圓形瓶優於方形瓶，弧形內縮瓶也比錐形內縮瓶好發聲。

規則的直統中空圓柱，空氣柱的長短和音高成反比，每個音階間的位差非常規則。600 cc 弧形內縮圓寶特瓶類似規則的直統中空圓柱，大小適中，加入不等量的水，可以調製出各種音階吹奏樂曲，是讓瓶子唱歌理想的材料。

貳、研究動機

有次上課時，突然傳來了一陣類似嗚~的聲音，大家紛紛抬頭尋找聲音的來源，原來是有人閒來無事正在吹寶特瓶，只見那人把嘴唇湊近瓶口一吹，就發出聲音，好厲害喔！

六上翰林版自然與生活科技第一單元「聲音與樂器」提及物體振動會產生聲音，而且可以收集身邊不同的材料來製作簡易樂器。吹瓶子為什麼會發出聲音呢？於是我們三人也拿起寶特瓶紛紛效尤，想一窺吹瓶子發聲的奧秘，卻常吹出呼~呼~的氣音，發覺要把瓶子吹出聲音沒有想像中容易，要每一次都讓瓶子發出嗚~這樣清亮好聽的聲音更難。怎樣吹才能讓瓶子發出聲音？怎樣的瓶子較易吹出聲音？於是我們決定玩一玩吹瓶子遊戲，讓瓶子來唱歌。

我們又怕用嘴吹瓶子不夠客觀，於是用摩托車內胎、三通、膠管、凡而、錐形吹嘴、打氣筒製作一個簡易氣囊（如圖），發出穩定的氣流，希望能解決一些用嘴吹瓶子發聲所不易察覺到的問題。



參、研究目的

- 一、為什麼吹瓶子能發聲？
- 二、如何吹才能讓瓶子發出聲音？
- 三、怎樣的瓶子較易發聲？
- 四、如何用瓶子調製音階？
- 五、如何讓瓶子唱歌？

肆、研究器材

音頻計、寶特瓶、玻璃瓶、瓷瓶、燒杯、燒瓶、滴管、原子筆蓋、水、沙子、麵粉、綠豆、米粒、棉花、保利龍、醬油膏、洗碗精、摩托車內胎、三通、透明膠管、凡而（活門）、打氣筒、錐形吹嘴、塑膠尺、鐵尺、厚紙板、棉布、膠帶、絲襪、量角器、試管、試管架、游標尺、紅墨水、漏斗、藥用酒精（消毒用）。

