

竹蟬變聲術

初小組物理科第二名

台北縣實踐國民小學

作者：王奕雅、李育權、林佩蓉、劉士瑜

指導教師：吳美燕、連素真

一、研究動機

在一次園遊會中，看到攤位上陳列著竹蟬，好奇的拿起來試搖一下，啊！這童玩竟然可以發出聲音，真是有趣。於是便買了一個回家研究，並到學校請教老師，在老師指導下，我們幾位好朋友進行了一連串探究活動。

二、研究目的

- 1.不同材質的面對竹蟬的聲音有什麼影響？
- 2.相同材質、不同大小的面對竹蟬的聲音會有影響嗎？
- 3.相同材質、不同厚度的面會使竹蟬的聲音改變嗎？
- 4.相同材質、不同長度的線，能使竹蟬的聲音改變嗎？
- 5.相同材質、不同粗細的線，竹蟬發出的聲音會改變嗎？
- 6.相同材質、不同長度的筒身，竹蟬發出的聲音會一樣嗎？
- 7.相同材質、不同厚度的筒身，竹蟬發出的聲音相同嗎？
- 8.不同材質的筒身，會影響竹蟬發出的聲音嗎？

三、實驗設備及器材

- 1.紙類：牛皮紙、蠟光紙、粉彩紙、宣紙、報紙、彩色描圖紙、牛皮紙膠帶、透明膠帶、白報紙、玻璃紙、圖畫紙、塑膠袋、塑膠布。
- 2.線：釣魚線（3號、5號、10號、15號、20號、30號）
裁縫線（粗、中、細），尼龍線
- 3.竹子、塑膠管、紙筒各若干支。
- 4.松脂二斤、竹篾約200支、白膠一罐、瓦斯爐一個、鍋子一個、針一支。

四、研究過程

預備工作：

1. 先將松脂隔水加熱融化。
2. 將竹筷沾上松脂冷卻備用。

實驗一 不同材質的面對竹蟬的聲音有何影響？

步驟：

1. 將厚度相同、內口徑2.5公分的竹子鋸成2.5公分各13段。
2. 把各類紙裁成大小適中的尺寸約半徑二公分的圓，沾上白膠黏在竹筒上，待乾使用後中間戳洞備用。
3. 用剪刀將釣魚線剪成60公分長之線段13條。
4. 將各材料組合成竹蟬後，搖60圈；比較聲音發出的高低、並記錄。

結果：

1. 筒身材質：竹筒
2. 筒身：2.5公分
3. 筒內口徑：2.2公分

(表一)

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
面的材質	牛皮紙	蠟光紙	粉彩紙	宣紙	報紙	彩色描圖紙	白報紙	玻璃紙	圖畫紙	牛皮紙膠帶	透明膠帶	塑膠布	塑膠布
聲音高低	9	6	8	4	5	2	7	2	10	9	×	1	11
極限圈數	51	12	35	40	11	45	8	5	10	52	1	8	20
耐用度	最佳	不佳	良好	佳	不佳	佳	差	極差	不佳	最佳	極差	不佳	尚可
成本	低	低	高	高	無	高	極低	略高	低	略低	略低	無	高
備註					易取得					使用方便	使用方便	面易鬆弛	不易黏貼

註：聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。

實驗二 相同材質、不同大小的面對竹蟬的聲音會有影響嗎？

步驟：

- 1.將竹子、紙筒、塑膠管鋸成三、四及五公分等數小段。
- 2.取『實驗一』較耐用且方便之面質—牛皮紙膠帶，剪成所需的圓貼在各筒身面上，並於中間戳洞備用。
- 3.將釣魚線及裁縫線剪成60公分長之線段各10條。
- 4.將各材料組合成竹筒號後，比較聲音發出的高低、並記錄。

結果2-1：

- 1.筒身材質：竹筒
- 2.筒身：4公分
- 3.線的材質：3號釣魚線
- 4.線長：20公分

(表二)

編號	1	2	3	4
圓面內徑	2公分	3公分	4.6公分	6.5公分
聲音高低	1	2	3	4

註：聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。

結果2-2：

- 1.筒身材質：竹筒
- 2.筒身：2.5公分
- 3.線的材質：裁縫線
- 4.線長：20公分

(表三)

編號	1	2	3	4
筒內口徑	2.3公分	3.4公分	4.8公分	6.7公分
聲音高低	1	2	3	4

註：聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。

結果2-3：

- 1.筒身材質：紙筒
- 2.筒身：4公分
- 3.線的材質：3號釣魚線
- 4.線長：20公分

(表四)

