

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

080827

Cuica~鼓譟鼓譟！

學校名稱：臺中市私立明道普霖斯頓國民小學

作者： 小四 蔡孜岑 小四 周聖博 小四 莊子熙 小四 邱敏怡	指導老師： 王懋勳 戴郁奇
---	---------------------

關鍵詞：摩擦、振動、音箱

摘要

Cuica 是巴西特有的樂器，它長得像鼓，但卻是用摩擦的方式發出奇特的聲音。研究後發現它的原理是：**濕布摩擦竹籤 → 竹籤振動 → 帶動罐子底部振動 → 罐子就是音箱放大聲音。**

為了測量的一致性，我們設計了一台**機器**可以**自動演奏 Cuica**。**機器包含 2 部分：模擬手捏摩擦器、模擬手前後推拉器**，這樣才能去除不同人演奏的因素，讓實驗結果更準確。實驗結果發現，**演奏時必須要有適當的緊度、摩擦力摩擦竹籤，才能讓底部振動產生聲音**。另外**圓筒高度、棍子長短無法明顯改變 Cuica 音調**；但是**圓筒直徑、底部材質鬆緊、手壓底部中心緊度可以明顯改變 Cuica 音調**。

最後我們用生活物品自製 Cuica，圓筒底部插一根竹籤，底部要有一點彈性可以振動不能太硬，就可以感受到巴西熱情的音樂了！

壹、研究動機

我們在找題目的時候，看到 Youtube 上有段影片很奇怪，有人拿了一種外觀跟“小鼓”很像的樂器，但是卻不是敲它，而是手在鼓裡面動來動去，而且發出的聲音不是“咚咚咚”的聲音，有點像是猴子叫的聲音。我們從來沒有看過這種樂器，對於它怎麼發出聲音感到很好奇，所以就想研究它的原理，看看能不能用生活中的東西來製作這種有趣的樂器。

★ 與課程相關單元：【奇妙的電】、【力與運動】、【聲音與樂器】

貳、研究目的

- 【研究一】 了解聲音的特性
- 【研究二】 模仿製作 Cuica
- 【研究三】 設計自動讓 Cuica 發出聲音的機器
 - 一、 如何模擬手指隔著濕布捏著竹籤－自製「模擬手捏摩擦器」
 - 二、 如何模擬手前後移動－自製「模擬手前後推拉器」
模仿蒸汽火車頭的輪子－把馬達轉圈變成前後移動
 - 三、 如何讓機器能適合不同大小的鐵罐
- 【研究四】 哪些因素會改變 Cuica 的音調、響度
 - 一、 手拿摩擦物的材質
 - 二、 中間棍子材質
 - 三、 摩擦時手捏的緊度
 - 四、 圓筒直徑
 - 五、 圓筒高度
 - 六、 棍子的長短
 - 七、 圓桶底部材質
 - 八、 手壓底部的緊度
 - 九、 手壓底部的位置
- 【研究五】 用生活中的圓桶狀物品製作 Cuica

參、研究設備及器材

製作工具	電鑽、螺絲起子、線鋸機、
自動摩擦發聲器	木板、木條、螺絲釘、蝶型螺帽、橡皮筋、棉布、強扭力馬達、塑膠模型輪、塑膠燈座蓋、光碟片、熱熔膠、強力快乾膠
Cuica 材料	鐵罐、竹籤、鐵絲、塑膠衣架、木珠、熱熔膠
測量工具	手機 APP-Tuner Pivched、分貝計、相機

肆、研究過程與方法

一、資料查詢：

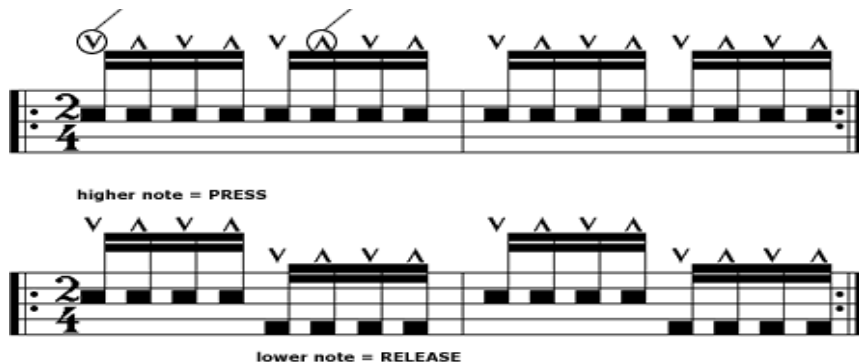
(一)、 什麼是 Cuica ：

外表看起來像鼓一樣，但是只有一面鼓面，上面還綁了一根棍子。



(二)、 如何演奏 Cuica ：

一隻手用濕布摩擦鼓裡面的棍子發出聲音，另一隻手可以按鼓面改變音調。但是從 Cuica 的樂譜來看，它只能發出兩種高低不同音調的音。



二、實驗中測量音調、分貝的方法：

在罐子底部放一支分貝計測響度、一支手機下載 Tuner Pitched 測音調。



- 我們為了實驗公平，設計了一台機器可以自動前後摩擦竹棒。但是機器運轉會有聲音，所以我們先測量了只有機器運轉時的音調、分貝：

只有機器運轉時的情形 (背景情形)	音調	分貝
	測不到	49.8

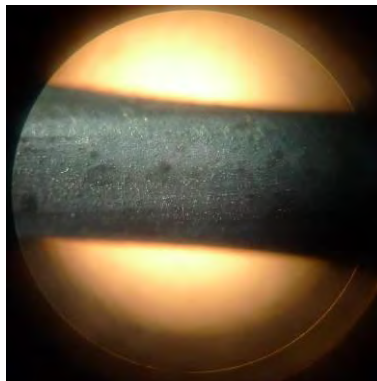
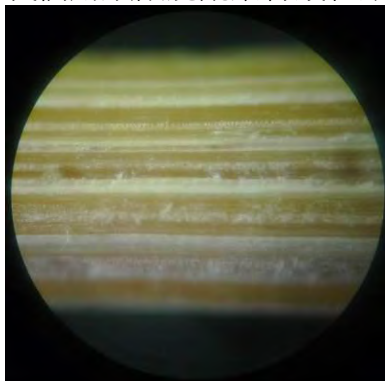
- 推、拉時的音調不同，我們有以下的推測：

A. 手推跟拉的姿勢不太一樣。

可是我們用機器測量時，推、拉時的音調還是不同，所以**假設不成立**。

B. 棍子上的紋路造成的。

我們用顯微鏡觀察竹籤和鐵絲：



竹籤上有凹槽，鐵絲只有一些非常細小的顆粒，可是這兩種材料用機器測量時，推、拉時的音調還是不同，所以**假設不成立**。

C. 推的時候底部是往外凸、拉的時候底部往內凹，這種小變化造成的。

我們做了一個特殊的 Cuica，內外都有棍子。

外面的人推的音調和裡面的人拉的音調時一樣的，**假設成立**。



所以之後我們測量都只取機器拉的時候的數字。

- **每次實驗做 3 次，取平均數字。**
(相機錄影，取拉的時候的最高數字)

