

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學科

最佳(鄉土)教材獎

080811

兩棍的奧祕

學校名稱：嘉義縣新港鄉文昌國民小學

作者： 小五 郭珮婕 小五 黃佩苓	指導老師： 陳文甄 林佳蓉
-------------------------	---------------------

關鍵詞：兩棍、聲音

摘要

雨棍可發出如雨滴或流水的聲音，相傳為原住民用來祈雨的古老樂器。本研究利用簡單材料，探討釘子數量、釘子排列方式、置入顆粒大小、釘子種類、筒子材質對雨棍聲音的影響。研究結果發現：釘子越多、左右距離越近、置入顆粒越大、釘子越粗，雨棍單次翻轉聲音持續的時間越長。雨棍聲音的分貝數則會受到釘子數量、釘子排列方式、置入顆粒、筒子材質的影響。竹筒搭配竹籤與白米，三者都是自然材質，可以做出最接近流水聲的雨棍。

壹、 研究動機

新學期拿到新書，五年級下學期自然課本第 4 單元「聲音與樂器」很受到大家的喜歡，特別是活動 3「製作簡易樂器」，最讓大家躍躍欲試。也恰好在 YouTube 上看到雨棍這種特殊樂器的介紹，一根其貌不揚的竹子，竟能發出如雨滴或是流水的聲音，引起了我們的好奇。因此決定對於雨棍的聲音一探究竟，並嘗試做出最接近雨聲或流水聲的雨棍。

貳、 研究目的

雨棍（Rain Stick）又名雨笙、雨聲筒或雨聲柱，相傳為南美洲原住民用來祈雨的古老樂器，以其酷似雨的聲音來感動上帝，降下甘霖。原住民將仙人掌的針刺反敲入仙人掌幹內，然後再灌入小豆子，小豆子在針刺中彈跳的聲音，如同下雨，這也是雨棍的由來。早期部落的原住民相信，只要彈奏雨棍，就可以召喚風雨、避開旱災。

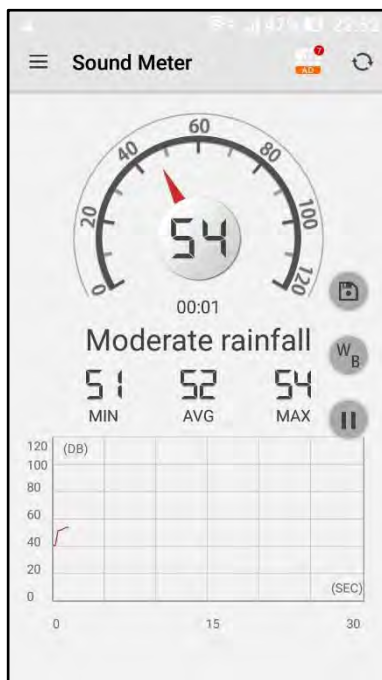
YouTube 上和雨棍相關的影片，大致可分為兩類，一類是分享雨棍的把玩及其聲音，另一類則是介紹雨棍的製作。製作雨棍的材料與方式變化繁多：筒子的材質有竹子、仙人掌木、塑膠、紙，甚至由木片一片片黏合成筒狀；置入的顆粒有小石子及紅豆、綠豆、白米、玉米等各類種子；釘入的釘子大部分是竹籤或竹筷，也有不釘釘子，以成串的鐵絲網或捲成麻花狀的鋁箔紙來取代；釘入的釘子數量或多或少，有些排列成整齊螺旋狀，有些是隨意釘入，大部分雨棍的釘子短於筒子內徑，少數雨棍的釘子則貫穿兩側筒壁。不同材料與不同製作方式對雨棍聲音的影響是我們關注的焦點。

本研究目的如下：

- 一、 探討釘子的數量對兩棍聲音的影響。
- 二、 探討釘子的排列方式對兩棍聲音的影響。
- 三、 探討置入顆粒的大小對兩棍聲音的影響。
- 四、 探討不同種類的釘子對兩棍聲音的影響。
- 五、 探討不同材質的筒子對兩棍聲音的影響。

參、 研究設備與器材

- 一、 筆記型電腦、麥克風、箱型電風扇、長尾夾、魔鬼氈綁帶
- 二、 手機 App（計時器、分貝計 Sound Meter）、電腦軟體（威力導演 CyberLink WaveEditor）



- 三、 白米、山粉圓、小米
- 四、 大頭針、竹製牙籤、塑膠牙籤刷
- 五、 塑膠筒、紙筒、竹筒
- 六、 塑膠地墊

肆、 研究過程與方法

研究數據的取得過程：

1. 單次翻轉聲音持續的秒數

- (1) 箱型電風扇的風向旋轉盤(以下簡稱「旋轉盤」),用於固定翻轉兩棍的力道與速度。
在旋轉盤及電風扇外殼的上下,分別貼上貼紙,方便實驗過程中確認兩棍翻轉前後位置的一致。
- (2) 利用長尾夾與魔鬼氈綁帶,將兩棍固定於旋轉盤上後,以手轉動旋轉盤,讓兩棍直立,顆粒完全位於下方。(圖 1)
- (3) 同步開啟旋轉盤及計時器,等兩棍上下翻轉 1 次,再度成為直立狀態時,關閉旋轉盤,待兩棍不再發出聲音,停止計時,此時兩棍中可能有顆粒殘留,未完全落下。
- (4) 測量每一個兩棍單次翻轉聲音持續的秒數 3 次,並計算其平均值。

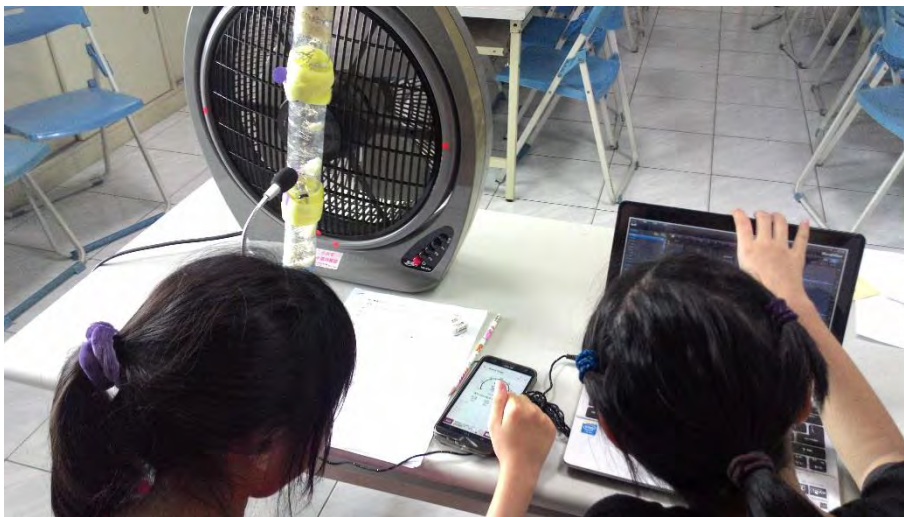


圖 1 利用電風扇的旋轉盤固定翻轉兩棍的力道與速度

2. 分貝數

- (1) 尋找校內安靜的空間,關閉所有門窗,減少雜音。

- (2) 甲生反手握兩棍中心點，乙生拿手機預備按分貝計啟動鈕。
- (3) 口令「預備-開始」，兩人同時動作，甲翻轉兩棍使其立於地面後不動，乙按下分貝計，並將手機靠近兩棍中心點。
- (4) 待兩棍不再發出聲音，紀錄分貝計顯示的平均值。
- (5) 每次翻轉兩棍的手勢相同，並盡可能讓力道一致。
- (6) 每一個兩棍的分貝數平均值測量 3 次，並計算其平均值。

3. 聲音波形

- (1) 尋找校內安靜的空間，關閉所有門窗，減少雜音。
- (2) 將 CyberLink WaveEditor 錄音的時間限制設定在 20 秒。
- (3) 錄音開始 2 秒後，翻轉兩棍至兩棍不再發出聲音時，進行下一次翻轉，並重複進行翻轉動作，直到 20 秒錄音時間結束。
- (4) 每次翻轉兩棍的手勢相同，並盡可能讓力道一致。
- (5) CyberLink WaveEditor 顯示的波形，紀錄了兩棍翻轉所產生聲音的樣貌，可用以比對單次翻轉聲音持續時間的長短及大小聲。

一、 釘子的數量對兩棍聲音的影響。

- (一) 準備 3 個長 40 公分、內徑 4.5 公分、厚薄一致的塑膠筒，及大量大頭針（針尾長度約 2.5 公分）。
- (二) 將大頭針以螺旋狀排列，朝向塑膠筒圓切面的圓心處釘入，使針尾完全沒入筒內，只留針頭部分在外。兩棍 1 釘入 100 支、左右針距約 2 公分，兩棍 2 釘入 200 支、左右針距約 1 公分，兩棍 3 釘入 400 支、左右針距約 0.5 公分的大頭針，3 個兩棍的大頭針所形成的螺旋皆為 12 層。
- (三) 將塑膠筒底端封口後，置入 75 公克白米，並將頂端開口封閉。
- (四) 翻轉兩棍，測量單次翻轉發出聲音的秒數、分貝數、波形，並觀察白米落下路徑與殘留的情形。

實驗一	雨棍 1	雨棍 2	雨棍 3
釘子數量	100 支*	200 支*	400 支*
			
釘子排列方式	螺旋狀	螺旋狀	螺旋狀
置入顆粒	白米	白米	白米
釘子種類	大頭針	大頭針	大頭針
筒子材質	塑膠筒	塑膠筒	塑膠筒

二、 釘子排列方式對雨棍聲音的影響。

- (一) 準備 4 個長 40 公分、內徑 4.5 公分、厚薄一致的塑膠筒，及大量大頭針（針尾長度約 2.5 公分）。
- (二) 將 200 支大頭針朝向塑膠筒圓切面的圓心處釘入，雨棍 4 的大頭針以 6 層螺旋狀排列、左右針距約 0.5 公分（左右近、上下遠），雨棍 5 以 12 層螺旋狀排列、左右針距約 1 公分（左右遠、上下近），雨棍 6 以左右針距約 0.8 公分 11 層環狀排列，雨棍 7 以不規則、隨意排列方式釘入。
- (三) 將塑膠筒底端封口後，置入 75 公克白米，並將頂端開口封閉。
- (四) 翻轉雨棍，測量單次翻轉發出聲音的秒數、分貝數、波形，並觀察白米落下路徑與殘