伍、研究過程與方法

一、吹瓶子為什麼會發出聲音？

(一) 是氣流使瓶子振動而發聲嗎？

1、準備塑膠瓶、寶特瓶、玻璃瓶、瓷瓶各一個。

2、對著這些空瓶的瓶口吹氣，聽一聽會不會發出聲音，並用手觸摸瓶身，感覺瓶身振動與否。



(二) 是氣流使瓶內的空氣振動而發聲嗎？

1、把寶麗龍碎屑，倒入玻璃瓶中。

2、對著玻璃瓶口吹氣，使瓶子發聲，觀察寶麗龍碎屑的運動情形。

(三) 瓶口部分覆蓋是瓶子發聲的必要條件嗎？

1、嘴唇不接觸瓶口，對著瓶口吹氣，聽瓶子是否發聲。

2、觀察嘴唇貼近瓶口吹氣發聲時，嘴唇是否覆蓋瓶口。

3、嘴唇不接觸瓶口，把手指橫放於瓶口上，覆蓋部分瓶口，對著瓶口吹氣，看瓶子是否發聲。



嘴唇不接觸瓶口

嘴唇貼近瓶口

手指橫放於瓶口

(四) 找出瓶口必須部分覆蓋的原因。

1、簡易氣囊灌飽氣後，錐形吹嘴分別對著用塑膠尺、用鐵尺、用厚紙板、用棉布、用膠帶部分覆蓋的瓶口吹氣，看能否吹出聲音，並觀察這些覆蓋物是否會振動。

2、用絲襪覆蓋部分瓶口，把錐形吹嘴對著瓶口吹氣，看能否吹出聲音。

3、空瓶內裝入靜止寶麗龍碎屑，用膠帶部分覆蓋瓶口後，把錐形吹嘴對著瓶口吹氣，觀察部分寶麗龍碎屑是否被膠帶阻擋而黏在膠帶上。



塑膠尺覆蓋



鐵尺覆蓋



厚紙板覆蓋



棉布覆蓋



絲襪覆蓋



膠帶覆蓋
瓶內裝寶麗龍碎屑

二、如何吹才能讓瓶子發出聲音？

(一) 嘴唇的位置

- 1、三人分別對著同一支寶特瓶吹氣，瓶口貼近嘴唇上、嘴唇中和嘴唇下方各吹氣五次。
- 2、測出以上三種嘴唇位置各覆蓋瓶口面積的幾分之幾，並感覺哪一種嘴唇的位置最好吹。
- 3、以隨機抽樣的方式，請學校同學吹瓶子，觀察多數同學們吹瓶子發聲時嘴唇與瓶口的位置並記錄之。



嘴唇上



嘴唇中



嘴唇下

4、找出瓶口最適合覆蓋面積

- (1) 準備瓶口大小不同的三個空瓶，量出瓶口直徑。
- (2) 分別在空瓶口上覆蓋膠帶，膠帶覆蓋的面積分別為瓶口的 $\frac{2}{3}$ 、 $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{1}{3}$ 和 $\frac{1}{4}$ 。
- (3) 簡易氣囊充氣後，分別對著上述瓶口覆蓋著不同面積膠帶的空瓶吹氣，比較哪一種覆蓋面積發出來的聲音較清亮，沒有氣音。

註：氣音就是無法發出「嗚」的聲音，且音頻計無法測出音頻。



(二) 吹氣的角度

- 1、三人分別以直吹（嘴巴與瓶口角度小，約 25° ）、斜吹（嘴巴與瓶口角度中等，約 45° ）、平吹（嘴巴與瓶口角度大，約 70° ）等不同角度對同一個瓶子吹氣五次。
- 2、聽一聽三種吹氣角度是否發聲，並感覺哪一種吹氣角度最好吹。
- 3、以隨機抽樣的方式，請學校同學吹瓶子，觀察多數同學們吹瓶子發聲時嘴唇與瓶口的角度並記錄之。



直吹



斜吹



平吹



4、找出最適合的吹氣角度。

- (1) 在上述空瓶口覆蓋 1/2 面積膠帶。
- (2) 簡易氣囊充氣後，對著空瓶吹氣，吹氣的角度分別為 0° 、 10° 、 20° 、 30° 、 40° 、 50° 、 60° 、 70° 、 80° 、 90° ，比較哪一種角度發出的聲音較清亮，找出最適合吹氣的角度。



(三) 吹氣大小

- 1、三人分別以大（腮幫子圓鼓）、中（腮幫子稍鼓）、小（腮幫子平平）等不同力氣對同一個瓶子吹氣五次。
- 2、聽一聽哪一種吹氣大小能發聲，並感覺哪一種吹氣大小較好發聲。



大力（腮幫子圓鼓）



中力（腮幫子稍鼓）



小力（腮幫子平平）

三、怎樣的瓶子較易發聲？

(一) 瓶口大小不一的瓶子

- 1、收集數個瓶口大小不一的瓶子，例如：原子筆蓋、試管、藥罐、燒瓶、燒杯等，測出其直徑。
- 2、對著每個瓶口吹氣，看是否能發出聲音。
- 3、找出能發聲的瓶口，最大、最小的直徑大約是多少。



(二) 瓶身高矮不一的瓶子

- 1、收集材質相同、形狀類似，但高度不同的六組瓶子。
- 2、測量各組瓶子的高度後，分別用大、中、小力對其吹氣 15 次，觀察比較瓶子高矮和發聲的關係。



第一組



第二組



第三組



第四組



第五組



第六組

(三) 形狀不同的瓶子

1、圓瓶與方瓶

- (1) 收集材質、高度、容量相同，但形狀分別為圓形和方形的三組瓶子，三人共對其吹氣 15 次，比較是圓形瓶容易發聲，還是方形瓶容易發聲？並注意聽何者發出的聲音較清亮。