三、研究架構

了解聲音的特性



模仿製作 Cuica



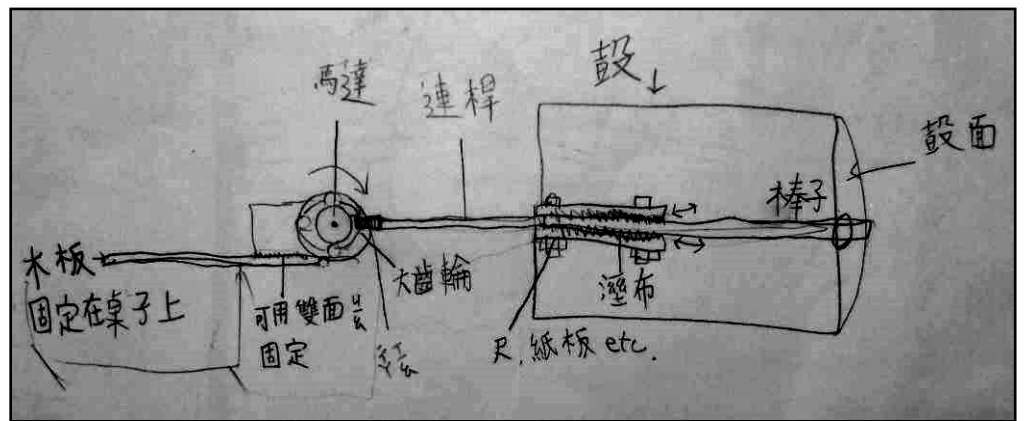
為了實驗公平
設計自動讓 Cuica
發出聲音的機器



哪些因素會改變 Cuica 的音調、響度



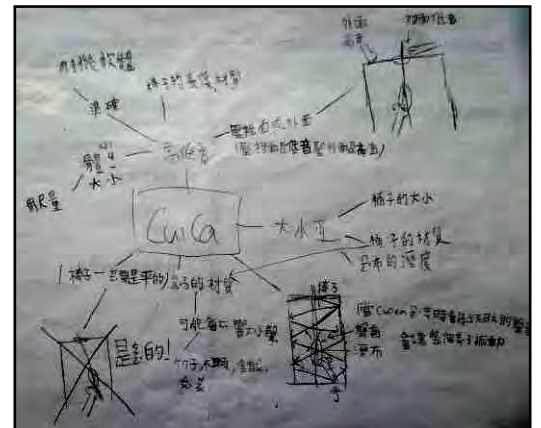
用生活中的
物品製作出
Cuica



模擬手捏摩擦器

模擬手前後推拉器

讓機器能適合
不同大小的鐵罐



手拿摩擦物的材質：要有一定的摩擦力才行，我們選棉布。

中間棍子材質：要有一定的摩擦力才行，我們選竹籤。

摩擦時手捏的緊度：太鬆沒摩擦力沒聲音，太緊很卡不順。

圓筒直徑：直徑越大，重量越重，演奏出的聲音越低。

圓筒高度：高度越高，重量越重，演奏出的聲音越低。

棍子的長短：棍子的長短對音調沒有明顯的影響。

圓桶底部材質：鬆緊度是最主要原因，越鬆越低音。

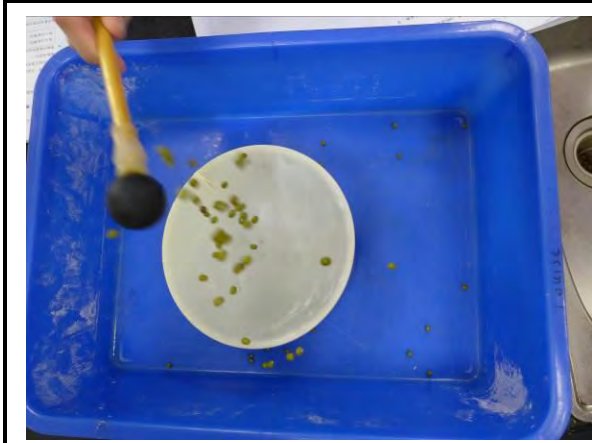
手壓底部的緊度：壓越緊越高音，但是壓太緊會影響振動。

手壓底部的位置：按壓位置越靠近中心，影響越明顯。

研究發現很難在同一個 Cuica 發出完整的音階，只能利用按壓演奏出 2-3 個音調，所以 Cuica 是一種節奏的樂器。
我們想利用生活中各種圓筒，做出屬於我們的 Cuica，讓我們能在台灣就能感受到巴西的熱情音樂。

【研究一】了解聲音的特性

一、響度：



敲越**大力**，綠豆**跳得越高**，鼓面**振動越大**



線加上紙杯(音箱)，可以讓響度加大

二、音調：



杯子裡面的吸管越多，敲起來越低音
由左到右：低、中、高



敲玻璃杯，裝的水越多，聲音越低
水從少到多：高、中、低



我們用小電風扇打紙片發出聲音，而且用不同電壓調整小電風扇的轉速。
轉得越快，紙片發出的聲音越高；
轉得越慢，紙片發出的聲音越低；

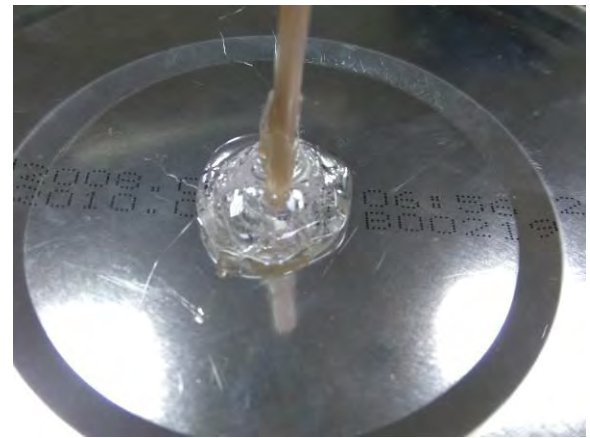
我們發現：

1. 物品越重，發出的聲音越低。
2. 物品振動的越快，發出的聲音越高；物品振動的越慢，發出的聲音越低。

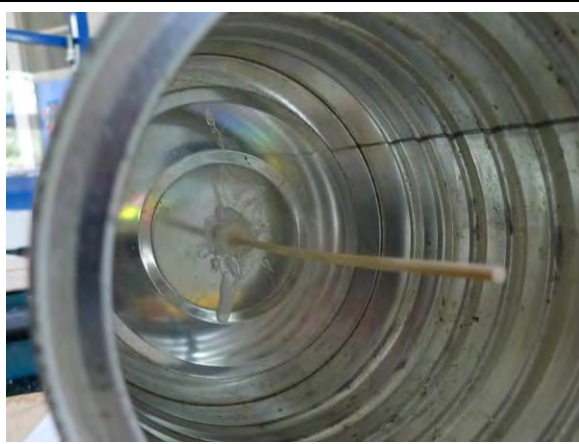
【研究二】模仿製作 Cuica



我們用鐵罐當作 Cuica 的身體



中間鑽孔，穿進竹籤



底部內外都加上一顆珠珠，因為如果只有熱熔膠我們拉一拉竹籤就鬆動了，所以加上珠珠加強固定。

討論：

1. 用濕的棉布摩擦，真的可以發出很大的聲音，摩擦時手有澀澀的摩擦感覺。
2. 用乾的布、或是用手摩擦不會有聲音，而且感覺很滑。
3. 如果只拿一根竹籤用濕布摩擦，只有非常微弱"咻咻"的聲音。
4. 用手按壓鐵罐底部會有不同音調的音，但是按的太大力會變成沒有聲音。
5. 推測 Cuica 發聲的原理：