留的情形。

實驗二	兩棍 4	兩棍 5	兩棍 6	兩棍 7
釘子數量	200 支	200 支	200 支	200 支
釘子排列方式	螺旋狀* (左右針距約 0.5 公分)	螺旋狀* (左右針距約 1 公分)	環狀* (左右針距約 0.8 公分)	不規則、隨意*
				
置入顆粒	白米	白米	白米	白米
釘子種類	大頭針	大頭針	大頭針	大頭針
筒子材質	塑膠筒	塑膠筒	塑膠筒	塑膠筒

三、 置入顆粒的大小對兩棍聲音的影響。

- (一) 準備 3 個長 40 公分、內徑 4.5 公分、厚薄一致的塑膠筒，及大量大頭針（針尾長度約 2.5 公分）。
- (二) 將 200 支大頭針以螺旋狀排列，朝向塑膠筒圓切面的圓心處釘入，形成 6 層螺旋、左右針距約 0.5 公分。
- (三) 將塑膠筒底端封口後，置入 75 公克顆粒，兩棍 10 置入白米（貌似長橢圓，長軸約 0.5 公分、短軸約 0.3 公分），兩棍 11 置入山粉圓（貌似長橢圓，長軸約 0.3 公分、短軸約 0.2 公分），兩棍 12 置入小米（貌似圓球，直徑 0.2 公分）。

(四) 翻轉兩棍，測量單次翻轉發出聲音的秒數、分貝數、波形，並觀察不同顆粒落下路徑與殘留的情形。


實驗三	兩棍 10	兩棍 11	兩棍 12
釘子數量	200 支	200 支	200 支
釘子排列方式	螺旋狀	螺旋狀	螺旋狀
置入顆粒	白米*	山粉圓*	小米*
			
釘子種類	大頭針	大頭針	大頭針
筒子材質	塑膠筒	塑膠筒	塑膠筒

四、 不同種類的釘子對兩棍聲音的影響。

- (一) 準備 3 個長 40 公分、內徑 4.5 公分、厚薄一致的塑膠筒，及大量大頭針（針尾長度約 2.5 公分）。
- (二) 將 200 支釘子以左右針距約 0.5 公分螺旋狀排列，朝向塑膠筒圓切面的圓心處釘入，兩棍 16 釘入大頭針，兩棍 17 釘入切半的竹製牙籤，兩棍 18 釘入切半的塑膠牙籤刷，三種釘子釘入筒內的長度皆為 2.5 公分。
- (三) 將塑膠筒底端封口後，置入 75 公克在上一組實驗中讓聲音持續時間長、且聲音好聽

的山粉圓，並將頂端開口封閉。

- (四) 翻轉兩棍，測量單次翻轉發出聲音的秒數、分貝數、波形，並觀察山粉圓落下路徑與殘留的情形。

實驗四	兩棍 16	兩棍 17	兩棍 18
釘子數量	200 支	200 支	200 支
釘子排列方式	螺旋狀	螺旋狀	螺旋狀
置入顆粒	山粉圓	山粉圓	山粉圓
釘子種類	大頭針*	竹製牙籤*	塑膠牙籤刷*
			
筒子材質	塑膠筒	塑膠筒	塑膠筒

五、 不同材質的筒子對兩棍聲音的影響。

- (一) 準備長 40 公分的塑膠筒、紙筒、竹筒，及大量大頭針（針尾長度約 2.5 公分）及竹籤。
- (二) 五-1 的實驗，塑膠筒、紙筒、竹筒的內徑為 3.3 公分。因竹筒的材質硬，在釘入釘子後，容易裂開，因此此組實驗，增加釘子間的距離，減少釘子的數量，將 150 支大頭針以左右針距約 0.6 公分的螺旋狀排列，朝向兩棍 19 的塑膠筒、兩棍 20 的紙筒、兩

棍 21 的竹筒之圓切面的圓心處釘入。

- (三) 五-2 的實驗，塑膠筒、紙筒、竹筒的內徑為 3.5 公分。因竹筒易裂且竹籬較粗，數量再減少，將 85 支竹籬以左右針距約 0.9 公分螺旋狀排列，朝向兩棍 22 的塑膠筒、兩棍 23 的紙筒、兩棍 24 的竹筒之圓切面的圓心處釘入，沒入筒內的長度約 2.5 公分。
- (四) 將塑膠筒、紙筒、竹筒底端封口後，置入 55 公克白米，並將頂端開口封閉。
- (五) 翻轉兩棍，測量單次翻轉發出聲音的秒數、分貝數、波形。

實驗五-1	兩棍 19	兩棍 20	兩棍 21
釘子數量	150 支	150 支	150 支
釘子排列方式	螺旋狀	螺旋狀	螺旋狀
置入顆粒	白米	白米	白米
釘子種類	大頭針	大頭針	大頭針
筒子材質	塑膠筒*	紙筒*	竹筒*
			




實驗五-2	雨棍 22	雨棍 23	雨棍 24
釘子數量	85 支	85 支	85 支
釘子排列方式	螺旋狀	螺旋狀	螺旋狀
置入顆粒	白米	白米	白米
釘子種類	竹籤	竹籤	竹籤
筒子材質	塑膠筒*	紙筒*	竹筒*
			

伍、 研究結果

一、 釘子的數量對兩棍聲音的影響

兩棍 1.2.3 是將大頭針以螺旋狀排列釘入塑膠筒，並置入白米所做成。大頭針的數量越多，對白米的掉落越會形成阻礙，兩棍單次翻轉聲音持續的秒數越長，大頭針數量是 100 支時，兩棍翻轉後，白米掉得很乾淨，200 支時，有極少數的白米殘留。當大頭針數量多達 400 支時，因彼此間的距離短，有大量白米會卡住，掉落不完全。

此外，400 支大頭針做成的兩棍，聲音的分貝數比 100 支、200 支大頭針做成的兩棍稍微低一些。

實驗一		兩棍 1	兩棍 2	兩棍 3
釘子數量		100 支*	200 支*	400 支*
單次翻轉聲音 持續的秒數	1	4.95	6.01	8.40
	2	4.47	5.64	9.06
	3	4.64	5.55	8.63
	平均	4.69	5.73	8.70
	顆粒殘留	無 	極少 	大量 
分貝數	1	69	69	65
	2	69	70	64
	3	69	71	66
	平均	69.0	70.0	65.0
顆粒落下的方式	螺旋	X	X	O
	垂直	O	O	O

從聲音波形（圖 2、圖 3、圖 4），可以看到與上述一致的結果，兩棍 1 聲音持續的秒數最短、20 秒內翻轉次數最多，兩棍 3 聲音持續時間最長、翻轉次數最少，聲音最小聲。錄製到的兩棍 3 聲音波形，第 2 段的波形比較短（圖 3），因為大頭針數量多，很多白米在第 1 次翻轉時被卡住，待第 2 次翻轉時，只有第 1 次掉落的那些白米會製造出聲音。

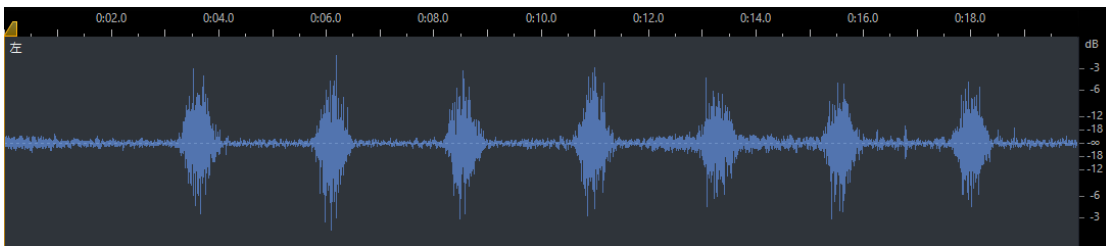


圖 2 兩棍 1 的聲音波形

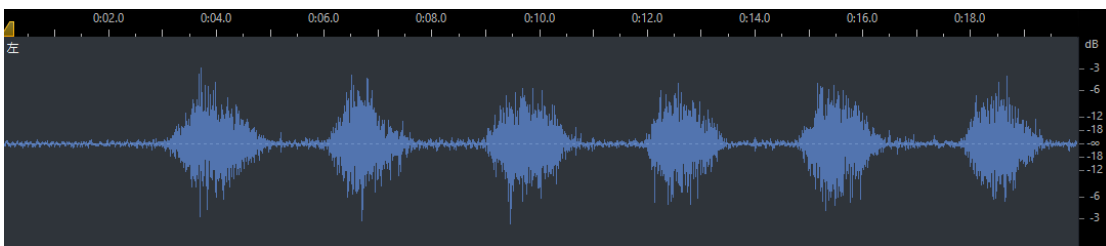


圖 3 兩棍 2 的聲音波形

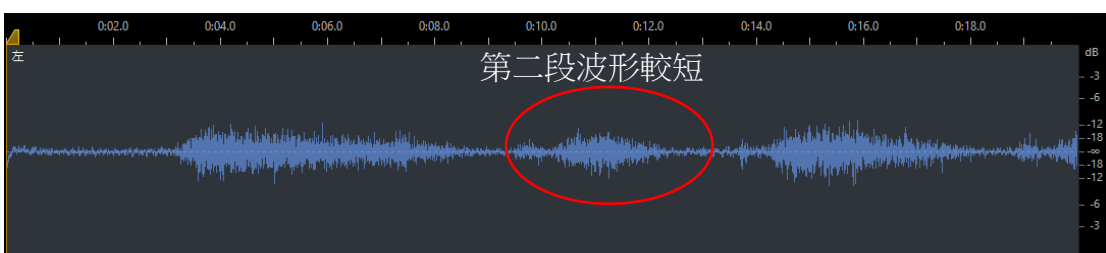


圖 4 兩棍 3 的聲音波形

100 支、200 支大頭針的兩棍，大頭針間隙大，白米直瀉而下（圖 5）；400 支大頭針的兩棍，大頭針間隙小，白米除了垂直落下，也會隨著螺旋路徑掉落（圖 6）。