第一組



第二組

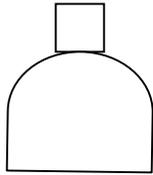


第三組

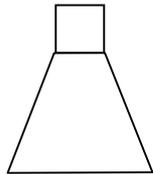
2、弧形內縮瓶和錐形內縮瓶

- (1) 收集材質、高度、容量相同，但瓶身上圍分別為弧形內縮和錐形內縮三組圓形瓶子。
- (2) 分別在以上三組瓶子裝滿水，不斷減水 10 cc 吹氣測試，直至瓶身不再內縮，測試兩種瓶子在內縮處不能發聲（氣音）的次數，比較兩者發聲的難易。

弧形內縮瓶



錐形內縮瓶



第一組

第二組

第三組

(四) 不同內容物的瓶子

- 1、收集綠豆、米粒、沙子、麵粉、棉花、寶麗龍塊、黏稠麵糊、醬油膏、洗碗精等不同的物質作為瓶子的填充物。
- 2、寶特瓶中以水為內容物測出 A 音，同樣的寶特瓶中分別裝入與 A 音的水同高的綠豆、米粒、沙子、麵粉、棉花、寶麗龍塊、黏稠麵糊、醬油膏、洗碗精。
- 3、分別對著裝有上述 9 種物質的瓶子吹氣，並和水吹出來的 A 音作比較。



綠豆



米粒



沙子



麵粉



棉花、寶麗龍塊



黏稠麵糊



醬油膏



洗碗精

四、如何用瓶子調製音階？

(一) 規則的直統中空圓柱（以試管為例）

- 1、在 7 支一模一樣直統中空的試管中，分別倒入不同的水量，調製出高低不等的空氣柱，再對著試管口吹氣，並輔以音頻計，一一的測出基本的七個音階。
- 2、每測出一個音階，即用游標尺量出瓶內的空氣柱長短並加以紀錄，但因空氣柱長短差異不大，不易測量，改用共鳴空間（先測出總容積，再扣除水量）來測量，觀察空氣柱長短和音高的關係。



(二) 600 cc 弧形內縮圓寶特瓶

- 1、收集 600 cc 弧形內縮圓寶特瓶 7 支，在瓶中倒入不同的水量吹氣，再輔以音頻計，看能否一一的測出基本的七個音階。
- 2、每測出一個音階，即計算瓶內的共鳴空間並加以紀錄，觀察音階與水位間是否有規律性。



五、怎樣讓瓶子唱歌？

- (一) 以 600 cc 弧形內縮圓寶特瓶為材料，在瓶中倒入不同的水量吹氣，再輔以音頻計，一一的測出基本的七個音階。
- (二) 準備簡單樂譜，三人組成一小樂團，以寶特瓶為樂器吹奏樂曲。



陸、研究結果

一、吹瓶子為什麼會發出聲音？

(一) 是氣流使瓶子振動而發聲嗎？

1、表 1：瓶身振動與否觀察

瓶子種類	塑膠瓶	寶特瓶	玻璃瓶	瓷瓶
發聲	✓	✓	✓	✓
瓶身振動	✓	✓	×	×

2、發現：吹瓶子時，玻璃瓶、瓷瓶的瓶身並沒有振動卻也會發聲，所以吹瓶子會發聲並不是因為瓶子振動。

(二) 是氣流使瓶內的空氣振動而發聲嗎？

1、結果：吹氣時瓶內的保麗龍碎屑先是靜止不動，接著隨著氣流盤旋而上，最後順著一定方向不斷翻騰，部分甚至飛出瓶外。



2、推論：往瓶內吹氣時，一股氣流灌進瓶內，碰到瓶底後再往上反射，此時氣流尚弱，所以保麗龍碎屑靜止不動，當氣流回到瓶口時，部分會流出瓶外，部分跟新吹進去的氣流相結合，重新灌入瓶中，如此一直重複，最後形成一個不斷振動的空氣柱，也就是我們聽到的聲音。