濕布摩擦竹籤 → 竹籤振動 → 帶動罐子底部振動 → 整個罐子就是音箱放大聲音。

6. 為了實驗公平，所以我們想**設計一台可以自動摩擦 Cuica 的機器**，才不會因為手捏的緊度、手移動的快慢影響實驗結果。



【研究三】設計自動讓 Cuica 發出聲音的機器

一、如何模擬手指隔著濕布捏著竹籤—自製「模擬手捏摩擦器」

1. 討論嘗試各種想法。



在演奏 Cuica 的時候，是手指隔著濕布捏著竹籤。



用鐵絲網綁棉布，但是綁得不夠緊，沒有聲音出來。**失敗。**



用橡皮筋綁濕布在竹籤上，用繩子拉來摩擦竹籤。有聲音，但是只能拉不能推，而且不像是 2 隻手指頭捏著竹籤。**失敗。**



用長尾夾夾著布夾在竹籤上。太緊很不好拉，而且因為夾的範圍小，拉一拉會滑掉。**失敗。**



把曬衣夾後方鑽一個洞，讓竹籤不會離開夾子，但是曬衣夾的力量太弱，沒有聲音。**失敗。**

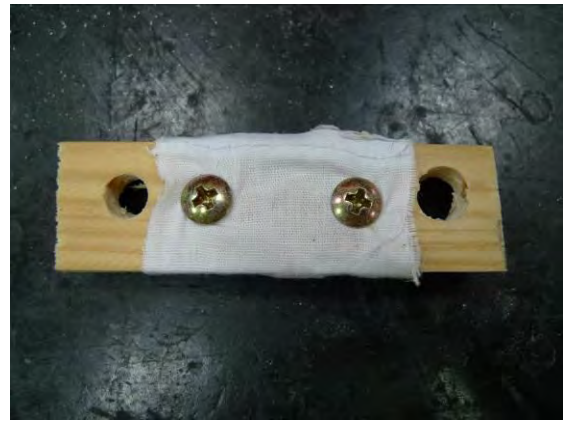


最後我們想用兩片木板隔著布夾住竹籤，比較像手指頭捏住竹籤，而且兩端可以用螺絲螺帽控制緊度。

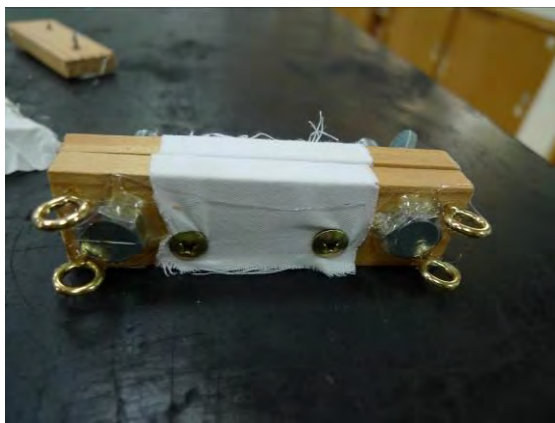
2. 第一代「模擬手捏摩擦器」



切好兩段可以放進奶粉罐的木片，疊在一起鑽 2 個洞，之後要鎖螺絲調整緊度。



兩片木片分別用螺絲釘上棉布。釘子頭要在外側，才不會影響夾竹籤的位置。



木片兩側分別鎖上螺絲還有兩個鉤環。鉤環間再綁上兩條線，當作是推進拉回的地方。



在另外一條木頭上釘上 2 個鉤子，可以勾住線前進後退。



一開始還可以順利的運作。



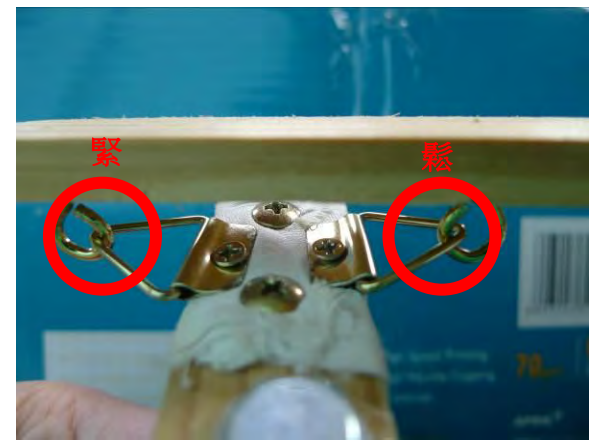
但是幾次之後，出現了嚴重的歪斜，卡在奶粉罐旁。

檢討：因為棉線太寬鬆，所以在拉和推的過程中出現歪斜。所以我們決定拿掉棉線，直接在中間釘一個三角環，確定拉和推的過程都是在中間用力。

3. 第二代「模擬手捏摩擦器」



在木片前後中間各釘一個三角環。



推拉的木條上釘兩個鉤，而且距離要量好，確定推的時候後面的鉤是放鬆的，拉的時候前面的鉤是放鬆的，因為三角環沒有棉線那麼寬鬆



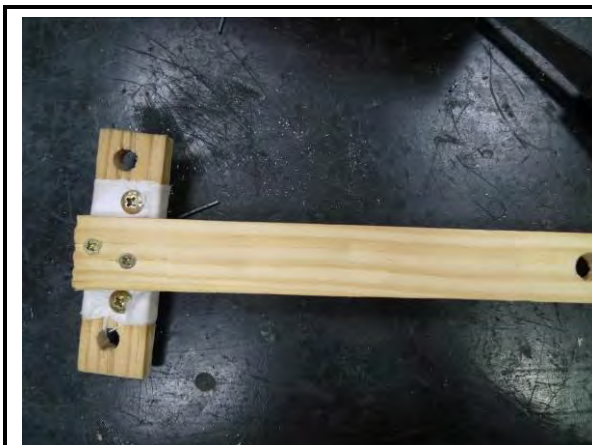
測試時發現拉出來的時候效果很好，也有出現聲音。



但是幾次之後還是出現了嚴重歪斜。

檢討：因為推拉的時候，鉤和環之間有可移動的空間，我們猜這是造成歪斜的原因，所以我們決定直接把推拉的木條釘在兩木片上面。

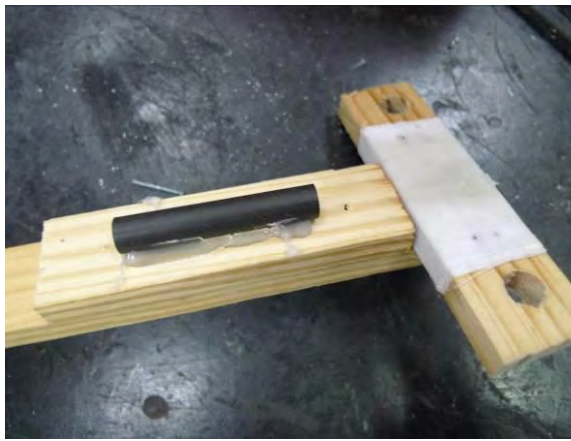
4. 第三代「模擬手捏摩擦器」



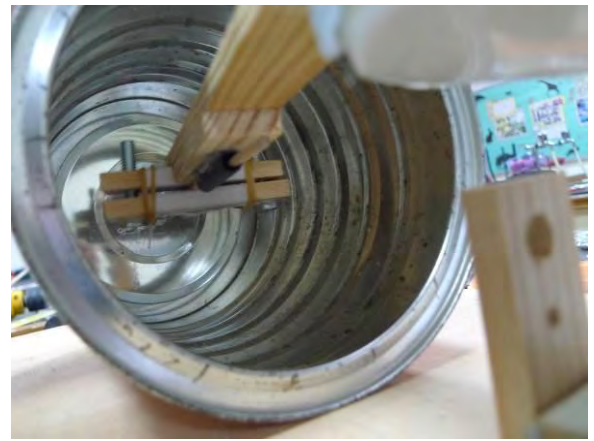
直接把推拉的木條釘在木片上。



但是幾次之後還是出現了嚴重歪斜。



把推拉棒下方釘上木片墊高，再黏上一個黑色塑膠管當作軌道。



這次總算成功，沒有產生歪斜卡住的情形了。

檢討：實驗中我們發現左右兩側的螺絲不容易確保每次都相同緊度，而且推拉幾次之後就會鬆掉，所以我們決定用綁橡皮筋圈數的方式來控制捏的緊度。

讓上下兩片木片不會分開的固定螺絲



軌道，讓它們在推拉過程中不會歪掉。

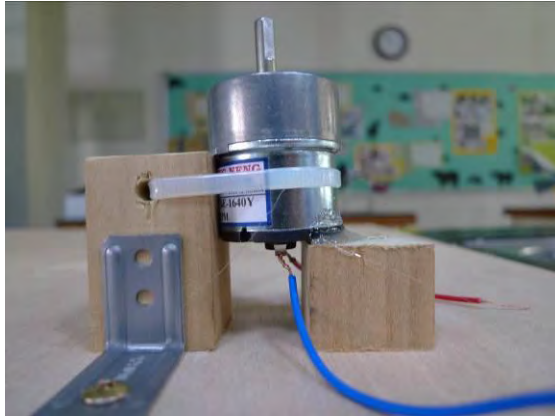
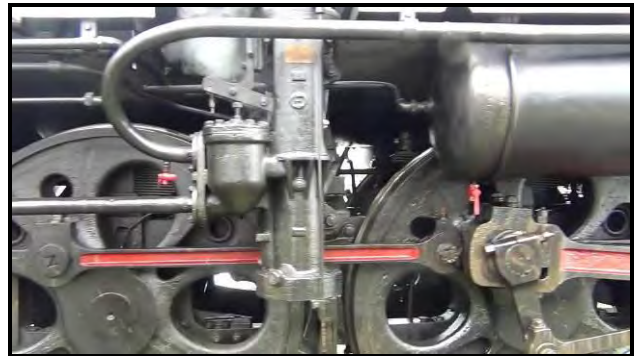
用綁橡皮筋圈數的方式來控制捏的緊度。

二、如何模擬手前後移動 — 自製「模擬手前後推拉器」

設計機器時，我們討論了下面幾個重點：

1. 拉的力量要很大，所以馬達要很有力量。
2. 馬達是轉圈圈的，但是我們需要的是來回移動的力量。

有同學就想到蒸汽火車的輪子好像有這樣的構造，所以我們決定**模仿火車輪的構造**，並且使用**轉動力量很大的強扭力馬達**，因為書局賣的小馬達用手一捏就停下來了。