圖 5 200 支大頭針 白米直落







圖 6 400 支大頭針 白米直落或隨螺旋而下

二、 釘子排列方式對兩棍聲音的影響。

兩棍 4.5.6.7 是將 200 支大頭針釘入塑膠筒，並置入白米所製成。結果發現兩棍 4 和兩棍 5 的大頭針雖然都是 200 支的螺旋狀排列，但兩棍 4 因大頭針彼此間左右距離最近、大約 0.5 公分，會阻擋並延緩白米的掉落，兩棍單次翻轉聲音持續的秒數最長、7.35 秒，且白米掉落不完全；而兩棍 5 針距大約 1 公分，白米掉落較無障礙，聲音持續時間短；兩棍 6 大頭針採環狀排列，左右距離 0.8 公分，聲音持續的秒數居次，白米掉落也不完全；兩棍 7 中不規則排列的大頭針散布整個兩棍，針和針之間的距離遠，對白米較少攔阻效果，聲音持續時間最短，僅 4.91 秒。

大頭針採不同排列方式，也影響聲音的分貝數，隨著大頭針左右的針距越近，分貝數越大：兩棍 4 的針距大約 0.5 公分，分貝數 72.6 最大，其次是兩棍 6 針距約 0.8 公分，分貝數 71.3，兩棍 5 針距大約 1 公分，分貝數 70.0，兩棍 7 中的 200 支大頭針四處散布，針距遠，分貝數最小，只有 66。

實驗二		雨棍 4	雨棍 5	雨棍 6	雨棍 7
釘子排列方式		螺旋狀* (左右針距約 0.5 公分)	螺旋狀* (左右針距約 1 公分)	環狀* (左右針距約 0.8 公分)	不規則、隨意* *
單次翻轉聲音 持續的秒數	1	7.43	6.01	6.19	4.70
	2	7.17	5.64	6.84	5.05
	3	7.46	5.55	5.73	4.99
	平均	7.35	5.73	6.25	4.91
	顆粒殘留	一點點 	極少 	一點點 	無 
分貝數	1	73	69	71	65
	2	72	70	71	65
	3	72	71	72	66
	平均	72.3	70.0	71.3	65.3
顆粒落下的方式	螺旋	O	X	X	X
	垂直	O	O	O	O

從波形（圖 7、圖 8、圖 9、圖 10）來看，在聲音持續時間方面，可以看到與上述一致的結果，時間由長到短依序是：雨棍 4、雨棍 6、雨棍 5、雨棍 7。但在聲音的大小聲方面，雨棍 5 和雨棍 7 波形上下震盪較大、表示聲音較大，與分貝計測量的結果不一樣，推測原因可能是：分貝計顯示的是平均值，聲音的變化過程被稀釋了。

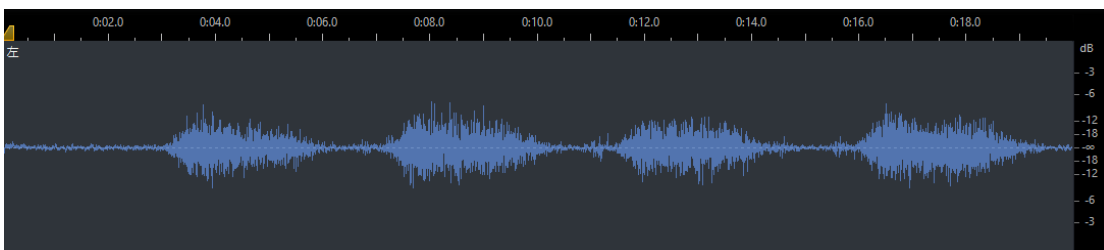


圖 7 雨棍 4 的聲音波形

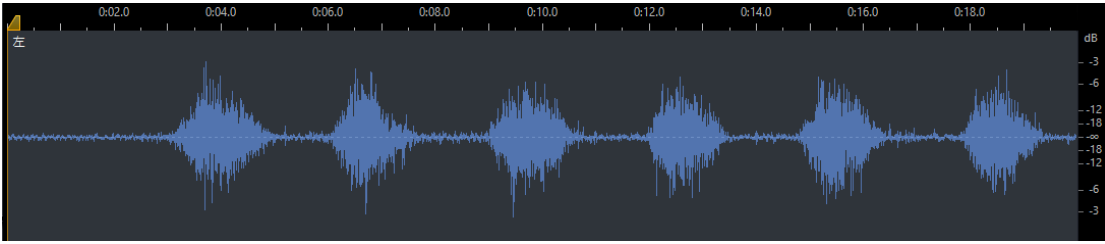


圖 8 雨棍 5 的聲音波形

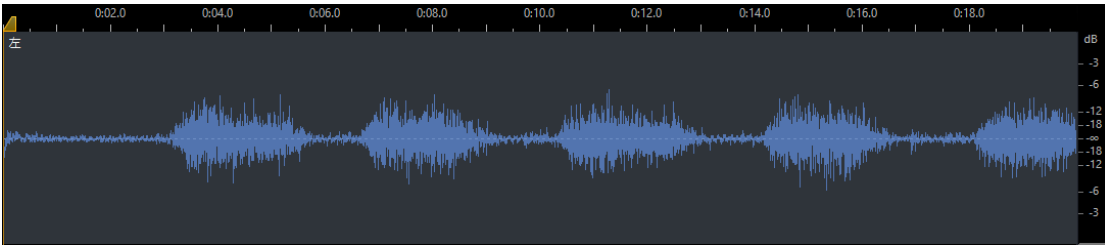


圖 9 雨棍 6 的聲音波形

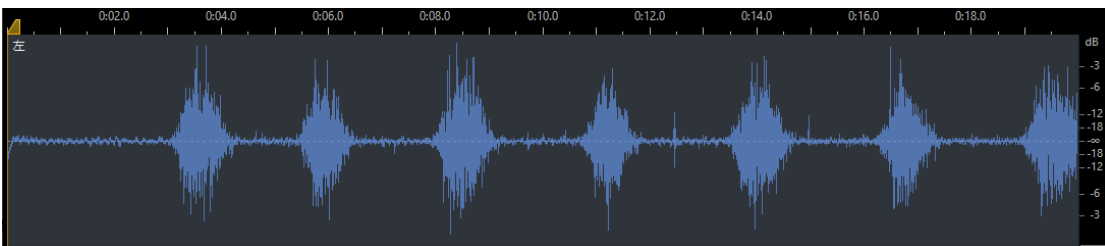


圖 10 雨棍 7 的聲音波形

雨棍 4 (圖 11) 大頭針的左右間隙小，白米除了垂直落下，也會隨著螺旋路徑掉落；雨棍 5 (圖 12) 大頭針的左右間隙大，只見白米垂直落下。大頭針環狀排列的雨棍 6 (圖 13) 和不規則排列的雨棍 7 (圖 14)，白米都是垂直落下。



圖 11 大頭針螺旋狀排列（左右近上下遠）

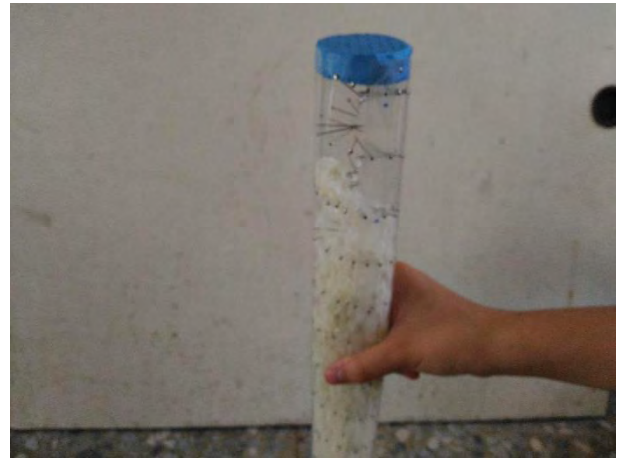


圖 12 大頭針螺旋狀排列（左右遠上下近）



圖 13 大頭針環狀排列






圖 14 大頭針不規則、隨意排列

三、 置入顆粒的大小對兩棍聲音的影響

兩棍 10.11.12 是將 200 支大頭針以螺旋狀排列釘入塑膠筒製成的兩棍。分別置入不同的顆粒，顆粒由大到小分別是白米、山粉圓、小米。結果發現，兩棍單次翻轉聲音持續的時間，以顆粒最小的小米最短，且殘留的顆粒最少。值得注意的是，山粉圓的顆粒雖然也比白米小，但持續時間卻比較長，推測原因是：山粉圓的顆粒較為扁平且單一顆粒重量輕，減緩了掉落的速度。

在聲音的分貝數方面，白米顆粒最大，分貝數也最大，山粉圓顆粒雖然比小米大，但因單一顆粒扁平且重量輕，因此產生的聲音最為小聲。

實驗三		兩棍 10	兩棍 11	兩棍 12
置入顆粒		白米*	山粉圓*	小米*
單次翻轉聲音 持續的秒數	1	7.43	9.14	5.92
	2	7.17	9.26	6.04
	3	7.46	9.51	5.09
	平均	7.35	9.30	5.68
	顆粒殘留	一點點 	多一些 	極少 
分貝數	1	73	62	63
	2	72	64	64
	3	72	63	65
	平均	72.3	63.0	64.0
顆粒落下的方式	螺旋	0	0	0
	垂直	0	0	0

