

# 會唱歌的杯子

## 初小組物理科第三名

台南師院實驗國民小學

作者：顏孝聰、顏孝樵

指導教師：吳咏吟、蔣杏嬌

### 一、研究動機

看了影片中的馬蓋先用手指在杯口一劃，就會發出美妙的聲音，我們也能做到嗎？又請教會變魔術的外公，他說：「有可能。」上學期剛學過自然課第四單元「聲音的大小高低」，更激發了我們做「杯子唱歌的研究」。杯子為什麼會唱歌呢？什麼樣的杯子唱得最大聲？還有…這些問題實在很有趣啊!! 於是我們倆就開始這快樂的實驗。

### 二、研究目的

- (一)研究杯子發聲的原理。
- (二)觀察杯子的硬度、形狀、高度與其發聲的關係。
- (三)研究如何改變杯子發聲音調的方法。
- (四)以杯子製作簡單樂器。
- (五)從遊戲中加以觀察、比較、研究、記錄、分析，激發科學的精神及細心耐心的態度。

### 三、研究器材設備

- (一)沙拉油、水、洗碗精、酒精。
- (二)測頻器、三樑天平、礦物簡易識別器、玻璃杯、滴管、量杯、燒杯、尺、報紙、錄音機、鬆緊帶、針線、剪刀、膠水。

## 四、研究過程及結果

### (一)實驗一

- 1.待答問題：手沾上那一種液體杯子會發出聲音？
- 2.研究假設：手沾上水或酒精比沾其他液體較會發出聲音。
- 3.實施步驟：
  - (1)將手和杯子洗乾淨，然後擦乾。
  - (2)手分別沾上水、沙拉油等液體，然後在同一玻璃杯口用手掌摩擦六次。
  - (3)用「測頻器」測量杯子發出的聲音。
- 4.結果分析：由表一得到下列結果：
  - (1)洗碗精：沙拉油太滑，影響摩擦，不能發出聲音。
  - (2)手沾上水、酒精很容易發出聲音，實驗結果支持了研究假設。

表一 手沾各種液體摩擦杯口發聲情形

各種液體	水	沙拉油	洗碗精	酒精
發出聲音	○	×	×	○
備註	○→有聲音    ×→無聲			

### (二)實驗二

- 1.待答問題：杯子發出聲音是空氣柱振動，還是因摩擦使杯子四周產生振動？
- 2.研究假設：杯子發出聲音是杯子四周產生的振動。
- 3.實施步驟：
  - (1)選擇三個高度不同的玻璃杯，第一個杯子的內部的高度為 13.4 公分，內部口徑為 5.2 公分；第二個杯子的內部的高度為 10.0 公分，內部口徑為 5.4 公分；第三個杯子內部高度為 7.0 公分，內部口徑為 5.9 公分。
  - (2)將報紙捲成不同大小實心圓柱（大小如表二），放置杯中。
  - (3)與實驗一相同的方法摩擦杯口。

4. 結果分析：由表二、三、四得到下列結果：

(1) 每一組空杯所發出的聲音與放置紙捲圓柱的杯子所發出的聲音是一樣的。

(2) 杯子發出的聲音不是因空氣柱振動所致，而是杯子四周產生振動的關係，支持了本實驗的研究假設。

表二 摩擦空杯及放置紙捲圓柱的杯子發聲情形(1)

玻璃杯 杯內紙捲 圓柱大小	空 杯 高 13.4 公分 口徑 5.2 公分	放置紙捲 圓柱的杯子 1	放置紙捲 圓柱的杯子 2	放置紙捲 圓柱的杯子 3
	無	高 13.2 公分 口徑 1.5 公分	高 13.2 公分 口徑 3.5 公分	高 13.2 公分 口徑 5.0 公分
結 果				
音的高低	カ Y	カ Y	カ Y	カ Y
備 註	中央カを爲準			

表三 摩擦空杯及放置紙捲圓柱的杯子發聲情形(2)

玻璃杯 杯內紙捲 圓柱大小	空 杯 高 10.0 公分 口徑 5.4 公分	放置紙捲 圓柱的杯子 1	放置紙捲 圓柱的杯子 2	放置紙捲 圓柱的杯子 3
	無	高 9.8 公分 口徑 1.5 公分	高 9.8 公分 口徑 3.5 公分	高 9.8 公分 口徑 5.0 公分
結 果				
音的高低	井口 ハ	井口 ハ	井口 ハ	井口 ハ
備 註	中央カを爲準			

表四 摩擦空杯及放置紙捲圓柱的杯子發聲情形(3)