把強扭力馬達綁在木條上。



把4片光碟黏在一起，在邊緣鎖上一條螺絲，中間在用熱熔膠黏在馬達軸心上。



正在往後拉。



正在往前推。

檢討：竹籤摩擦力太大，馬達雖然很夠力拉的動，但是中間軸心黏接的地方受不了會分開，所以要找更好的連接方式。



燈座塑膠蓋鑽 3 個洞，鎖上 3 根螺絲。



燈座塑膠蓋上黏光碟片。



把樂高車輪用快乾強力膠黏在馬達軸心上



把塑膠蓋上的 3 根螺絲釘插進樂高車輪的洞裡。



運轉過程中，推拉棒有時會往上翹。



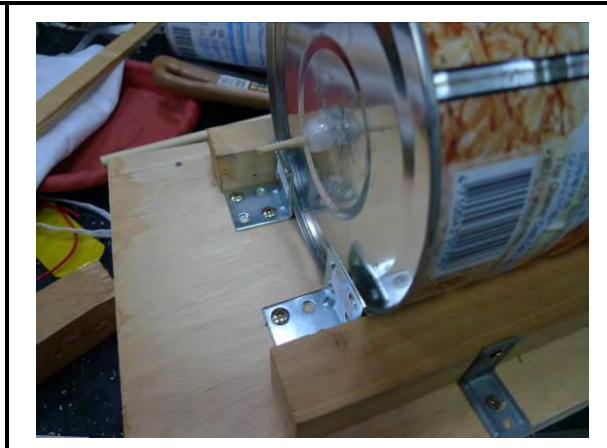
用兩個碟型螺帽鎖緊卡在上面，讓推拉棒有旋轉空間但是又不會被鎖死。**不能只用一個螺帽，因為機器的震動會讓它越鎖越緊，把推拉棒卡住！**

檢討：測試後我們發現

1. 「模擬手捏摩擦器」因為加了黑色塑膠管軌道，運作得很順利。
2. 運作時竹籤會稍微隨著光碟轉動左右搖擺。
3. 「模擬手前後推拉器」固定的非常好，馬達和光碟的連接點不會脫落。

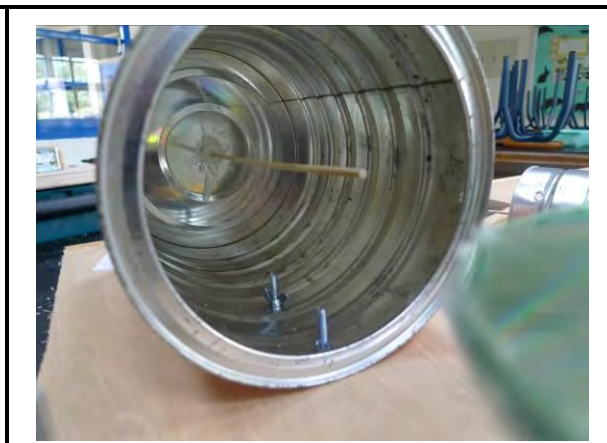
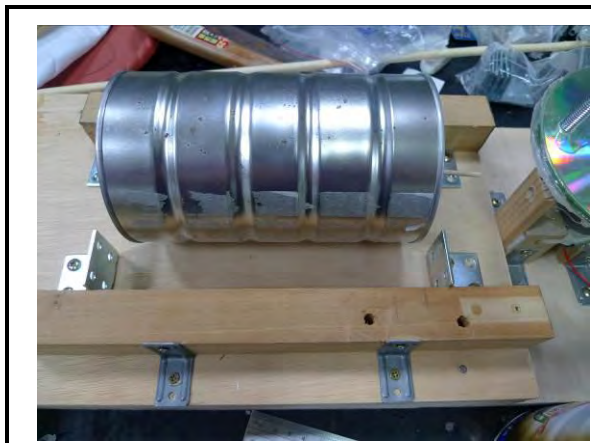
三、如何讓機器能適合不同大小的鐵罐。

為了減少誤差，鐵罐不能用人手固定。



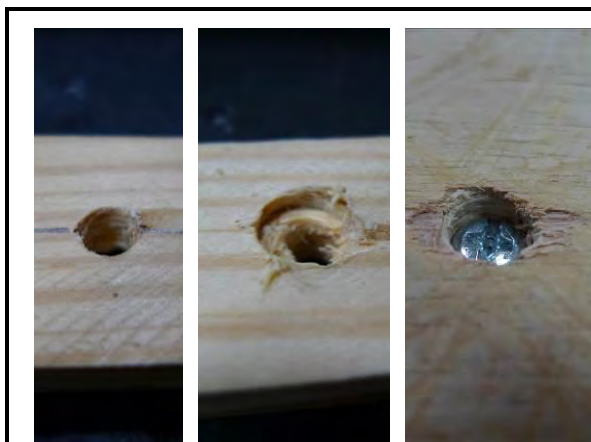
兩邊用木條卡緊，前後都用直角鐵片卡緊，運轉時非常順利，鐵罐都不會亂跑。

但是，如果換成別的大小的罐子就卡不住了。大小差一點點都不行，因為運轉過程中鐵罐會翹起來。



罐子太小卡不住，如果為了每種不同的大小的罐子釘不同的直角鐵片太麻煩了。

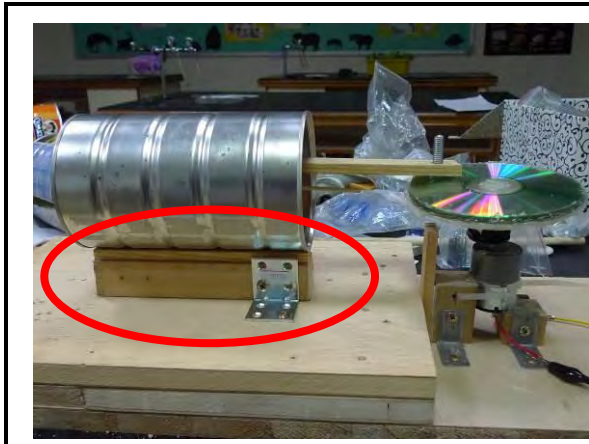
所以我們決定在鐵罐上鑽固定距離的2個洞，用鎖螺絲的方式固定。



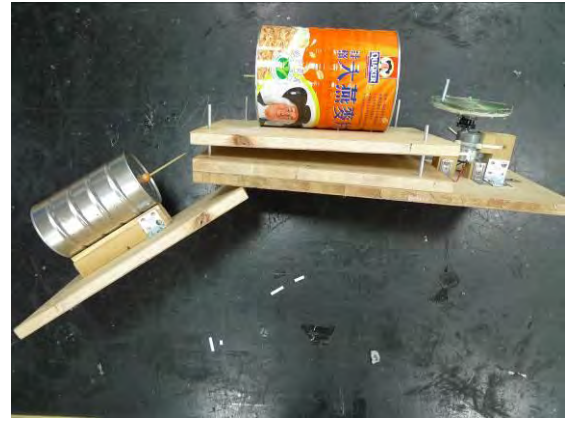
木片鑽洞後，在背面用更粗的鑽頭再鑽一下，這樣螺絲釘就可以整個埋進去，頭不會跑出來



中大型鐵罐就直接鎖上去進行測試。



小型鐵罐下面加了木條，一樣是用鎖螺絲的方式固定。



為了方便替換，我們還做了可以快速更換底座的设计。

【研究四】哪些因素會改變 Cuica 的音調、分貝

一、手拿摩擦物的材質

影片中的人拿了一塊像布的東西沾濕了後開始演奏 Cuica，我們想知道不同材質的布會不會影響聲音，還有是不是一定要沾濕之後才能演奏。我們找了四種常見材質：

- 棉布-細棉線
- 抹布-聚酯纖維
- 頭巾-聚酯纖維 80%+棉 20%
- 工地手套-粗棉線

1. 測試這 4 種材質的摩擦力

我們把布料黏在桌上，上面放 500g 的水瓶，用彈簧秤去拉它。用相機錄影彈簧秤的數字變化，之後再放到電腦上看。一開始彈簧秤的數字會一直增加，但是瓶子移動時數字會突然往下掉，我們要找到那個彈簧秤最大的數字，就代表這塊布的摩擦力。



實驗發現：沾濕的布料摩擦力會比乾燥的還要大，棉布差距最大。

2. 實際用 4 種布料演奏 Cuica

我們把 4 種布料釘在「模擬手捏摩擦器」上，分別在乾的和濕的情形下用機器演奏 Cuica，紀錄音調和響度。



【乾的情形】

	音調(HZ)	響度(dB)	紀錄
棉布	X	58.7	沒有成功演奏。
抹布	182.1	62.8	只出現 2 聲，其他沒有成功演奏。
頭巾	X	57.9	沒有成功演奏。
手套	X	59.3	沒有成功演奏。

【濕的情形】

	音調(HZ)	響度(dB)	紀錄
棉布	178.9	92.9	全部都演奏成功。
抹布	178.5	91.6	有 2 下沒聲音。
頭巾	X	63.3	沒有成功演奏。
手套	179.5	92.1	有 3 下沒聲音。