從聲音波形（圖 15、圖 16、圖 17），可以看到與上述一致的結果，兩棍 12 聲音持續的秒數短、20 秒內翻轉次數多，兩棍 11 聲音持續時間長、翻轉次數最少，聲音最小聲。

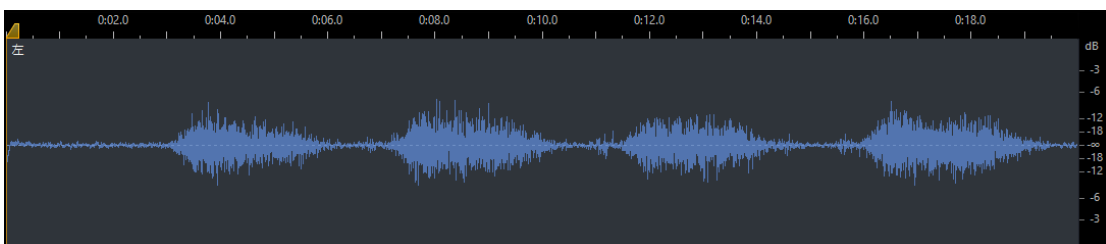


圖 15 兩棍 10 的聲音波形

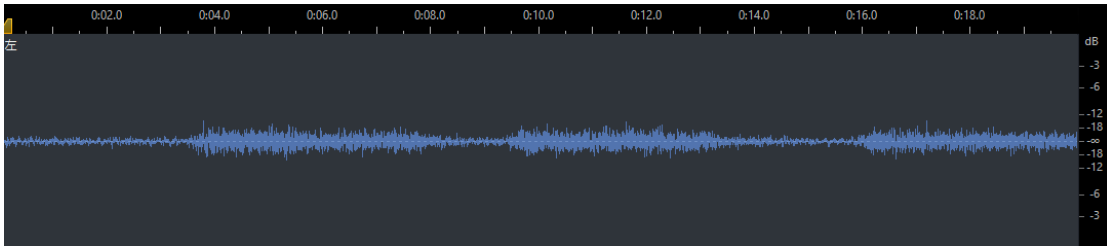


圖 16 雨棍 11 的聲音波形

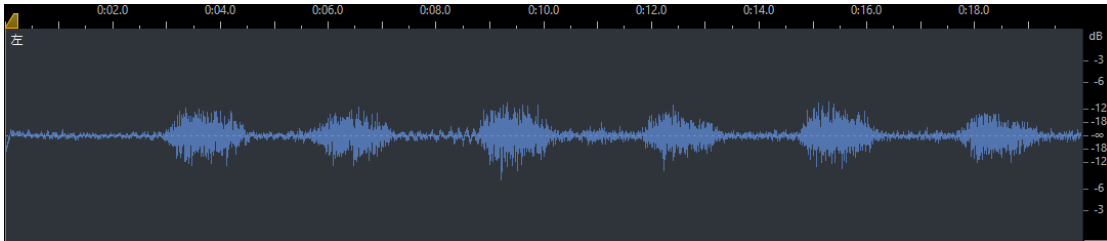





圖 17 雨棍 12 的聲音波形

白米、山粉圓、小米的顆粒掉落路徑相同：有些順著螺旋往下，有些則穿過大頭針的間隙直瀉而下。

四、 不同材質的釘子對雨棍聲音的影響

雨棍 16.17.18 是將 200 支釘子以螺旋狀排列釘入塑膠筒，並置入山粉圓製成的雨棍。釘入大頭針的雨棍 16，聲音持續時間最短，其次是釘入竹製牙籤的雨棍 17，聲音持續時間最長的是釘入塑膠牙籤刷的雨棍 18。三個雨棍的白米都有殘留的情形，雨棍 18 殘留在塑膠牙籤刷上的顆粒最多。

釘入不同材質釘子的雨棍，聲音的分貝數相差不多。

實驗四		雨棍 16	雨棍 17	雨棍 18
釘子種類		大頭針*	竹製牙籤*	塑膠牙籤刷*
單次翻轉聲音 持續的秒數	1	9.14	12.30	18.64
	2	9.26	12.59	17.45
	3	9.51	11.43	20.49
	平均	9.30	12.11	18.86
	顆粒殘留	一點點 	其次 	極大量 
分貝數	1	62	61	62
	2	64	62	61
	3	63	62	62
	平均	63.0	61.7	61.7
顆粒落下的方式	螺旋	0	0	0
	垂直	0	較少	最少

從聲音波形（圖 18、圖 19、圖 20），可以看到與上述一致的結果，雨棍 16 聲音持續的秒數短、20 秒內可翻轉 3 次，雨棍 17 翻轉 2 次，雨棍 18 只翻轉 1 次，此組實驗放入的顆粒是山粉圓，聲音小、波形上下震盪小。

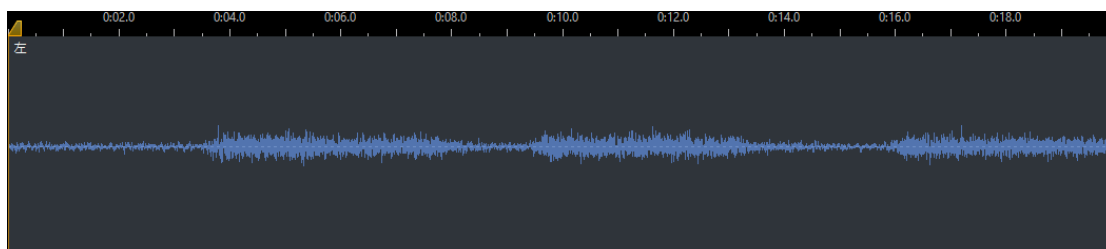


圖 18 雨棍 16 的聲音波形

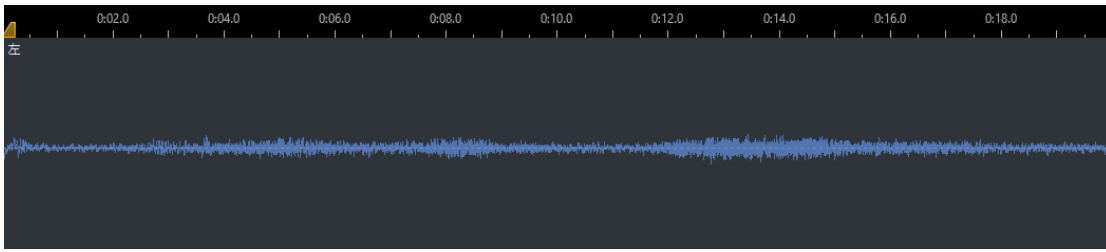


圖 19 兩棍 17 的聲音波形

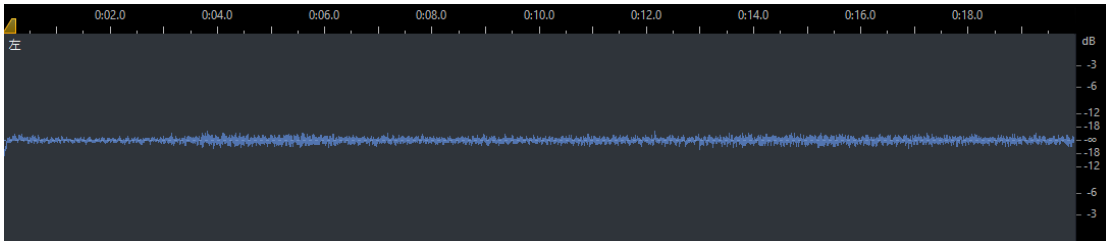


圖 20 兩棍 18 的聲音波形

大頭針寬 0.1 公分，竹製牙籤寬 0.15 公分，塑膠牙籤刷寬 0.2 公分且有小刷毛（圖 21），同樣釘入 200 支，大頭針較細對山粉圓形成的阻礙較小，直瀉而下的山粉圓多；塑膠牙籤刷較粗且有小刷毛，增加了對山粉圓的阻礙，山粉圓大多順著螺旋而下，只有極少數靠近圓心部位的山粉圓會垂直掉落。



圖 21 大頭針 牙籤 塑膠牙籤刷的粗細

五、 不同材質的筒子對兩棍聲音的影響

(一) 釘入大頭針

兩棍 19.20.21 是將 150 支大頭針以螺旋狀排列釘入筒子，並置入白米製成的兩棍。紙筒做成的兩棍 20 持續時間最短，竹筒做成的兩棍其次，塑膠筒做成的兩棍 19 持續時間最長，可以看見白米有殘留，紙筒和竹筒非透明材質，看不到內部情形，但秒數量測結束後，以手搖晃可知也有白米殘留未完全掉落。

在聲音的分貝數方面，紙筒最大聲，竹筒其次，塑膠筒最小聲。

實驗五-1		兩棍 19	兩棍 20	兩棍 21
筒子材質		塑膠筒*	紙筒*	竹筒*
單次翻轉聲音 持續的秒數	1	9.18	7.52	8.89
	2	9.15	7.32	8.20
	3	9.38	7.73	8.38
	平均	9.24	7.52	8.49
	顆粒殘留	有	有	有
分貝數	1	64	71	66
	2	64	70	66
	3	64	70	65
	平均	64.0	70.3	65.7

從聲音波形（圖 22、圖 23、圖 24）來看，紙筒最大聲，與上述分貝計測量的結果一致。而在聲音持續的時間長短方面，計時器與波形量測結果似乎有些微的差異，是否為測量誤差所致，有待進一步的探討。