玻璃杯 杯內紙捲 圓柱大小	空 杯 高 7.2 公分 口徑 5.9 公分	放置紙捲 圓柱的杯子 1	放置紙捲 圓柱的杯子 2	放置紙捲 圓柱的杯子 3
結 果	無	高 7.0 公分 口徑 1.5 公分	高 7.0 公分 口徑 3.5 公分	高 7.0 公分 口徑 5.0 公分
音的高低	♯△ 乙	♯△ 乙	♯△ 乙	♯△ 乙
備 註	中央乙為準			

### (三)實驗三

1. 待答問題：同硬度、同形狀、同口徑、同厚度，不同高度的杯子，摩擦出來的聲音是不是一樣？
2. 研究假設：同硬度、同形狀、同口徑、同厚度，高度較高的杯子，摩擦出來的聲音較低，高度較低的杯子，摩擦出來的聲音較高。
3. 實施步驟：
  - (1)以尺測量杯子的高度、口徑及厚度。
  - (2)以四年級上學期第三單元「礦物」所學到的硬度原理，用「礦物簡易識別器」測量杯子的硬度。
  - (3)將手和杯子洗乾淨，然後手沾水在杯口摩擦六次。
  - (4)用「測頻器」測量杯子發出的聲音。
4. 結果分析：由表五得到下列結果：
  - (1)第一組及第二組高度高的杯子聲音均低，高度低的杯子聲音均高。本結果可說明：杯子的四周就像琴絃，高度較高的杯子，其絃較長，所發出的聲音較低，高度較低的杯子，其絃較短，所發出的聲音較高。
  - (2)杯子的高度與聲音的高低有關係，支持本實驗的研究假設。

表五 摩擦不同高度杯子發聲情形

組別 杯子 形狀 結果	第一組		第二組	
		口徑 5.6公分 高度11.3公分 硬度 5.0	口徑 5.6公分 高度14.2公分 硬度 5.0	口徑 7.2公分 高度 7.8公分 硬度 5.0
音的高低	井日 レ	日 レ	井△ 乙	△ 乙
比較	音比較高	音比較低	音比較高	音比較低
備註	中央カ乙爲準			

#### (四)實驗四

- 1.待答問題：同硬度、同高度、同口徑、同厚度，不同形狀的杯子，摩擦出來的聲音是不是一樣？
- 2.研究假設：同硬度、同高度、同口徑、同厚度，不同形狀的杯子，摩擦出來的聲音不一樣。
- 3.實施步驟：與實驗三相同。
- 4.結果分析：由表六得到下列結果：
  - (1)形狀不同會影響杯子的聲音。
  - (2)第二組第二杯子四周有扭轉的形式，以耳可聽出兩種音高，音色很美，因爲杯子四周就像琴絃，琴絃扭曲，聲音隨改變。
  - (3)十角形及八角形杯子，其四周有折轉現象，因此，影響其發聲，而有雜音出現。
  - (4)本實驗結果支持了研究假設。

表六 摩擦不同形狀杯子發聲情形

組別	第一組		第二組		第三組	
編號	1	2	1	2	1	2
杯子形狀	高脚杯	上寬下窄杯	十角形	四周扭轉形	八角形	圓筒形
口徑	6.9公分	6.9公分	6.5公分	6.5公分	6.5公分	6.5公分
高度	14.3公分	14.3公分	8.3公分	8.3公分	11.8公分	11.8公分
硬度	6.0	6.0	5.0	5.0	6.0	6.0
音的高低	# ㄉ ㄊ	ㄉ ㄏ	# ㄉ ㄊ	ㄉ ㄊ	ㄉ ㄏ	# ㄉ ㄏ
備註			有雜音	以耳可聽出兩種聲音	有雜音	

(五)實驗五

- 待答問題：同形狀、同口徑、同高度、同厚度，品牌不同的杯子，摩擦出來的聲音是不是一樣？
- 研究假設：同形狀、同口徑、同高度、同厚度，品牌不同的杯子，摩擦出來的聲音不一樣。
- 實施步驟：(1)用三樑天平測量每個杯子重量。  
(2)其餘步驟與實驗三同。
- 結果分析：由表七得到下列結果：
  - 品牌不同的杯子因為重量不同會影響聲音的高低，但音高相差不大。
  - 本實驗結果，支持了本實驗的研究假設。

表七 摩擦不同品牌玻璃杯發聲情形

組別	第一組		第二組	
杯子形狀	口徑 5.5公分 高度14.3公分 硬度 6.0	口徑 5.5公分 高度14.3公分 硬度 6.0 克	口徑 6.7公分 高度 7.8公分 硬度 6.0	口徑 6.7公分 高度 7.8公分 硬度 6.0
結果	重量 185.2克	重量198.44克	重量131.65克	重量135.55克
音的高低	ㄏ ㄊ	ㄉ ㄎ	ㄏ ㄊ	# ㄏ ㄊ
	日 製	台 製	台 製	泰 製