3. 實驗討論：

- 乾的情形下，4 種布料都不能全部成功演奏。
- 濕的情形下，根據實驗發現 4 種布料的摩擦力都有增加，所以演奏成功的情形也增加了。
- **只有濕棉布完全演奏成功，根據實驗數據發現濕棉布的摩擦力是最大的。**
- 濕頭巾完全失敗，根據實驗數據發現濕頭巾的摩擦力是最小的。
- 所以**要成功演奏 Cuica 要有一定的摩擦力**，摩擦力太小會沒有聲音，這就是為什麼影片中的人要把布沾濕。
- 最後我們**選擇棉布**當成我們實驗的主要材料。
- 大家都想說有水會滑倒不是會減少摩擦力嗎？上網查資料發現有水不一定會減少摩擦力，像數鈔票有人會習慣沾一下口水才比較好數。

二、中間棍子材質

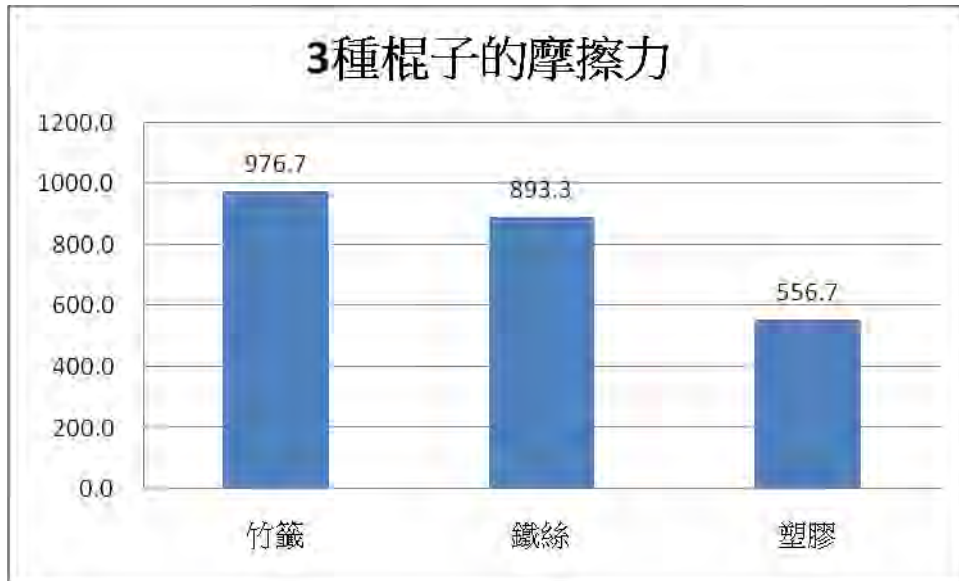
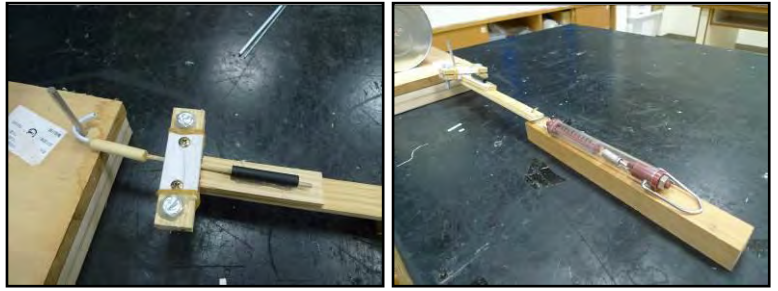
我們找了 3 種材質：

鐵絲、塑膠衣架、竹籤

1. 測試這 3 種材質的摩擦力

我們把釘上濕棉布的「模擬手捏摩擦器」夾住這 3 種棍子，

用彈簧秤拉，一樣用相機記錄數字變化。當「模擬手捏摩擦器」滑動時的瞬間，記錄到彈簧秤的最大數字就是摩擦力。

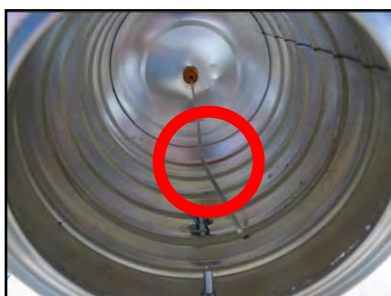


2. 把 3 種棍子裝在 Cuica 中實際演奏

	音調(HZ)	響度(dB)	紀錄
竹籤	183.9	93.0	全部都演奏成功。
鐵絲	182.4	92.1	有 2 下沒聲音，而且最後卡住，因為鐵絲彎曲了
塑膠	X	59.9	沒有成功演奏。

3. 實驗討論：

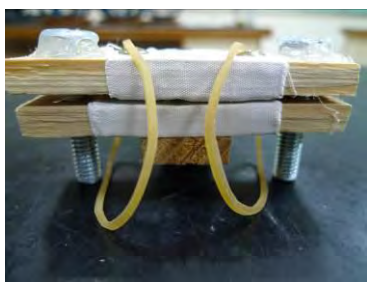

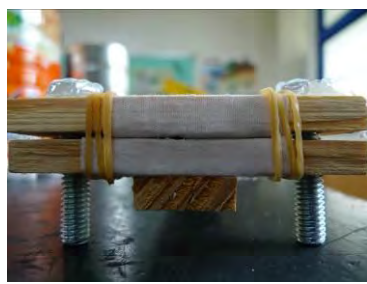
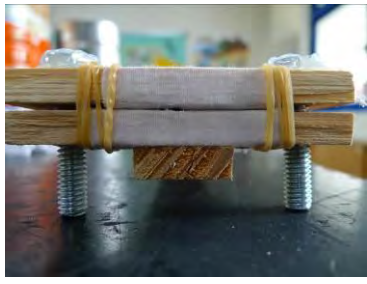
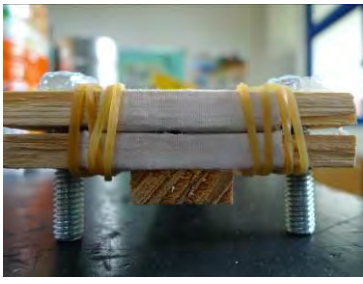
- 塑膠摩擦力最小，實際測試演奏沒有成功。
- 竹籤和鐵絲的摩擦力沒有相差太多，所以都演奏成功，而且音量幾乎同。但是鐵絲還是有 2 下失敗。
- 這樣的結果符合上個實驗結果：**要成功演奏 Cuica 要有一定的摩擦力。**
- 最後我們**選擇竹籤**當作我們實驗的主要材料。



鐵絲最後會彎曲導致卡住，竹籤比較有彈性。

三、摩擦時手捏的緊度

我們想知道濕布捏竹籤的緊度會不會影響演奏的聲音，所以用橡皮筋綁的圈數來控制「模擬手捏摩擦器」夾竹籤的緊度。

		
一圈根本沒綁到，所以不做。	捆兩圈	捆三圈
		
捆四圈	兩條橡皮筋個綁兩圈	

	音調(HZ)	響度(dB)	紀錄
不綁	X	57.8	沒有成功演奏。
2 圈	156.0	73.4	太鬆，有 3 下沒聲音
2 個 2 圈	158.0	92.5	拉的時候很順，推的時候聲音斷斷續續。
3 圈	157.9	95.8	拉的時候有一點卡，推的時候聲音斷斷續續。
4 圈	167.9	101.8	推、拉一直都是斷斷續續的，沒有演奏的感覺。