(三) 覆蓋部分瓶口是瓶子發聲的必要條件？

1、表 2：瓶口覆蓋與否與發聲的關係

嘴唇與瓶口位置	嘴唇不接觸瓶口	瓶口貼近嘴唇	嘴唇不接觸瓶口 手指橫放瓶口上
瓶口覆蓋情形	不覆蓋	稍微覆蓋	部分覆蓋
是否發聲	否	是	是

2、平常吹瓶子時感覺不到嘴唇有覆蓋瓶口，但仔細觀察，嘴唇其實有部分覆蓋在瓶口上。



3、瓶口一定要部分覆蓋才能發出聲音，所以覆蓋部分瓶口是瓶子發聲的必要條件。

(四) 吹瓶子發聲瓶口必須部分覆蓋的原因。

1、表 3：各種覆蓋物與發聲的關係

覆蓋物	塑膠尺	鐵尺	厚紙板	棉布	膠帶	絲襪
發聲否	√	√	√	√	√	×
覆蓋物振動否	×	×	×	√	√	√
瓶內加寶麗龍碎屑					部分寶麗龍碎屑被膠帶阻擋，黏在膠帶上，部分從瓶口飛出。	

2、發現：

- (1) 塑膠尺、鐵尺、厚紙板、棉布、膠帶當覆蓋物，都能使瓶子發聲，但是塑膠尺、鐵尺、厚紙板本身卻沒有振動，所以瓶口覆蓋物的功用並不是在振動。
- (2) 瓶內的寶麗龍碎屑會被膠帶阻擋而黏在膠帶上，所以覆蓋物的功用是阻擋氣流。
- (3) 絲襪當覆蓋物不能使瓶子發聲，推測是因為絲襪有洞，不能阻擋氣流。



寶麗龍碎屑黏在透明膠帶上

二、如何吹才能讓瓶子發聲？

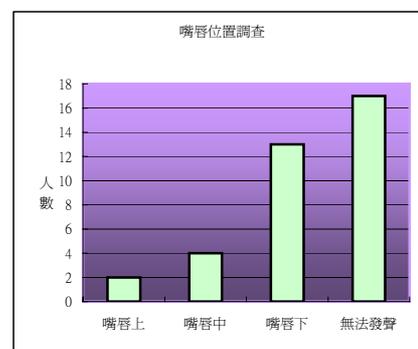
(一) 嘴唇的位置

1、表 4：嘴唇位置與發聲的關係

發聲結果	嘴唇位置			
		嘴唇上	嘴唇中	嘴唇下
覆蓋面積		看似無覆蓋	1/3	1/2
發聲次數		15	15	15
結果		會沾到口水，較不衛生	夾些許氣音	最好吹

2、表 5：嘴唇位置調查

嘴唇位置	嘴唇上	嘴唇中	嘴唇下	無法發聲
人數	2	4	13	17



3、表 6：瓶口最適合覆蓋面積

聲 覆 蓋	直 徑	3 cm	1.8 cm	1.6 cm
	音			
2/3		幾乎是氣音	幾乎是氣音	幾乎是氣音
1/2		聲音清亮	聲音清亮	聲音清亮
1/3		氣音較多	氣音較多	氣音較多
1/4		幾乎都是氣音	幾乎都是氣音	幾乎都是氣音

4、發現：

- (1) 瓶口貼近嘴唇上、中、下吹氣都可以發出聲音，但以嘴唇下最好吹，其覆蓋瓶口的面積約 1/2。
- (2) 吹瓶子發聲看似簡單，卻有半數左右的人無法讓瓶子發聲。能讓瓶子發聲的人，瓶口置於嘴唇下吹佔多數。
- (3) 用簡易氣囊測試，瓶口最適合覆蓋面積為 1/2，與嘴唇下（覆蓋面積為 1/2）最好吹相吻合，所以吹瓶子時瓶口最好置於下嘴唇下方。

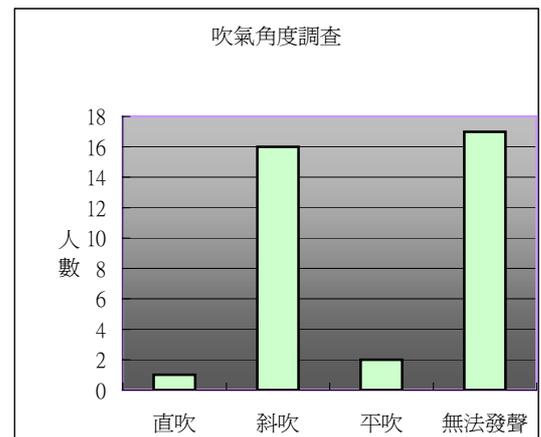
(二) 吹氣的角度

1、表 7：吹氣角度與發聲的關係

吹氣角度 \ 發聲結果	直吹 (約 25°)	斜吹 (約 45°)	平吹 (約 70°)
發聲次數	15	15	15
結果	頭刻意低下	最好吹	下巴刻意上揚

2、表 8：吹氣角度調查

嘴唇位置	直吹	斜吹	平吹	無法發聲
人數	1	16	2	17



3、表 9：最適合的吹氣角度

吹氣角度	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
發聲	無法發聲	都是氣音	氣音較 10° 少	氣音較 20° 少	聲音清亮	聲音清亮	有氣音	氣音較 60° 多	吹不出聲音	無法發聲