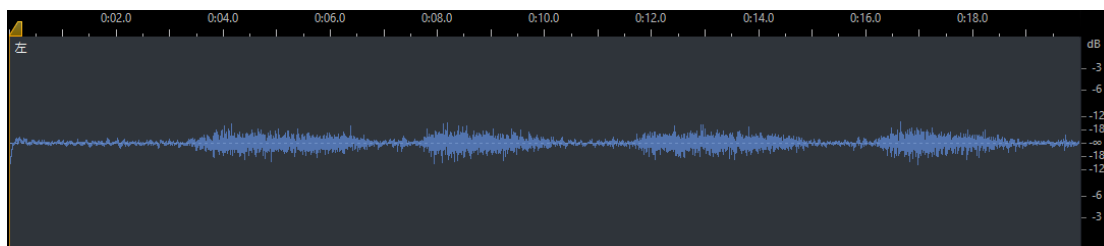


圖 22 兩棍 19 的聲音波形

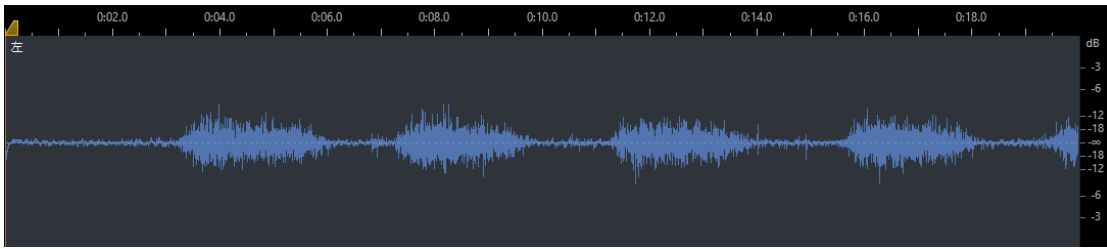


圖 23 雨棍 20 的聲音波形

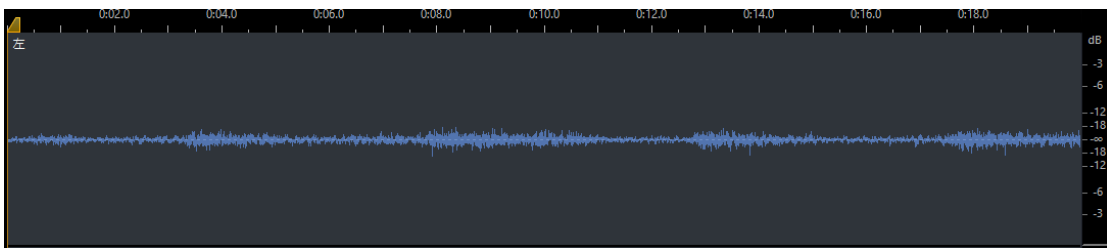


圖 24 雨棍 21 的聲音波形

此外，雨棍 21 是用大頭針釘入竹筒做成，聲音清脆悅耳，類似金屬撞擊聲。

(二) 釘入竹籤

雨棍 22.23.24 是將 85 支竹籤以螺旋狀排列釘入筒子，並置入白米製成的雨棍。塑膠筒做成的雨棍 22 和竹筒做成的雨棍 24 持續時間差不多，紙筒做成的雨棍 23 持續時間最長。雨棍 22 可以看見白米有殘留，雨棍 23、24，因紙筒和竹筒非透明材質，看不到內部情形，但秒數量測結束後，以手搖晃可知也有白米殘留未完全掉落。

在聲音的分貝數方面，竹筒最大聲，紙筒其次，塑膠筒最小聲。

實驗五-2		雨棍 22	雨棍 23	雨棍 24
筒子材質		塑膠筒*	紙筒*	竹筒*
單次翻轉聲音 持續的秒數	1	8.24	9.41	8.36
	2	7.85	9.76	7.65
	3	7.88	10.38	7.92

	平均	7.99	9.85	7.98
	顆粒殘留	有	有	有
分貝數	1	66	71	72
	2	66	71	73
	3	67	72	74
	平均	66.3	71.3	73.0

從聲音波形（圖 25、圖 26、圖 27）來看，塑膠筒最小聲，與上述分貝計測量的結果一致。而在聲音持續的時間長短方面，紙筒 20 秒內翻轉 3 次，單次翻轉聲音最長，也與計時器測量比較的結果相同。

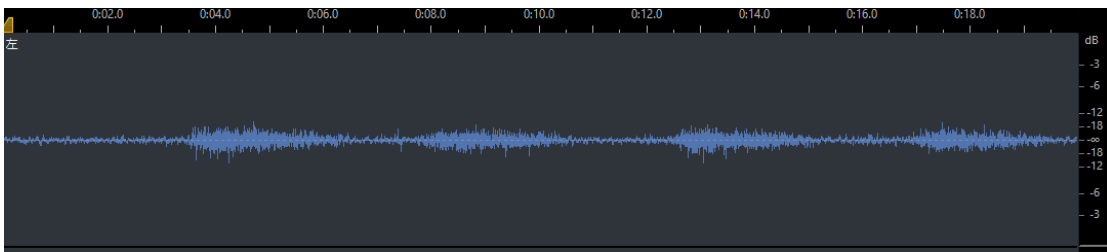


圖 25 雨棍 22 的聲音波形

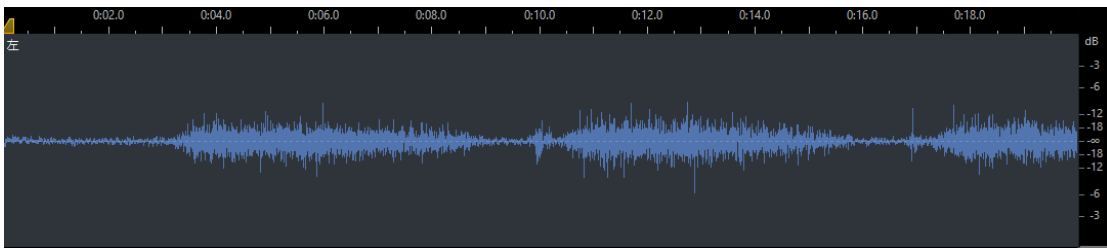


圖 26 雨棍 23 的聲音波形

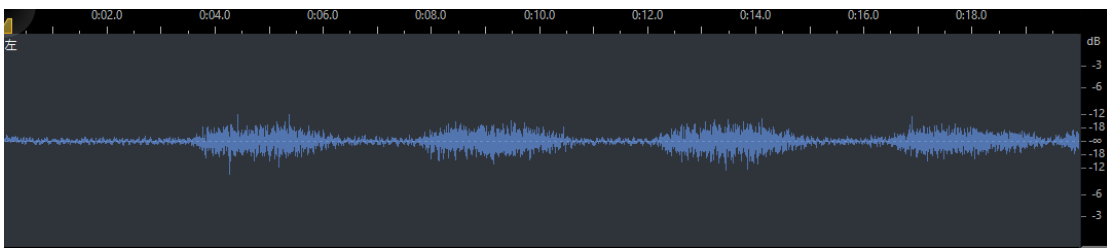


圖 27 雨棍 24 的聲音波形

兩棍 24 結合竹筒、寬度 0.3 公分的竹籤與白米做成，三者皆屬自然材質，在所有兩棍中，聲音最接近流水聲。

實驗五，原本置入的顆粒為在前兩階段聲音效果佳的山粉圓，因山粉圓顆粒輕且形狀扁平，掉落的速度慢，可讓兩棍單次翻轉聲音持續的時間拉長，且聲音好聽。但山粉圓在所有顆粒中，產生的分貝數最小，放入竹筒，竹筒筒身較厚，山粉圓撞擊釘子產生的聲音傳不太出來，因此改置入白米，使竹筒做成的兩棍可產生較大的聲音效果。

陸、 討論

本研究的最終目的，是找出最接近雨聲或流水聲的兩棍組合，實驗一進行大頭針數量不同的 3 個兩棍之比較，100 支大頭針的兩棍聲音短促，缺乏把玩的樂趣，400 支大頭針的兩棍針距緊密，可把玩的時間久，但聲音較小且製作過程耗時，因此選擇 200 支大頭針做為釘入的數量進入實驗二。

實驗二的 4 個兩棍都釘入 200 支大頭針，差異在於釘子的排列方式不同，兩棍 5 和兩棍 7 針距大，白米掉落快、翻轉後聲音持續時間短促，把玩樂趣少。兩棍 4 和兩棍 6 分貝數差不多，但兩棍 4 翻轉後聲音持續時間較綿長，且大頭針如同 DNA 的螺旋排列美觀、十分吸引人，也是在 YouTube 較多人採用的排列方式，因此採用 200 支大頭針、針距 0.5 公分，6 層螺旋的排列方式進入實驗三。

實驗三的 3 個兩棍差異是置入的顆粒不同，小顆粒受阻礙小，翻轉後聲音持續時間短、分貝數小，我們選擇山粉圓進入實驗 4 的主因是：山粉圓的顆粒較為扁平，單一顆粒輕巧，雖然分貝數小，但翻轉後聲音最為綿長，把玩的樂趣多，聲音也好聽。

實驗四的 3 個兩棍的不同處是釘入釘子的種類，釘入牙籤的兩棍 17 和塑膠牙籤刷的兩棍 18 釘子較粗，聲音持續時間長，但在沒有外力搖晃的情況下殘留的顆粒多，聲音小聲，因此在實驗五中繼續使用大頭針釘入筒子內。

實驗五改變筒子的材質，為使共鳴腔大小一致，三種材質的筒子內徑固定。原本放入的顆粒是在實驗三和實驗四中效果不錯的山粉圓，但在實驗五，山粉圓放入筒身厚度較厚的竹筒後，因其輕巧扁平的特性，聲音很難出來，因此實驗五的顆粒改為白米。實驗五-1 發現釘

入大頭針的竹筒發出的聲音最不一樣，聲音清脆，如同金屬撞擊聲，有點像鈴鼓。因為在 YouTube 上較常看到的釘子是竹籤，我們又多加了實驗五-2，把三個筒子改釘入竹籤，結果發現將竹籤釘入竹筒，搭配白米，可以做出最接近流水聲的兩棍，把玩樂趣大，聽者覺得聲音有療癒效果。