編號	1	2	3
筒內口徑	2.4公分	3.5公分	5.5公分
聲音高低	1	2	3

註：聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。

結果2-4：

- 筒身材質：紙筒
- 筒身：5公分
- 線的材質：裁縫線
- 線長：20公分

(表五)

編號	1	2	3
筒內口徑	2.4公分	3.5公分	5.5公分
聲音高低	1	2	3

註：聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。

結果2-5：

- 筒身材質：塑膠管
- 筒身：4公分
- 線的材質：3號釣魚線
- 線長：20公分

(表六)

編號	1	2	3
筒內口徑	1.6公分	2.6公分	4.4公分
聲音高低	1	2	3

註：聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。

結果2-6：

- 筒身材質：塑膠管
- 筒身：5公分
- 線的材質：裁縫線
- 線長：20公分

(表七)

編號	1	2	3
筒內口徑	1.6公分	2.6公分	4.4公分
聲音高低	1	2	3

註：聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。

實驗三 相同材質、不同厚度的面會使竹蟬的聲音改變嗎？

步驟：

- 1.將竹子、紙筒鋸成三公分等數小段。
- 2.取牛皮紙及白報紙剪成所需要的圓形各數張，並組合成不同的厚度的圓形貼在各筒身面上，並於中間戳洞備用。
- 3.將釣魚線及裁縫線剪成60公分長之線段各6條。
- 4.將各材料組合成竹筒號後，比較聲音發出的高低、並記錄。

結果3-1：

- 1.筒身材質：竹筒 2.筒身：3公分 3.筒內口徑：3公分
- 4.線的材質：3號釣魚線 5.線長：20公分

(表八)

編號	1	2	3	4	5	6
筒面的材質	牛皮紙一層	牛皮紙二層	牛皮紙三層	白報紙一層	白報紙二層	白報紙三層
聲音高低	1	2	3	1	2	3

註：聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。

結果3-2：

- 1.筒身材質：紙筒 2.筒身：3公分 3.筒內口徑：3.5公分
- 4.線的材質：裁縫線 5.線長：20公分

(表九)

編號	1	2	3	4	5	6
筒面的材質	牛皮紙一層	牛皮紙二層	牛皮紙三層	白報紙一層	白報紙二層	白報紙三層
聲音高低	1	2	3	1	2	3

註：聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。

實驗四 不同長度的線，發出的聲音有何不同？

步驟：

1. 將竹筒及紙筒鋸成三公分或四公分各六段。
2. 取『實驗一』較耐用且方便之面質—牛皮紙膠帶，剪成所需的圓貼在各筒身面上，並於中間戳洞備用。
3. 將釣魚線及裁縫線剪成40、60、80、100、120、140、160公分長之線段各6條。
4. 將各材料組合成竹筒號後，比較聲音發出的高低、並記錄。

結果4-1：

1. 筒身材質：竹筒
2. 筒身：3公分
3. 筒內口徑：3公分
4. 線的材質：3號釣魚線

(表十)

編號	1	2	3	4	5	6
線長	10公分	20公分	30公分	40公分	50公分	60公分
聲音高低	1	2	3	4	5	6

註：聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。

結果4-2：

1. 筒身材質：紙筒
2. 筒內口徑：5.5公分
3. 筒身：4公分
4. 線的材質：裁縫線

(表十一)

編號	1	2	3	4	5	6
線長	10公分	20公分	30公分	40公分	50公分	60公分
聲音高低	1	2	3	4	5	6

註：聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。

實驗五 不同粗細的線，發出的聲音有何不同？

步驟：

1. 將竹筒及紙筒鋸成三公分或四公分各六段。

- 2.取『實驗一』較耐用且方便之面質—牛皮紙膠帶，剪成所需的圓貼在各筒身面上，並於中間戳洞備用。
- 3.將粗細不同的釣魚線、裁縫線及尼龍線剪成60公分長之小線段各數條。
- 4.將各材料組合成竹筒號後，比較聲音發出的高低、並記錄。

結果5-1：

- 1.筒身材質：竹筒 2.筒內口徑：3公分
- 3.筒身：3公分 4.線長：20公分

(表十二)

編 號	1	2	3	4	5	6
釣 線 編 號	5	10	15	20	30	40
聲 音 高 低	1	2	3	4	5	6

- 註：1.聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。
 2.釣線編號越大者，線越粗。

結果5-2：

- 1.筒身材質：塑膠管 2.筒內口徑：2.2公分
- 3.筒身：5公分 4.線長：20公分

(表十三)

編 號	1	2	3	4	5	6
釣 線 編 號	5	10	15	20	30	40
聲 音 高 低	1	2	3	4	5	6

- 註：1.聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。
 2.釣線編號越大者，線越粗。

結果5-3：

- 1.筒身材質：竹筒 2.筒內口徑：2公分
- 3.筒身：2.5公分 4.線長：20公分

(表十四)