4、發現：

- (1) 直吹、斜吹、平吹雖然都能使瓶子發聲，但以斜吹姿勢最自然，最好發聲。
- (2) 大多數人吹瓶子發聲的吹氣角度都用 45° 斜吹。
- (3) 用簡易氣囊檢查，最好的吹氣角度是介於 40° ~ 50° 之間，跟 45° 斜吹最好發聲相吻合，所以吹瓶子發聲最好的吹氣角度是 45° 斜吹。

(三) 吹氣的大小

1、表 10：吹氣大小與發聲的關係

吹氣大小	 大	 中	 小
發聲結果			
發聲次數	0	15	15
結果	無法發聲	可發聲	可發聲

2、發現：中力和小力可以讓瓶子發出聲音，大力反而不能讓瓶子發聲，所以想讓瓶子發聲只要用中、小力吹即可。

三、怎樣的瓶子較易發聲？

(一) 瓶口大小不一的瓶子

1、表 11：各種瓶口大小與發聲的關係

種類	滴管	原子筆蓋	試管	米酒瓶	保特瓶	燒瓶	玻璃罐	藥瓶	燒杯
直徑	0.2 cm	0.6 cm	1.4 cm	1.8 cm	2.3 cm	2.5 cm	3.5 cm	4.1 cm	5.5 cm
發聲否	X	√	√	√	√	√	√	X	X
發聲難易	X	△	○	○	○	○	○	X	X

√：可發聲 X：不可發聲 ○：好發聲 △：不好發聲

2、發現：

- (1) 容易發聲的瓶子，瓶口直徑最好介於 1.4 cm~3.5 cm之間。
- (2) 瓶口太小，空氣進不去，不能發聲；瓶口太大，空氣容易跑掉，不能發聲。



(二) 瓶身高矮不一的瓶子

1、表 12：瓶高與發聲的關係

組別		一		二		三		四		五		六	
高矮瓶													
瓶高		10	14	8	15	23	31	23	31	15	31	18	23
吹氣大小	大	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	中	5	5	5	5	5	0	5	0	5	0	5	5
	小	0	5	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5
發聲次數		10	10	10	10	10	5	10	5	10	5	10	10
發聲難易		易	易	易	易	易	難	易	難	易	難	易	易

2、結果：

- (1) 瓶身越高，發聲越困難，而且要用小力吹才能發聲。
- (2) 瓶身短和瓶身中等的瓶子較容易發聲，但瓶身短要用中、大力吹才能發聲；瓶身中等要用中、小力吹。

(三) 形狀不同的瓶子

1、表 13：圓瓶與方瓶發聲難易比較

組別	一		二		三	
圓、方瓶						
發聲次數	15	10	15	14	14	9
發聲難易	易	難	易	易	易	難
聲音特質	清亮	夾雜氣音	清亮	夾雜氣音	低沉	夾雜氣音

2、表 14：弧形內縮瓶與錐形內縮瓶發聲難易比較

組別		一		二		三	
弧形內縮瓶 與 錐形內縮瓶							
吹 氣 測 試	10 cc	✓	✓	✓	×	✓	×
	20 cc	×	✓	✓	×	✓	×
	30 cc	✓	✓	✓	×	✓	×
	40 cc	×	✓	✓	✓	✓	×
	50 cc	✓	✓	✓	✓	✓	×
	60 cc	✓	✓	✓	✓		
	70 cc	✓	✓	✓	✓		
	80 cc	✓	×	✓	✓		
	90 cc	✓	×	✓	×		
	100~	✓	✓	✓	✓		
氣音次數		2	2	0	4	0	5
發聲難易		難	難	易	難	易	難