柒、 結論與建議

一、 結論

- (一) 大頭針數量越多，兩棍單次翻轉聲音持續的時間越長，400 支大頭針的兩棍分貝數最小。
- (二) 兩棍直立，大頭針左右距離越近者，兩棍單次翻轉聲音持續的時間越長，分貝數越大。
- (三) 置入的顆粒越大，兩棍單次翻轉聲音持續的時間越長，分貝數越大。山粉圓因顆粒扁平且重量輕，聲音持續時間長且分貝數小。
- (四) 釘入的釘子越粗，兩棍單次翻轉聲音持續的時間越長。
- (五) 竹筒搭配竹籤與白米，三者都是自然材質，可做出最接近流水聲的兩棍。

二、 建議

- (一) 單純測量兩棍單次翻轉聲音持續的時間與分貝數，對聲音的描述仍嫌不足，可尋求更科學的方法來記錄聲音的樣貌。
- (二) 採用軟質墊板捲黏成塑膠筒，翻轉過程中，軟塑膠筒容易變形影響實驗結果，可嘗試使用硬材質（如壓克力管），但製作過程需先鑽洞，可能較為耗時
- (三) 變換釘子數量、釘子排列方式、置入顆粒、釘子種類、筒子材質，可有千百萬種變化方式，亦可以讓兩棍聲音變化萬千，此次研究完成 16 個兩棍，未來可多加變化嘗試，改變底端與頂端的封口材質、兩棍的粗細和長短、把玩兩棍的方式等，以找出最接近兩聲或流水聲的最佳組合。
- (四) 實驗二與實驗五-1，計時器與分貝計測量之結果，與聲音波形判讀之結果不一致，是否測量不精準或實驗設計有問題，仍待後續研究進一步釐清。

捌、 參考資料與其他

1. 樂音的要素。
http://www.nani.com.tw/nani/jlearn/natu/ability/a1/3_a1_3_3.htm
2. 雲林新聞網-"雨棍"仿雨聲 解憂鬱.紓壓力。
https://www.youtube.com/watch?v=cQ_FIACYCKI
3. 雨棍，製造出如雨滴及溪水般的聲音。
<http://alingling.blogspot.com/2012/01/blog-post.html>
4. 全世界最好聽最好看持續最久的雨笙(雨棍)。
<https://www.youtube.com/watch?v=hJn9vwBMFVk>
5. How to make a rainstick on the lathe (pallet wood project).
<https://www.youtube.com/watch?v=90qDfLN-hOM>
6. Learn how to make a Rainstick.
<https://www.youtube.com/watch?v=giI9RfsA0uM>
7. Human'z 仙人掌雨聲柱。
<https://www.youtube.com/watch?v=KnHBxs028AQ>
8. How to make a wood rainstick?
https://www.youtube.com/watch?v=_EwygfLbmPo
9. How to Make a Rain Stick : How to Use Foil to Make Rain Sticks?
https://www.youtube.com/watch?v=f3p_D7JSO9M
10. Kerala Bamboo Handicraft.
https://www.youtube.com/watch?v=R_Tnf_u7ETc

【評語】 080811

本作品探討南美洲原住民祈雨之雨棍發生之影響因子，利用記錄聲音分貝及聲音波形的科學方法，設計出最接近雨聲或流水聲的雨棍，並利用駐波原理製作雨棍，頗具創意。變因控制中有關筒子材質均為非金屬，樣本較少，種類太過相似，建議未來可再探討製作變因與聲音物理量之關係。

作品海報

摘要

雨棍可發出如雨滴或流水的聲音，相傳為原住民用來祈雨的古老樂器。本研究利用簡單材料，探討釘子數量、釘子排列方式、置入顆粒大小、釘子種類、筒子材質對雨棍聲音的影響。研究結果發現：釘子越多、左右距離越近、置入顆粒越大、釘子越粗，雨棍單次翻轉聲音持續的時間越長。雨棍聲音的分貝數則會受到釘子數量、釘子排列方式、置入顆粒、筒子材質的影響。竹筒搭配竹籤與白米，三者都是自然材質，可以做出最接近流水聲的雨棍。

壹、研究動機

五年級下學期自然課本第4單元「聲音與樂器」很受到大家的喜歡，特別是活動3「製作簡易樂器」，最讓大家躍躍欲試。也恰好在 YouTube 上看到雨棍這種特殊樂器的介紹，一根其貌不揚的竹子，竟能發出如雨滴或是流水的聲音，引起了我們的好奇。因此決定對於雨棍的聲音一探究竟，並嘗試做出最接近雨聲或流水聲的雨棍。

貳、研究目的

- 一、 探討釘子的數量對雨棍聲音的影響。
- 二、 探討釘子的排列方式對雨棍聲音的影響。
- 三、 探討置入顆粒的大小對雨棍聲音的影響。
- 四、 探討不同種類的釘子對雨棍聲音的影響。
- 五、 探討不同材質的筒子對雨棍聲音的影響。

參、研究設備與器材

- 一、 筆記型電腦、麥克風
- 二、 箱型電風扇、長尾夾、魔鬼氈綁帶
- 三、 手機 App (計時器、分貝計 Sound Meter)
- 四、 電腦軟體(威力導演 CyberLink WaveEditor)
- 五、 白米、山粉圓、小米
- 六、 大頭針、竹製牙籤、塑膠牙籤刷、竹籤
- 七、 塑膠筒、紙筒、竹筒
- 八、 塑膠地墊

肆、研究過程與方法

研究數據的取得過程：

1. 單次翻轉聲音持續的秒數：箱型電風扇的風向旋轉盤，用於固定翻轉雨棍的力道與速度。同步開啟旋轉盤及計時器，等雨棍上下翻轉1次，再度成為直立狀態時，關閉旋轉盤，待雨棍不再發出聲音，停止計時，此時雨棍中可能有顆粒殘留。
2. 分貝數：翻轉雨棍時，將手機靠近雨棍中心點。待雨棍不再發出聲音，紀錄分貝計顯示的平均值。
3. 聲音波形：將 CyberLink WaveEditor 錄音的時間限制設定在 20 秒。錄音開始 2 秒後，翻轉雨棍至雨棍不再發出聲音時，進行下一次翻轉，並重複進行翻轉動作，直到 20 秒錄音時間結束。CyberLink WaveEditor 顯示的波形，記錄了雨棍翻轉所產生聲音的樣貌，可用以比對單次翻轉聲音持續時間的長短及大小聲。



一、釘子的數量對雨棍聲音的影響。

實驗一	雨棍 1	雨棍 2	雨棍 3
釘子數量	100 支	200 支	400 支

釘子排列方式：螺旋狀
置入顆粒：白米
釘子種類：大頭針
筒子材質：塑膠筒

二、釘子排列方式對雨棍聲音的影響。

實驗二	雨棍 4	雨棍 5	雨棍 6	雨棍 7
釘子排列方式	螺旋-針 距約 0.5cm	螺旋-針 距約 1.0cm	環狀-針 距約 0.8cm	不規則 隨意

釘子數量：200 支
置入顆粒：白米
釘子種類：大頭針
筒子材質：塑膠筒

三、置入顆粒的大小對雨棍聲音的影響。

實驗三	雨棍 10	雨棍 11	雨棍 12
置入顆粒	白米	山粉圓	小米

釘子數量：200 支
釘子種類：大頭針
釘子排列方式：螺旋狀
筒子材質：塑膠筒

四、不同種類的釘子對雨棍聲音的影響。

實驗四	雨棍 16	雨棍 17	雨棍 18
釘子種類	大頭針	竹製牙籤	塑膠牙籤刷

釘子數量：200 支
置入顆粒：山粉圓
釘子排列方式：螺旋狀
筒子材質：塑膠筒

五、不同材質的筒子對雨棍聲音的影響。

實驗五-1	雨棍 19	雨棍 20	雨棍 21
筒子材質	塑膠筒	紙筒	竹筒

釘子數量：150 支
置入顆粒：白米
釘子排列方式：螺旋狀
釘子種類：大頭針

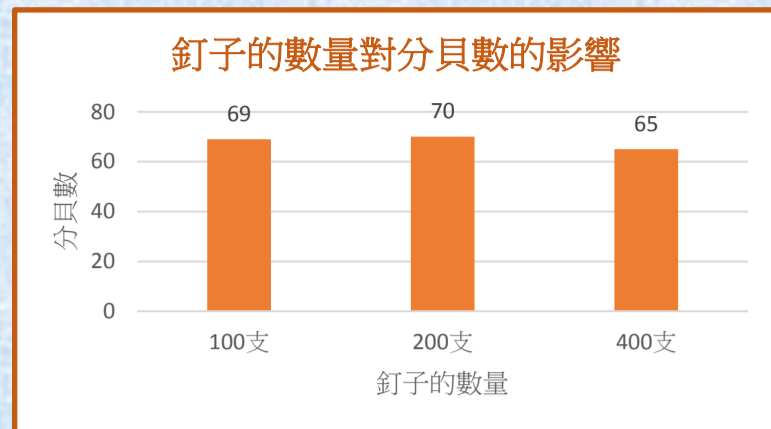
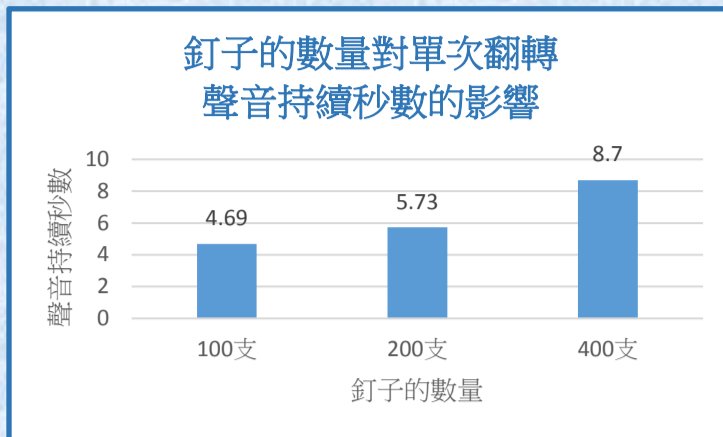
實驗五-2	雨棍 22	雨棍 23	雨棍 24
筒子材質	塑膠筒	紙筒	竹筒