實驗討論：

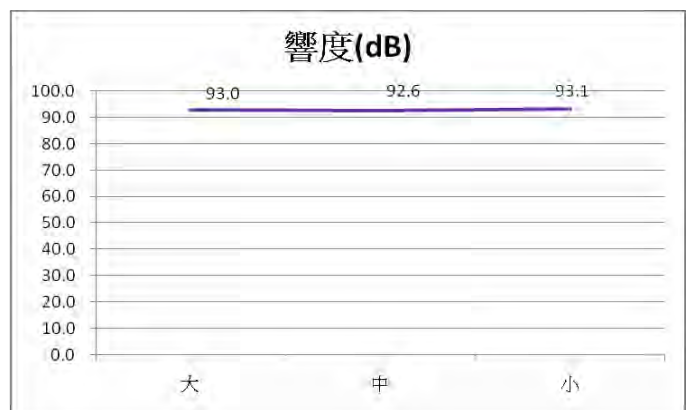
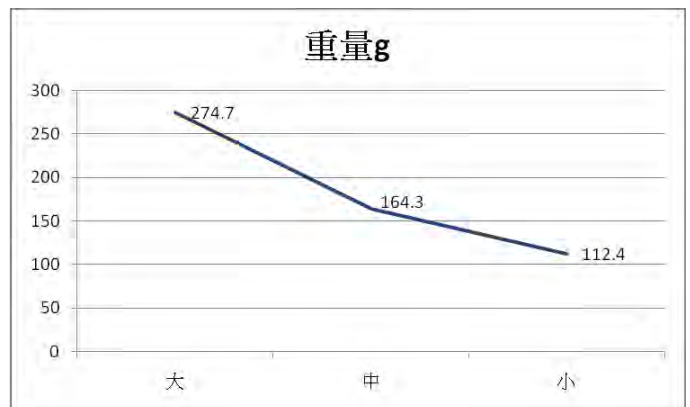
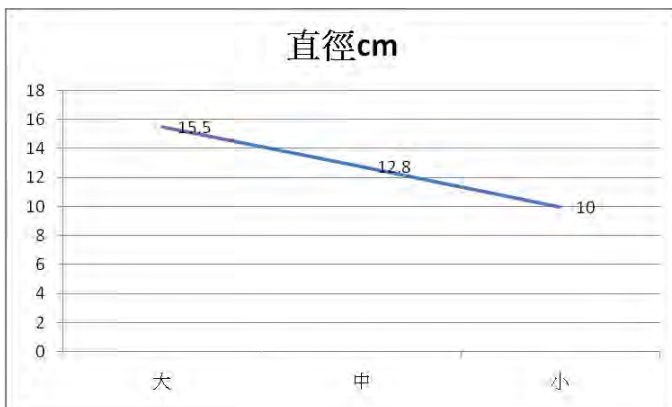
- 太鬆很容易沒有聲音，符合之前**成功演奏 Cuica 要有一定的摩擦力的**結果。
- 緊度影響音調不會很大，一直到綁 4 圈很緊才高 10HZ。
- 越緊聲音會越來越大聲。
- 太緊會因為摩擦力太大拉不動，所以聲音會斷斷續續的。實際用手捏很緊演奏雖然有聲音，但是很不順很卡。
- 所以根據實驗結果，我們**選擇兩邊各綁 2 條橡皮筋 2 圈來當作手捏緊度**。
- 實際演奏的時候只要手指微微握著竹籤上下移動，很容易就能發出聲音了。

四、圓筒直徑

我們找了三個相同高度、不同直徑的鐵罐進行實驗。



鐵罐大小	直徑 cm	高度 cm	重量 g	音調(HZ)	響度(dB)
大	15.5	16.9	274.7	157.0	93.0
中	12.8	16.9	164.3	206.8	92.6
小	10	16.9	112.4	362.8	93.1



實驗討論：

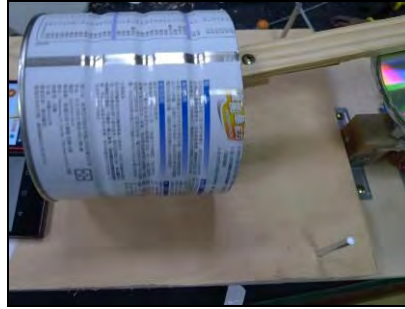
- 罐子的大小對響度沒有太大的影響。
- 罐子直徑越大音調越低；罐子直徑越小音調越高。
- 實驗結果符合我們之前對聲音的認識實驗：物品越重，發出的聲音越低。

五、圓筒高度

我們用同一個鐵罐，每做一次實驗就把它切短一點，共作 3 種高度。



長

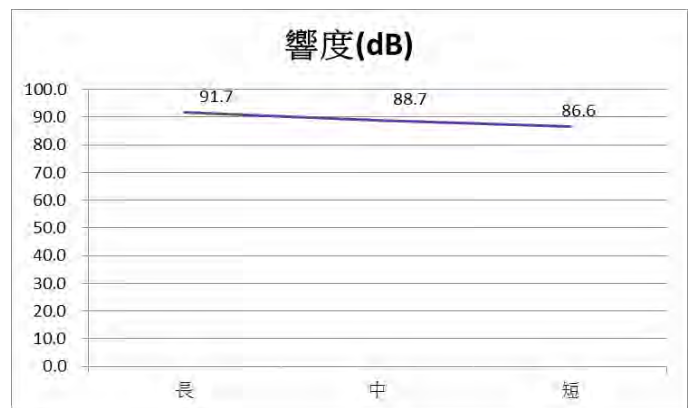
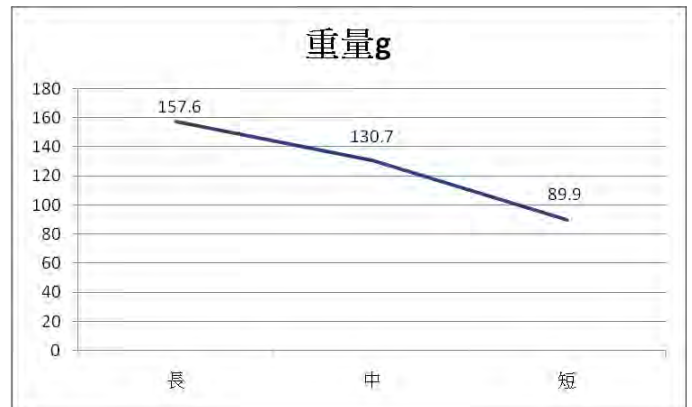
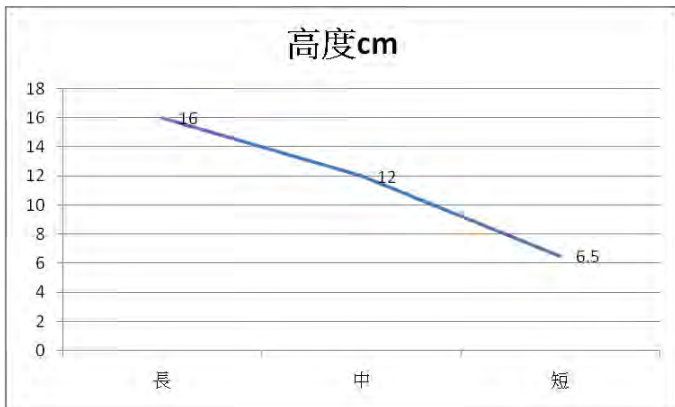


中



短

鐵罐大小	直徑 cm	高度 cm	重量 g	音調(HZ)	響度(dB)
長	12.7	16	157.6	434.6	91.7
中	12.7	12	130.7	518.5	88.7
短	12.7	6.5	89.9	590.1	86.6



實驗討論：

- 罐子的高度對響度有一點影響，**罐子越高，裡面空間越大，響度越大。**
- 罐子**高度越高音調越低**；罐子**高度越低音調越高**。
- 實驗結果符合我們之前對聲音的認識實驗：**物品越重，發出的聲音越低。**

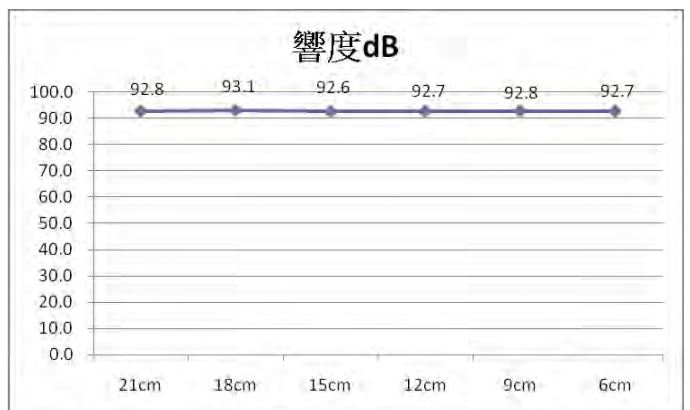
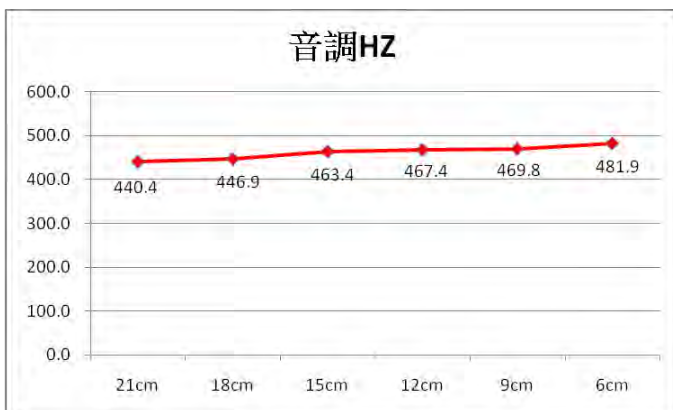
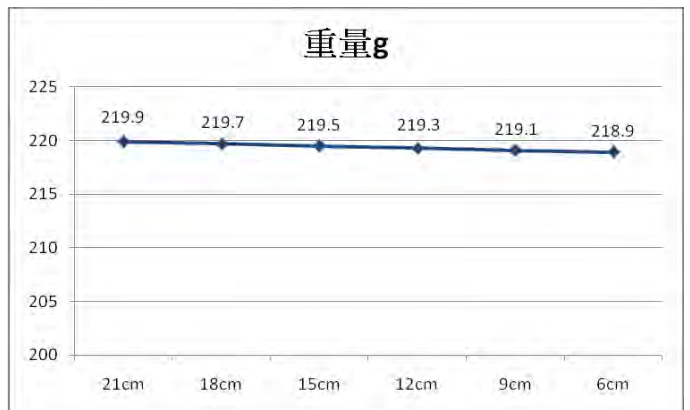
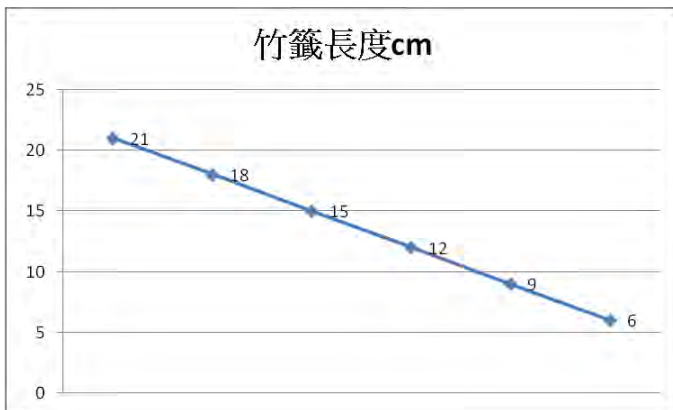
六、棍子的長短