3、發現：

- (1) 圓瓶比方瓶易於發聲，圓瓶發出的聲音較清亮，方瓶發出的聲音會夾雜氣音。
- (2) 弧形內縮瓶比錐形內縮瓶易於發聲，比較不會產生氣音。

(二) 不同內容物的瓶子

1、表 15：不同內容物的瓶子與發聲的關係

種類 項目	綠 豆	米 粒	沙 子	麵 粉	棉 花	寶 麗龍	清 水	麵 糊	醬 油膏	洗 碗精
發聲否	X	X	X	X	X	X	✓	✓	✓	✓
音高	X	X	X	X	X	X	A	A	A	A
備註								跟清水一樣好吹		

2、發現：

- (1) 瓶子發聲除了用水做填充物外，黏稠的醬油膏等液體都跟水一樣好吹、好發聲。
- (2) 綠豆、米粒、沙子、麵粉、棉花、寶麗龍塊都不能使瓶子發聲，推測是因為其顆粒間有空隙或是太軟，聲波會跑掉或被吸收而無法反射，所以無法發聲。

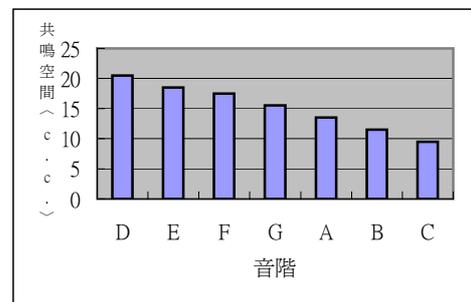
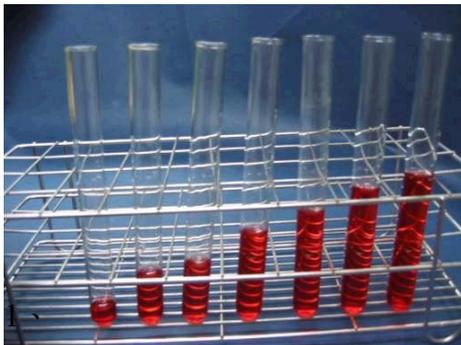
四、如何用瓶子調製音階？

註：本實驗之音高一律以 C、D、E、F、G、A、B 等音名表示，代替 Do、Re、Mi、Fa、Sol、La、Si 等唱名。

(一) 規則的直統中空圓柱

1、表 16：規則的直統中空圓柱共鳴空間和音高的關係

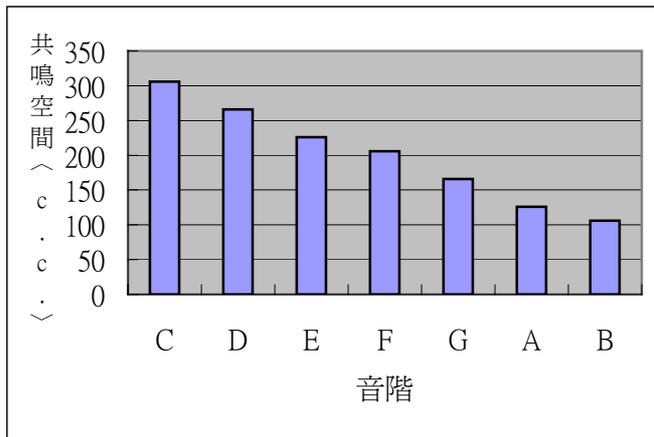
音階	D	E	F	G	A	B	C
共鳴空間 (cc)	20.5	18.5	17.5	15.5	13.5	11.5	9.5
位差 (cc)		2	1	2	2	2	
備註		全音	半音	全音	全音	全音	全音
		規則	規則	規則	規則	規則	規則



(二) 600 cc弧形內縮圓寶特瓶

1、表 17：600 cc寶特瓶共鳴空間和音高的關係

音階	C	D	E	F	G	A	B
共鳴空間 (cc)	306	266	226	206	166	126	106
位差 (cc)		40	40	20	40	40	20
備註		全音	全音	半音	全音	全音	全音
		規則	規則	規則	規則	規則	不規則