### (六)實驗六

- 1.待答問題：同一個杯子加不同的水，摩擦出來的音高是不是一樣？
- 2.研究假設：同一個杯子加不同的水，摩擦出來的音高不一樣。
- 3.實施步驟：
  - (1)用量杯分別加入 20cc、40cc、60cc、80cc、100cc 等的水。
  - (2)用手沾上水摩擦杯口六次，用「測頻器」測量發出的聲音。
- 4.結果分析：由表八得到下列結果：
  - (1)水裝得多，聲音愈低，音量愈小，水裝得少，聲音愈高，音量大。因為杯子的四周就像琴絃，杯子加水，水與杯子四周連結，成為較大較粗的琴絃，因此，發出的聲音就較低。
  - (2)加水到 120cc 以後，每加 20cc 時，音高有顯著降低的情形。
  - (3)加不等量的水摩擦杯子發出的音高會有改變。
  - (4)本實驗結果支持了研究假設。

表八 摩擦空杯及加水後杯子發聲情形

玻璃杯 結 果	空 杯	加 水 20cc	加 水 40cc	加 水 60cc	加 水 80cc	加 水 100cc
音的高低	カ Y	カ Y	カ Y	カ Y	＃△ 乙	＃△ 乙
玻璃杯 結 果	加 水 120cc	加 水 140cc	加 水 160cc	加 水 180cc	加 水 200cc	滿 杯 210cc
音的高低	＃△ 乙	△ 乙	＃□ Y	□ Y	＃□ 乙	＃勿 乙
備 註	音量由空杯至滿杯逐漸減弱					

### (七)實驗七

- 1.待答問題：應用實驗結果，能不能奏出一首簡單樂曲？
- 2.研究假設：應用實驗結果，能奏出一首簡單樂曲。
- 3.實施步驟：
  - (1)在五個相同大小的杯內加不等量的水。

(2)用手摩擦杯口。

4. 結果分析：由表九得到下列結果：

(1)加 200cc 的水，音高相當於比中央 $\frac{4}{2}$ 低八度的「 $\frac{4}{2}$ 」。

(2)加 180cc 的水，音高相當於比中央 $\frac{4}{2}$ 低八度的「 $\frac{4}{2}$ 」。

(3)加 150cc 的水，音高相當於「 $\frac{4}{2}$ 」。

(4)加 120cc 的水，音高相當於「 $\frac{4}{2}$ 」。

(5)空杯，音高相當於「 $\frac{4}{2}$ 」。

(6)本實驗結果支持了研究假設。

表九 利用加水杯找出簡易音調情形

編號 加入水量	1 200cc	2 180cc	3 150cc	4 120cc	5 空杯
音的高低	$\frac{4}{2}$ —	$\frac{4}{2}$ —	$\frac{4}{2}$ —	$\frac{4}{2}$ —	$\frac{4}{2}$ —
備註	音高下面加「—」者→表示低八度				

## 五、結 論

- (一)由實驗一發現：手沾水及酒精摩擦玻璃杯口比沾上沙拉油、洗碗精等液體較會發出聲音，因為沙拉油、洗碗精本身有潤滑作用，減低摩擦度，所以摩擦杯口發不出聲音。
- (二)由實驗二發現：杯子發出聲音，不是空氣柱的關係，是杯子四周的振動。
- (三)由實驗三發現：同硬度、同口徑、同形狀、同厚度，杯子高度變化對聲音的高低有影響。高度高的杯子聲音較低，高度低的杯子聲音較高。杯子的四周就像琴弦，高度較高的杯子，其弦較長，所發出的聲音較低，高度較低的杯子，其弦較短，所發出的聲音較高。
- (四)由實驗四發現：同硬度、同口徑、同高度、同厚度，不同形狀的杯子，摩擦出來的聲音不一樣。因為杯子的四周就像琴絃，多角形及四周扭轉的杯子，所發出的聲音也有改變的現象。
- (五)由實驗五發現：同硬度、同形狀、同口徑、同厚度，品牌不同（重量不同）的杯子，摩擦出來聲音不一樣，重量重的比輕的發出



聲音較高，但相差不大。

(六)由實驗六發現：加水會改變杯子振動的頻率，所以同一個杯子加不同量的水，摩擦出來的音高不一樣。水裝得多，聲音愈低，音量愈小，水裝得少，聲音愈高，音量大。因為杯子的四周就像琴絃，杯子加了水，水與杯子四周連結，成為較大較粗的琴絃，因此，發出的聲音就較低。

(七)由實驗七發現：因為加水會改變杯子振動頻率，所以在一組玻璃杯中每個玻璃杯各加入適量的水，能奏出一首簡單樂曲。

## 評 語

- 揭發物理的事實——判斷聲音的起因，能找出方法排除空氣柱的振動。
- 由複雜的變因及繁多的實驗數據中整理出簡單明確的結論。