我們用同一個鐵罐、同一支竹籤，每做一次實驗就把竹籤剪短 3 公分。



竹籤長度 cm	重量 g	音調(HZ)	響度(dB)
21	219.9	440.4	92.8
18	219.7	446.9	93.1
15	219.5	463.4	92.6
12	219.3	467.4	92.7
9	219.1	469.8	92.8
6	218.9	481.9	92.7

MIDI number	Note name	Keyboard	Frequency
53	F3		174.61
54	G3		196.00
55	A3		220.00
56	B3		246.94
57	C4		261.63
58	D4		293.67
59	E4		329.63
60	F4		349.23
61	G4		392.00
62	A4		440.00
63	B4		493.88
64	C5		523.25



實驗討論：

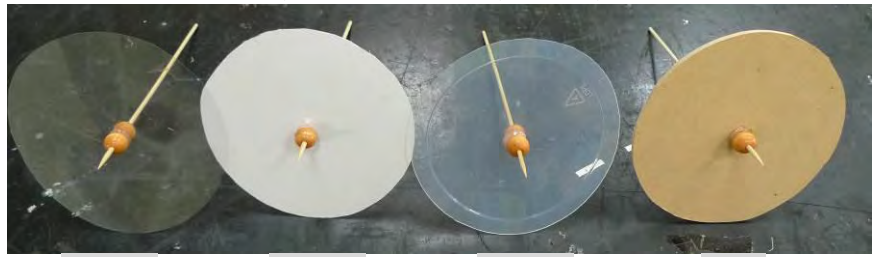
- 竹籤的長度對響度沒有太大的影響。
- 竹籤越短，音調會越來越高，但是幅度非常小。
- 我們對照了音階頻率表，發現 A4【La】和隔壁 B4【Si】的頻率差了 53.88 HZ，所以竹籤最長 21cm 和最短 6cm 相差的頻率還不到 1 個音。

七、圓桶底部材質

我們把鐵罐底部用開罐器切開，在同一個鐵罐上分別黏上五種不同材質。



乳膠手套



塑膠片

厚紙板

奶粉蓋

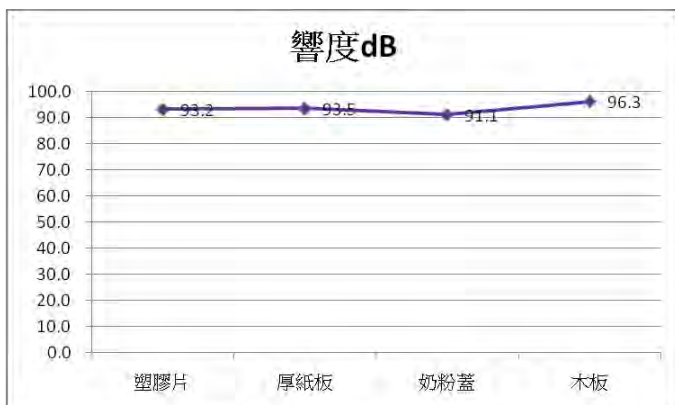
木板

1. 乳膠手套實驗無法進行，因為它太軟了，所以機器一拉一推手套就跟著伸縮，拉不出聲音。



2. 實驗結果：




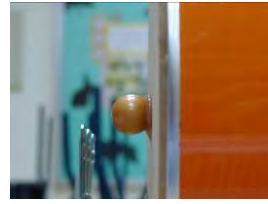








罐底材質	重量 g	音調(HZ)	響度(dB)
塑膠片	9.7	246.0	93.2
厚紙板	13	291.3	93.5
奶粉蓋	16.1	238.4	91.1
木板	66.6	485.6	96.3



特殊情況：

- 這次實驗竟然重量越重，音調越高，這跟前面的實驗結果都不相同。
- 後來我們更仔細觀察討論，這可能跟這 4 種材質鬆緊度有關係，請看下一頁的詳細照片。
- 木板很厚很硬，就像鼓皮拉很緊，所以高音。
- 所以我們可以更確定 Cuica 的發聲原理：**摩擦竹籤振動→帶動底板振動→圓筒放大聲**

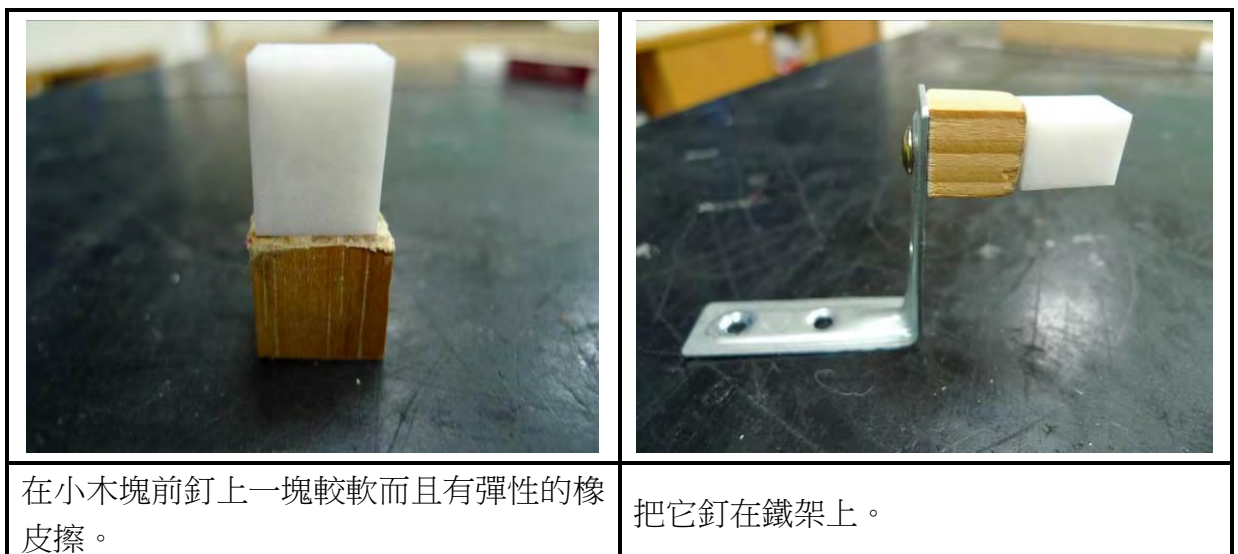
3. 四種材質的鬆緊情形：

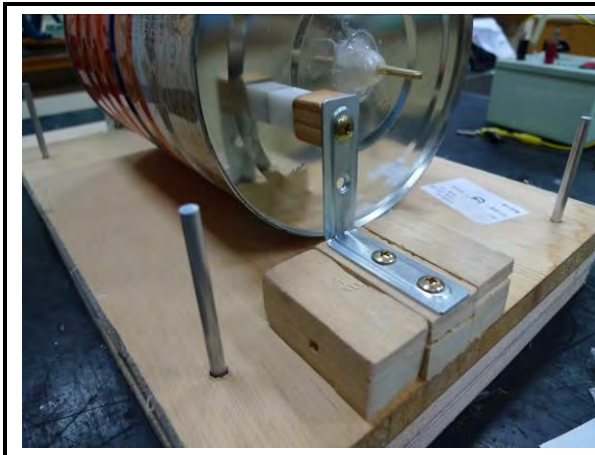
	塑膠片	厚紙板	奶粉蓋	木板
靜止				
拉				
推				

- 塑膠片和奶粉蓋推的時候珠珠凸出來最多，所以代表它們最鬆，音調差不多是最低的。
- 厚紙板鬆緊度中等，所以音調在中間。
- 木板很厚很硬，壓起來沒有彈性，珠珠沒有凹進去或凸出來，所以音調最高。
- 可是就是因為木板太硬沒有彈性，所以不容易振動，我們要把橡皮筋綁到 4 圈才能夠摩擦出聲音。