(三) 結果歸納：

- 1、規則的直統中空圓柱瓶，空氣柱的長短（共鳴空間大小）和音高成反比，空氣柱越短，音越高；反之，空氣柱越長，音越低。每個音階間的位差非常規則，以試管為例，每個全音之間位差 2 cc，半音 1 cc。
- 2、以 600 cc 弧形內縮圓寶特瓶調製音階，每一個全音差 40 cc，半音差 20 cc，只有接近瓶口上端時，A、B 之間是全音，卻只差 20 cc，所以 600 cc 弧形內縮寶特瓶類似規則的直統中空圓柱，相當適合用來調製基本音階讓瓶子唱歌。

五、如何讓瓶子唱歌？

- (一) 600 cc 弧形內縮圓寶特瓶調製出七個基本音階後，由小蜜蜂、小星星等簡單的曲目開始吹奏，並逐一挑戰歡樂頌、丟丟銅仔等較高難度、有升降音的曲子。



柒、討論

一、瓶子發聲為何要有覆蓋物阻擋氣流？

(一) 找一支瓶身稍軟的塑膠瓶，部分覆蓋瓶口後，用簡易氣囊對著瓶口吹氣，用手觸摸瓶身，感覺瓶身的振動情形。

(二) 上述塑膠瓶撕去覆蓋物，用簡易氣囊對著完全沒有覆蓋的瓶口吹氣，用手觸摸瓶身感覺瓶身的振動情形，並與(一)比較。

1、結果：

瓶口狀況	部分覆蓋	完全沒有覆蓋
瓶身振動	振動明顯	沒有振動



2、發現：有部分覆蓋的瓶子，吹氣後，

瓶身振動明顯；完全沒有覆蓋的瓶子，吹氣後，瓶身沒有振動。

3、結論：瓶口的覆蓋物阻擋氣流是爲了把從瓶底反射到瓶口的氣流擋在瓶內，跟新吹進來的氣流結合成更大的氣流，形成更強的振動而發聲。

二、瓶口置於嘴唇上吹，看似無覆蓋，為何也能發聲？

瓶口置於嘴唇上吹，離上嘴唇很近，當瓶內氣流往上反射時，新的氣流在上下嘴唇間形成一道風牆，又把氣流往下帶，所以瓶口置於嘴唇上吹，其實是被新吹出來的氣流所覆蓋。



三、「瓶口直徑介於 1.4 cm ~3.5 cm 最好發聲」跟「最好的覆蓋面積是瓶口的 1/2」有相關嗎？

(一) 收集數個瓶口大小不一的瓶子，例如：滴管、試管、酒瓶、寶特瓶、藥罐、燒杯等，測出其直徑。

(二) 對著每個瓶口吹氣，看是否能發出聲音，好不好發聲。

(三) 吹氣後即停格，由旁人在瓶口標示出吹者嘴唇覆蓋的位置後再拿下瓶子，連做 5 次，算出嘴唇覆蓋瓶口的平均面積。

(四) 計算出嘴唇覆蓋的面積約是瓶口面積的幾分之幾。



(五) 表 18：瓶口直徑與覆蓋面積的關係

單位：cm

種類 項目	滴管	試管	米酒 瓶	保特瓶	燒瓶	玻璃罐	藥瓶	燒杯
直徑	0.2	1.4	1.8	2.3	2.5	3.5	4.1	5.5
可發聲	X	√	√	√	√	√	X	X
好發聲	X	○	○	○	○	○	X	X
嘴唇覆蓋	不易計算	0.7	0.9	1.1	1.2	1.7	1.7	1.7
覆蓋面積	整個覆蓋	1/2	1/2	約 1/2	約 1/2	約 1/2	4/10	3/10
備註	>1/2						<1/2	<1/2

(六) 結論：

「瓶口直徑介於 1.4 cm ~3.5 cm 最好發聲」跟「最好的覆蓋面積是瓶口的 1/2」是一樣的意思。瓶口小於 1.4 cm，嘴唇覆蓋面積會超過 1/2；瓶口大於 3.5 cm，嘴唇覆蓋面積會不足 1/2，都不能發聲。

四、為何瓶身越高，要用小力吹才能發聲？瓶身越短，用中、大力吹才能發聲？

我們認為瓶子發聲空氣柱的振動是主要因素外，瓶內共鳴空間大小也有關。瓶身越高，瓶本身的共鳴效果已很好，所以只要輕吹即可；瓶身越短，瓶本身的共鳴空間較不足，所以要用力吹。