編 號	1	2	3
裁 縫 線	細	中	粗
聲 音 高 低	1	2	3

註：聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。

結果5-4：

- 1.筒身材質：紙筒 2.筒內口徑：2.6公分
3.筒身：5公分 4.線長：20公分

(表十五)

編號	1	2	3
裁縫線	細	中	粗
聲音高低	1	2	3

註：聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。

結果5-5：

- 1.筒身材質：竹筒 2.筒內口徑：2公分
3.筒身：2.5公分 4.線長：20公分

(表十六)

編號	1	2	3
尼龍線	細	中	粗
聲音高低	1	2	3

註：聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。

結果5-6：

- 1.筒身材質：塑膠管 2.筒內口徑：2.2公分
3.筒身：4公分 4.線長：20公分

(表十七)

編號	1	2	3
尼龍線	細	中	粗
聲音高低	1	2	3

註：聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。

實驗六 相同材質、不同長度的筒身，竹蟬發出的聲音會一樣嗎？

步驟：

- 1.將竹子、紙筒鋸成四至九公分等各12段。

- 2.取『實驗一』較耐用且方便之面質—牛皮膠帶，剪成所需的圓貼在各筒身上，並於中間戳洞備用。
- 3.將釣魚線及裁縫線剪成60公分長之線段各18條。
- 4.將各材料組合成竹筒號後，比較聲音發出的高低、並記錄。

結果6-1：

- 1.線的材質：釣魚線 2.線長：20公分
- 3.圓面材料：牛皮紙膠帶

(表十八)

編號	1	2	3	4	5	6
聲音筒身長 音高 圓筒材 音高低 料	4公分	5公分	6公分	7公分	8公分	9公分
竹筒	1	2	3	4	5	6
紙筒(中)	1	2	3	4	5	6
塑膠管(中)	1	2	3	4	5	6

註：聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。

結果6-2：

- 1.線的材質：裁縫線 2.線長：20公分
- 3.圓面材料：牛皮紙膠帶

(表十九)

編號	1	2	3	4	5	6
聲音筒身長 音高 圓筒材 音高低 料	4公分	5公分	6公分	7公分	8公分	9公分
竹筒	1	2	3	4	5	6
紙筒(小)	1	2	3	4	5	6
塑膠管(小)	1	2	3	4	5	6

註：聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。

實驗七 相同材質、不同厚度的筒身，竹蟬發出的聲音相同嗎？

步驟：

1. 將竹子、紙筒鋸成三公分等數小段。
2. 取『實驗一』較耐用且方便之面質—牛皮紙膠帶，剪成所需的圓貼在各筒身上，並於中間戳洞備用。
3. 將釣魚線及裁縫線剪成60公分長之線段各8條。
4. 將各材料組合成竹筒號後，比較聲音發出的高低、並記錄。

結果7-1：

1. 筒身材質：竹筒
2. 線長：20公分
3. 面材料：牛皮紙膠帶
4. 筒身長：3公分
5. 筒內口徑：1.6公分

(表二十)

編號	1	2	3	4
聲音 筒身的 線的高低 的厚度 的材質	0.2 公分	0.4 公分	0.6 公分	0.8 公分
釣魚線	1	2	3	4
裁縫線	1	2	3	4

註：聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。

結果7-2：

1. 筒身材質：紙筒
2. 線長：20公分
3. 圓面材料：牛皮紙膠帶
4. 筒身長：3公分
5. 筒內口徑：3.8公分

(表二十一)

編號	1	2	3	4
聲音 筒身的 線的高低 的厚度 的材質	0.1 公分	0.2 公分	0.4 公分	0.7 公分
釣魚線	1	2	3	4
裁縫線	1	2	3	4

註：聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。

實驗八 不同材質的筒身，會影響竹蟬發出的聲音嗎？

步驟：

1. 將竹子、紙筒、塑膠管鋸成三、四及五公分等數小段。
2. 取『實驗一』較耐用且方便之面質—牛皮紙膠帶，剪成所需的圓貼在各筒身面上，並於中間戳洞備用。
3. 將釣魚線剪成60公分長之線段12條。
4. 將各材料組合成竹筒號後，比較聲音發出的高低、並記錄。

結果8-1：

1. 筒身材質：竹筒、紙筒、膠管
2. 線長：20公分 3. 筒身長：5公分
4. 圓面材料：牛皮紙膠帶

(表二十二)

編號	1		2	
筒身種類	竹筒	紙筒(中)	竹筒	塑膠管(中)
聲音特質	1	2	2	1

註：聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。

結果8-2：

1. 筒身材質：竹筒、紙筒、膠管
2. 線長：20公分 3. 筒身長：4公分
4. 圓面材料：牛皮紙膠帶

(表二十三)