釘子數量：85 支
置入顆粒：白米
釘子排列方式：螺旋狀
釘子種類：竹籤

伍、 研究結果

一、 釘子的數量對雨棍聲音的影響

大頭針的數量越多，對白米的掉落越形成阻礙，雨棍單次翻轉聲音持續的秒數越長，當大頭針多達 400 支時，因彼此間的距離短，大量白米會卡住。400 支大頭針做成的雨棍，聲音的分貝數比 100 支、200 支大頭針的雨棍稍微低一些。從聲音波形，可以看到與上述一致的結果。

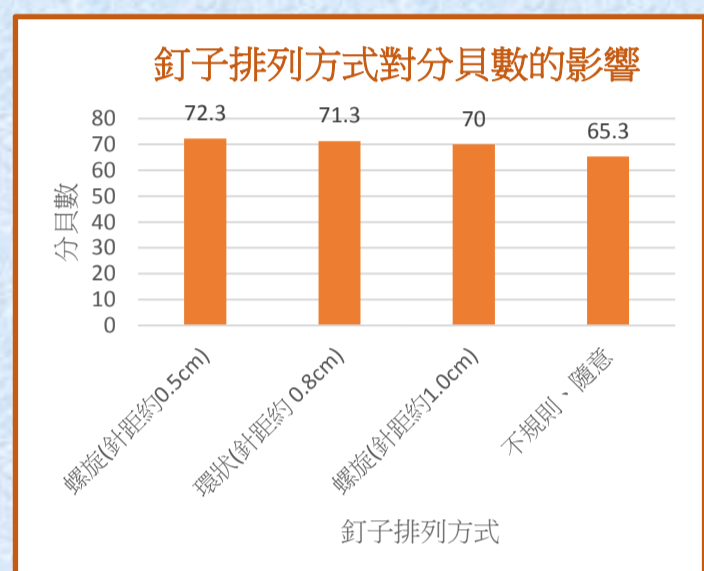
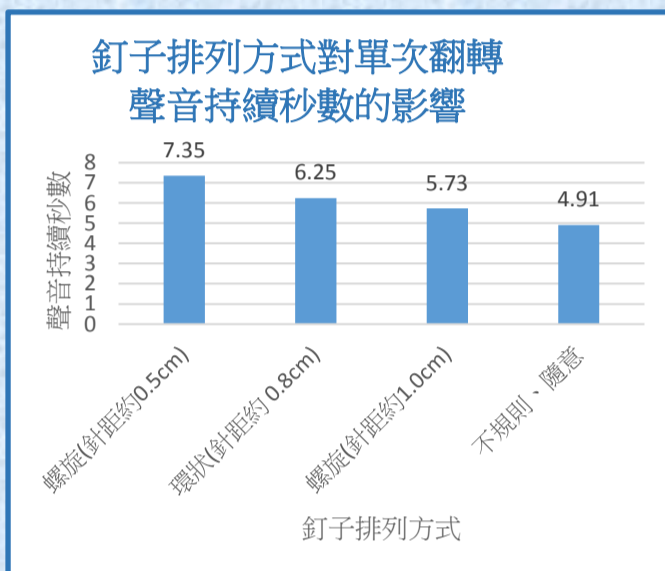


100 支、200 支大頭針的雨棍，大頭針間隙大，白米直瀉而下（圖 5）；400 支大頭針的雨棍，大頭針間隙小，白米除了垂直落下，也會隨著螺旋路徑掉落（圖 6）。

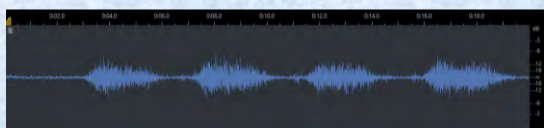


二、 釘子排列方式對雨棍聲音的影響

雨棍 4 因大頭針彼此間左右距離最近、大約 0.5 公分，會阻擋並延緩白米的掉落，雨棍單次翻轉聲音持續的秒數最長、7.35 秒，且白米掉落不完全；而雨棍 5 針距大約 1 公分，白米掉落較無障礙，聲音持續時間短；雨棍 6 大頭針採環狀排列，左右距離 0.8 公分，聲音持續的秒數居次，白米掉落也不完全；雨棍 7 中不規則排列的大頭針散布整個雨棍，針和針之間的距離遠，對白米較少攔阻效果，聲音持續時間最短，僅 4.91 秒。大頭針採不同排列方式，也影響聲音的分貝數，隨著左右的針距越近，分貝數越大。



從波形來看，在聲音持續時間方面，可以看到與上述一致的結果。但在聲音的大小聲方面，雨棍 5 和雨棍 7 波形上下震盪較大、表示聲音較大，與分貝計測量的結果不一樣，推測原因可能是：分貝計顯示的是平均值，聲音的變化過程被稀釋了。



雨棍 4(針距 0.5cm)的聲音波形

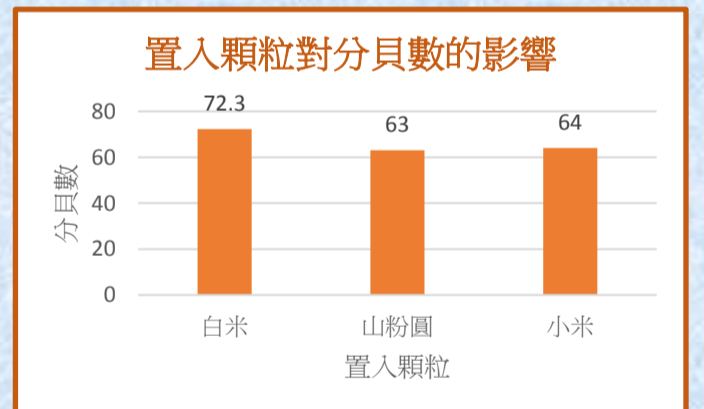
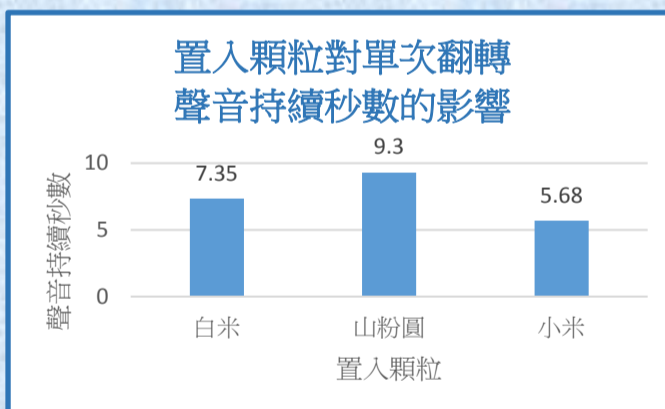
雨棍 5(針距 1.0cm)的聲音波形

雨棍 6(針距 0.8cm)的聲音波形

雨棍 7 的聲音波形

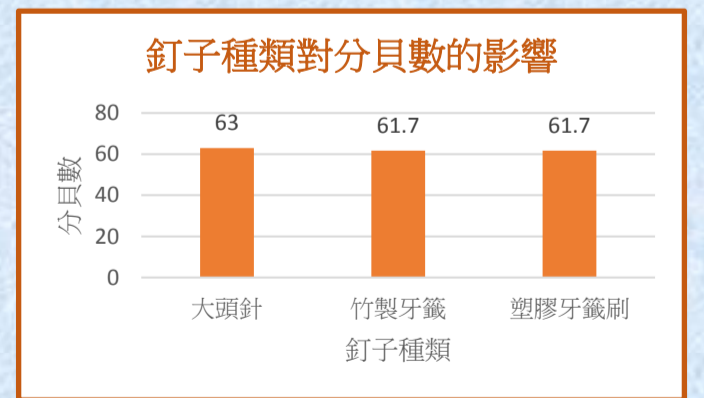
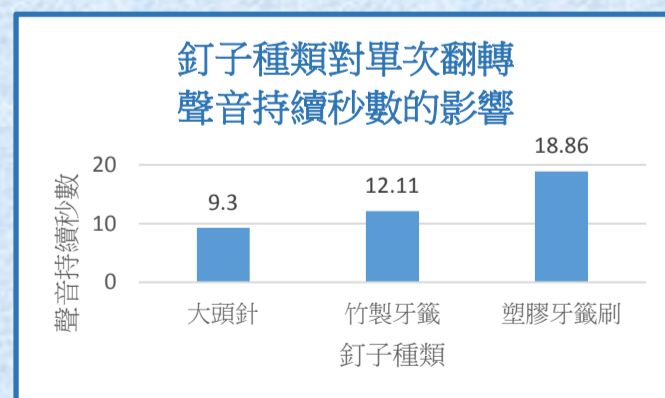
三、 置入顆粒的大小對雨棍聲音的影響

置入的顆粒由大到小分別是白米、山粉圓、小米。結果發現，雨棍單次翻轉聲音持續的時間，以顆粒最小的小米最短，且殘留的顆粒最少。值得注意的是，山粉圓的顆粒雖然也比白米小，但持續時間卻比較長，推測原因是：山粉圓的顆粒較為扁平且單一顆粒重量輕，減緩了掉落的速度。在聲音的分貝數方面，白米顆粒最大，分貝數也最大，山粉圓顆粒雖然比小米大，但因單一顆粒扁平且重量輕，因此產生的聲音最為小聲。從聲音波形，可以看到與上述一致的結果。白米、山粉圓、小米的顆粒掉落路徑相同：有些順著螺旋往下，有些則穿過大頭針的間隙直瀉而下。