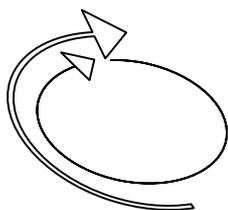
五、圓形瓶為何比方形瓶容易發聲？

(一) 準備兩支高度差不多的圓形瓶與方形瓶，分別放入寶麗龍碎屑後，瓶口貼上 1/2 覆蓋物，利用簡易氣囊對著瓶口吹氣，觀察瓶內寶麗龍碎屑運動的情形，並加以比較。

(二) 附耳傾聽，兩支瓶內寶麗龍碎屑運動時是否發出雜音。

(三) 結果：

- 1、圓形瓶內的寶麗龍碎屑非常規律的盤旋而上，會發出寶麗龍碎屑碰撞瓶壁的輕微雜音。
- 2、方形瓶內的寶麗龍碎屑呈上下的旋轉，明顯會發出寶麗龍碎屑碰撞瓶壁的啪啪聲。



盤旋而上



上下旋轉

(四) 推論：

圓形瓶身因沒有角度，氣流反射均勻，空氣柱規律緊密，所以較易發聲；方形瓶身因有角度，氣流反射不均勻，易與瓶壁碰撞，所以不易發聲。

六、錐形內縮瓶，為何容易產生氣音？

吹瓶子之所以能夠發出聲音，是因為吹進去的氣流在瓶內不斷反射，進而形成空氣柱才能發出聲音，而錐形內縮瓶，灌入的氣流反射上來時會撞到瓶身狹窄的內縮部分，氣流因此被干擾成為亂流，所以易發出氣音。

捌、結論

- 一、吹瓶子會發聲是因為吹進瓶內的氣流從瓶底反射到瓶口，被瓶口的嘴唇阻擋，跟新吹進來的氣流結合成一股更強的氣流重新灌入瓶中。如此一直重複，最後就形成一個非常大振動的空氣柱，也就是我們聽到的聲音。
- 二、半數左右的人不能把瓶子吹出聲音。想用嘴吹出好聽的聲音，瓶口最好置於下嘴唇下方，使瓶口的覆蓋面積達 $1/2$ ，並以 $40^\circ \sim 50^\circ$ 角用中、小力吹，不用太大力，越大的瓶子因本身共鳴空間夠，更要小力吹。
- 三、能發出好聽聲音的瓶子，瓶口直徑要介於 $1.4 \text{ cm} \sim 3.5 \text{ cm}$ 之間，瓶身不能太高，而且圓形瓶優於方形瓶，弧形內縮瓶又比錐形內縮瓶好發聲。
- 四、調製音階時，除用水外，像醬油膏、麵糊等黏稠液體都可以做瓶子發聲的填充物。但是沙子、綠豆等有間隙的填充物無法均勻反射聲波，麵粉、棉花又太軟，都不適合做瓶子發聲的填充物。
- 五、規則的直統中空圓柱瓶，空氣柱的長短和音高成反比，空氣柱越短，音越高；反之，空氣柱越長，音越低，而且每個音階間的位差非常規則。
- 六、600 cc 弧形內縮圓寶特瓶類似規則的直統中空圓柱瓶，大小適中，加入不等量的水，可以調製出各種音階來吹奏歡樂頌、丟丟銅仔等歌曲，是讓瓶子唱歌理想的材料。

玖、參考資料

- 一、休伊特（民 93）。**觀念物理IV 聲學.光學**。（陳可崗譯）。臺北市：天下文化。（原著出版年：2001 年）
- 二、蕭淑美（主編）（民 76）。**自然科學彩色辭典 4 物理化學**。台北市：華視出版社。
- 三、E. Richard Churchill, Louis V. Loesching and Muriel Mandell（2003）。**365 個簡單有趣的科學遊戲**（林佳蓉譯）。臺北市：方智。（原著出版年：1999 年）
- 四、空氣柱共振（無日期）。取自 http://knight.fcu.edu.tw/~tslin/course_unit/pet%0music.pdf-161k

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國小組 自然科

最佳(鄉土)教材獎

081501

聽!瓶子在唱歌

臺北市信義區光復國民小學

評語：

以常用寶特瓶為實驗工具利用打氣筒製作一個簡易氣囊，發出穩定的氣流發現規則的直統中空圓柱，空氣柱的長短和音高成反比，本實驗頗具鄉土教材。