編號	1		2	
筒身種類	竹筒	紙筒(小)	竹筒	塑膠管(小)
聲音特質	1	2	2	1

註：聲音高低順序號數少者較高，如：1表示最高。

五、討論

1. 本實驗主要以環保為概念，盡量收集廢物加以利用，以達到“廢物利用”，並從獲取寶貴的知識，進而了解中國童玩用的原理。
2. 實驗分析：

- (1)由實驗一知道不同的材質的面會影響竹蟬發出聲音的高低，其中塑膠袋材質所發出的聲音最高但此面容易變鬆弛，且洞即亦變大；而牛皮紙最耐用。由此實驗發現韌性越好的紙質越耐用。
- (2)由實驗二得知相同材質，不同大小的面也會影響到竹蟬發出的聲音。無論是竹筒、紙筒或塑膠管皆獲得相同的結果—筒面越大者，所發出的聲音越低；筒面越小者，所發出的聲音越高。另外，筒面越大者，所發出的聲音越大；筒面越小者，所發出的聲音比較小。
- (3)由實驗三知道，相同材質，厚度越厚的筒面，中蟬所發出的聲音越低；厚度越薄的筒面，竹蟬所發出的聲音越高。
- (4)由實驗四得知，相同材質的線，當長度改變時，竹蟬發出的聲音也隨著改變。線越長，所發出的聲音越低；如果線越短，能發出的聲音越高。
- (5)實驗五的結果可以知道相同材質、不同粗細的線，會使竹蟬的聲音改變。當線越粗的時候，竹蟬發出的聲音越低；當線越細的時候，竹蟬發出的聲音越高。
- (6)由實驗六的結果可以知道相同材質，不同長度的筒身，也會使竹蟬的聲音改變。筒身越長的時候，竹蟬發出的聲音越低；當筒身越短的時候，竹蟬發出的聲音越高。再者，當筒身越長的時候，竹蟬發出的聲音越大；當筒身越短的時候，竹蟬發出的聲音越小。
- (7)由實驗七的結果可以知道相同材質、不同厚度的筒身，也會使竹蟬的聲音改變。當筒身厚度越厚的，竹蟬發出的聲音越低；當筒身厚度越薄的，竹蟬發出的聲音越高。
- (8)由實驗八的結果發現，筒身的材質會影響竹蟬發出聲音的高低。從這個實驗知道筒內口徑及筒身厚度相同的時候，塑膠管>竹筒>紙筒。
- (9)由實驗二和實驗六中發覺到筒身的體積會影響到竹蟬聲音的大小。筒身體積大的，竹蟬的聲音比較大，筒身體積小的，竹蟬的聲音比較小聲。
- (10)另外，於實驗進行中發現搖竹蟬速度的快慢，也會干擾竹蟬所發出聲音的高低。因為搖的速度快，發出聲音比較高；搖的速度速度慢，發出的聲音低。所以實驗進行時，需要以一定的速度搖動。

六、結 論

- 1.由實驗中發現，中國童玩—竹蟬是由於線與松脂摩擦產生振動，經由線傳遞至筒身，所發出的聲音。令人驚訝的是看起來結構簡單的竹蟬，學問可不少。其中筒身、面、線等任何一個相關因素改變都會影響竹蟬聲音的高低。

- 2.若各位對竹蟬有興趣，可以研究下列的問題：
- ㄅ 不同材質、相同粗細的線，會影響聲音的高低嗎？
 - ㄆ 女線的數目多寡，是否會影響到竹蟬的聲音？
 - ㄇ 線上有阻礙，會影響到竹蟬的聲音嗎？
 - ㄋ 筒身的形狀，是否會影響聲音嗎？
 - ㄌ 松脂的多寡，會改變聲音的高低嗎？
 - ㄎ 除了松脂外，是否有其他取代品可用？

七、參考書目

- 1.國小自然課本第七冊……………國立編譯館
- 2.有趣的自然遊戲……………作者：永井昭三；譯者：李茂英
出版社：光復書局
- 3.小小科學家實驗觀察百科……作者：楊海明；編譯：張豐榮
出版社：三豐出版社
- 4.音樂萬花筒（上）（下）……作者：姜德蓉等
出版社：圖文出版事業股份有限公司
- 5.聲音的世界……………作者：曹培熙
出版社：圖文出版事業股份有限公司

評 語

竹蟬發聲的問題雖為舊題目，但作者思考的角度及解說顯示對此問題的本質有深入的了解，又研究方法符合控制變因的科學方法，值得鼓勵。