四、 不同材質的釘子對雨棍聲音的影響

釘入大頭針的雨棍 16，聲音持續時間最短，其次是釘入竹製牙籤的雨棍 17，聲音持續時間最長的是釘入塑膠牙籤刷的雨棍 18。三個雨棍的白米都有殘留的情形，雨棍 18 殘留在塑膠牙籤刷上的顆粒最多。釘入不同材質釘子的雨棍，聲音的分貝數相差不多。從聲音波形，可以看到與上述一致的結果。同樣釘入 200 支，大頭針較細對山粉圓形成的阻礙較小，直瀉而下的山粉圓多；塑膠牙籤刷較粗且有小刷毛，增加了對山粉圓的阻礙，山粉圓大多順著螺旋而下，只有極少數靠近圓心部位的山粉圓會垂直掉落。



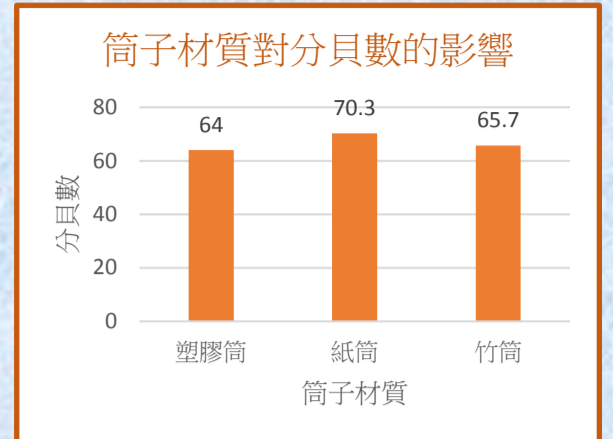
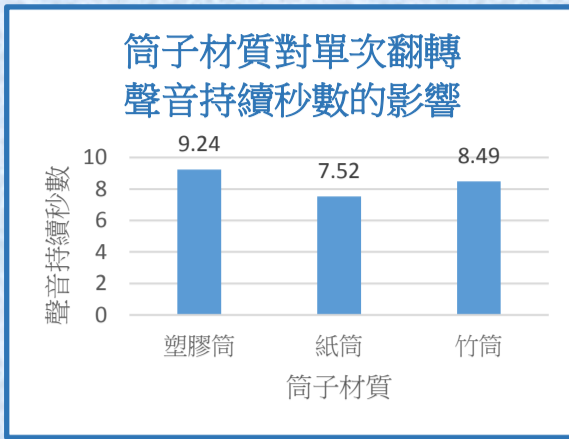
實驗四		雨棍 16 大頭針	雨棍 17 竹製牙籤	雨棍 18 塑膠牙籤刷
單次翻轉				
顆粒殘留情形				
顆粒落下方式	螺旋	○	○	○
	垂直	○	較少	最少

五、不同材質的筒子對兩棍聲音的影響

(一) 釘入大頭針

紙筒兩棍單次翻轉聲音持續時間最短，竹筒兩棍其次，塑膠筒兩棍持續時間最長，可以看見白米有殘留，紙筒和竹筒非透明材質，但以手搖晃可知也有白米殘留。在聲音的分貝數方面，紙筒最大聲，竹筒其次，塑膠筒最小聲。

從聲音波形來看，紙筒最大聲，與分貝計測量的結果一致。而在聲音持續的時間長短方面，計時器與波形量測結果似乎有些微差異，是否為測量誤差所致，有待進一步的探討。



塑膠筒兩棍的聲音波形



紙筒兩棍的聲音波形

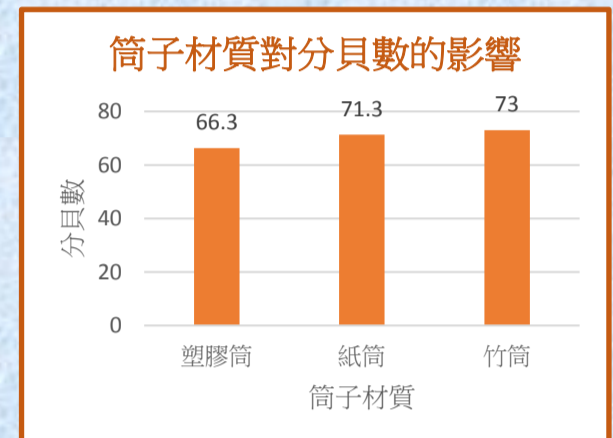
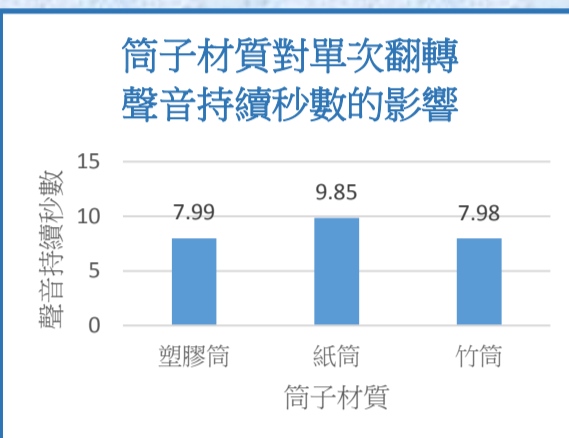


竹筒兩棍的聲音波形

此外，用大頭針釘入竹筒做成的兩棍，聲音清脆悅耳，類似金屬撞擊聲。

(二) 釘入竹籤

塑膠筒兩棍和竹筒兩棍單次翻轉聲音持續時間差不多，紙筒兩棍持續時間最長。塑膠筒兩棍可以看見白米有殘留，紙筒、竹筒非透明材質，但以手搖晃可知也有白米殘留。在聲音的分貝數方面，竹筒最大聲，紙筒其次，塑膠筒最小聲。從聲音波形來看，塑膠筒最小聲，與分貝計測量的結果一致。在聲音持續的時間方面，紙筒在 20 秒內翻轉 3 次，單次翻轉聲音最長，也與計時器測量結果相同。



竹筒、竹籤與白米三者皆屬自然材質，做成的兩棍在所有兩棍中，聲音最接近流水聲。

陸、討論

本研究的最終目的，是找出最接近雨聲或流水聲的兩棍組合，實驗一進行大頭針數量不同的 3 個兩棍之比較，100 支大頭針的兩棍聲音短促，缺乏把玩的樂趣，400 支大頭針的兩棍針距緊密，可把玩的時間久，但聲音較小且製作過程耗時，因此選擇 200 支大頭針做為釘入的數量進入實驗二。

實驗二的 4 個兩棍差異在於釘子的排列方式不同，兩棍 5 和兩棍 7 針距大，白米掉落快、翻轉後聲音持續時間短促，把玩樂趣少。兩棍 4 和兩棍 6 分貝數差不多，但兩棍 4 翻轉後聲音持續時間較綿長，且大頭針如同 DNA 的螺旋排列美觀、十分吸引人，也是在 YouTube 較多人採用的排列方式，因此採用 200 支大頭針、針距 0.5 公分，6 層螺旋的排列方式進入實驗三。

實驗三的 3 個兩棍差異是置入的顆粒不同，小顆粒受阻礙小，翻轉後聲音持續時間短、分貝數小，我們選擇山粉圓進入實驗 4 的主因是：山粉圓的顆粒較為扁平，單一顆粒輕巧，雖然分貝數小，但翻轉後聲音最為綿長，把玩的樂趣多，聲音也好聽。

實驗四的 3 個兩棍的不同處是釘子種類，牙籤和塑膠牙籤刷較粗，兩棍的聲音持續時間長，但殘留的顆粒多，聲音小聲，因此在實驗五中繼續使用大頭針釘入筒子內。

實驗五改變筒子的材質，為使共鳴腔大小一致，三種材質的筒子內徑固定。原本放入的顆粒是在實驗三和實驗四中效果不錯的山粉圓，但在實驗五，山粉圓放入筒身厚度較厚的竹筒後，因其輕巧扁平的特性，聲音很難出來，因此實驗五的顆粒改為白米。實驗五-1 發現釘入大頭針的竹筒發出的聲音最不一樣，聲音清脆，如同金屬撞擊聲，有點像鈴鼓。

因為在 YouTube 上較常看到的釘子是竹籤，我們多加了實驗五-2，改釘入竹籤，結果發現將竹籤釘入竹筒，搭配白米，可做出最接近流水聲的兩棍，把玩樂趣大，聽者覺得聲音有療癒效果。

柒、結論與建議

一、結論

- (一) 大頭針數量越多，兩棍單次翻轉聲音持續的時間越長，400 支大頭針的兩棍分貝數最小。
- (二) 兩棍直立，大頭針左右距離越近者，兩棍單次翻轉聲音持續的時間越長，分貝數越大。
- (三) 置入的顆粒越大，兩棍單次翻轉聲音持續的時間越長，分貝數越大。山粉圓因顆粒扁平且重量輕，聲音持續時間長且分貝數小。
- (四) 釘入的釘子越粗，兩棍單次翻轉聲音持續的時間越長。
- (五) 竹筒搭配竹籤與白米，三者都是自然材質，可做出最接近流水聲的兩棍。

二、建議

- (一) 單純測量兩棍單次翻轉聲音持續的時間與分貝數，對聲音的描述仍嫌不足，可尋求更科學的方法來記錄聲音的樣貌。
- (二) 採用軟質墊板捲黏成塑膠筒，翻轉過程中，軟塑膠筒容易變形影響實驗結果，可嘗試使用硬材質（如壓克力管），但製作過程需先鑽洞，可能較為耗時
- (三) 變換釘子數量、釘子排列方式、置入顆粒、釘子種類、筒子材質，可有千百萬種變化方式，亦可以讓兩棍聲音變化萬千，此次研究完成 16 個兩棍，未來可多加變化嘗試，改變底端與頂端的封口材質、兩棍的粗細和長短、把玩兩棍的方式等，以找出最接近雨聲或流水聲的最佳組合。
- (四) 實驗二與實驗五-1，計時器與分貝計測量之結果，與聲音波形判讀之結果不一致，是否測量不精準或實驗設計有問題，仍待後續研究進一步釐清。