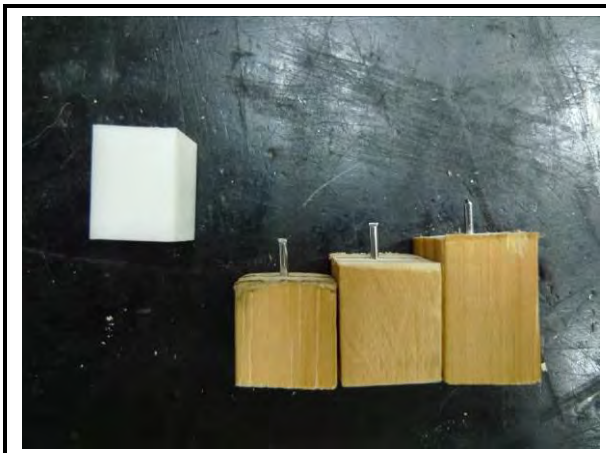
八、手壓底部的緊度

上個實驗發現底部的鬆緊會影響音調的高低，所以我們想測試是不是底部越緊 Cuica 的音調就會越高。





把鐵架釘在鐵桶後方，讓橡皮擦頂在底部，模擬手指頭按壓底部，讓底部變緊。



我們用同一塊橡皮擦，但是更換不同長度木塊，越長的木塊代表壓的越緊。

	木塊 長度	音調 (HZ)	響度 (dB)
無按壓	0	294.6	92.6
緊度小	1.5	301.1	92.2
緊度中	1.8	308.0	90.8
緊度大	2.1	312.2	90.9



實驗討論：

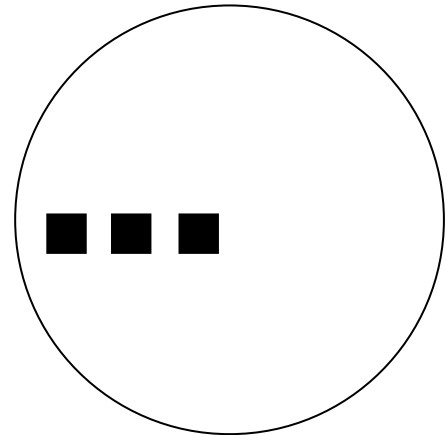
- 底部緊度對響度沒有太大的影響。
- 底部越緊，音調越高。但是我們覺得變化不大，所以我們想按壓其它位置，看看會不會有更明顯的變化。

九、手壓底部的位置

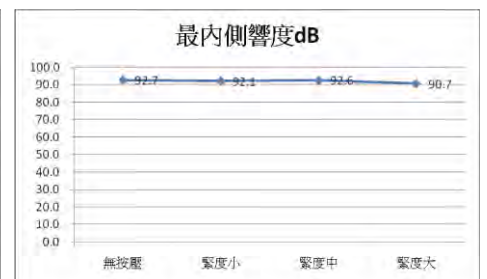
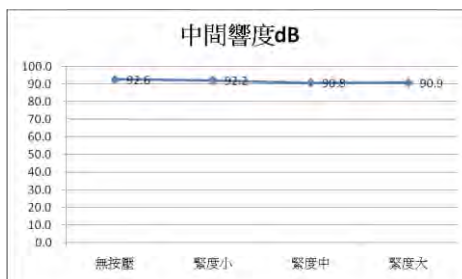
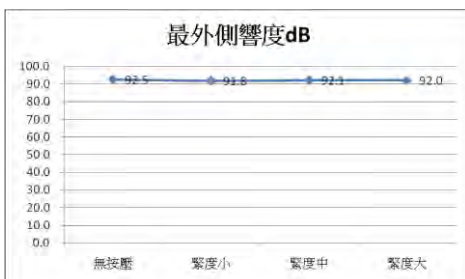
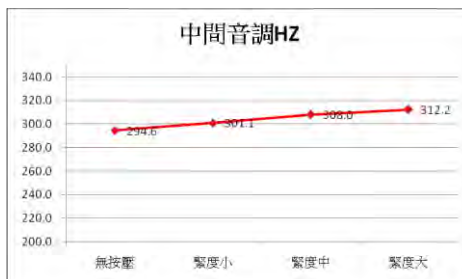


另外增加 2 個鐵架，讓他們從圓周到圓心平均分配。

按壓位置



	外側		中間		最內側	
	音調(HZ)	響度(dB)	音調(HZ)	響度(dB)	音調(HZ)	響度(dB)
無按壓	296.1	92.5	294.6	92.6	296.2	92.7
緊度小	296.6	91.8	301.1	92.2	312.7	92.1
緊度中	296.3	92.1	308.0	90.8	329.3	92.6
緊度大	298.4	92.0	312.2	90.9	346.9	90.7



實驗討論：

- 按壓的位置越靠近中心點，音調的變化越明顯。
- 按壓邊緣的位置，音調幾乎不會改變。
- 我們有實際用手按壓看看能不能演奏出音階，但是發現非常難控制音調，難怪 Youtube 演奏 Cuica 的影片只有 2 種音，把它當作配樂型樂器。








演奏時按壓中間

【研究五】用生活中的桶狀物品製作 Cuica

我們本來想用大寶特瓶來做我們自己的 Cuica，用寶特瓶的高度來控制高低音，但是後來發現寶特瓶本身就很輕，減少它的高度重量也不會差多少，所以音調不會有變化。所以我們就變成用生活中各種不同的桶狀物來做做看 Cuica，觀察他們的特色。



音域	照片	高 cm	直徑 cm	材質	說明
低音		17	12.8	鐵 + 塑膠布	因為塑膠布綁起來 很鬆 ，所以它是全部裡面 最低音 的，聲音也比較小。
		20.5	15.5	鐵 + 厚紙板	因為 厚紙板沒有到很緊 ，振動情形很好， 所以聲音低 。而且音箱很大，很大聲。
		27	25.5	塑膠 + 塑膠	它是用大垃圾桶底部打洞作成的。雖然塑膠比較應算是比較緊，但是 因為它是一體成型 ，算是重量重的， 所以聲音低 。而且音箱超大，很大聲。
		24.5	17	塑膠 + 厚紙板	因為 厚紙板沒有到很緊 ，振動情形很好， 所以聲音低 。而且音箱很大，很大聲。

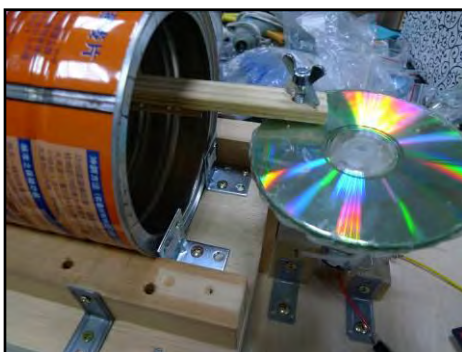
音域	照片	高 cm	直徑 cm	材質	說明
中音		14.3	13.5	塑膠 + 厚紙板	因為塑膠桶直徑比剛剛低音大桶的小，所以就算材質一樣都是厚紙板，但是重量比較輕，所以比較起來是中音。
		16	12.2	鐵 + 鐵片	雖然鐵片比較重一些，但是直徑小，所以是中音。
		24.5	22.5	塑膠 + 塑膠	雖然是中音部分裡面直徑最大的，但是因為是一體成型的塑膠，所以底部比其他的緊，所以是中音。
		15	10.5	塑膠 + 厚紙板	因為塑膠桶直徑比剛剛低音大桶的小，所以就算材質一樣都是厚紙板，但是重量比較輕，所以比較起來是中音。
高音		17	10	鐵 + 鐵片	裡面直徑最小的，所以底部鐵片重量比較輕，所以是高音。

音域	照片	高 cm	直徑 cm	材質	說明
高音		20.5	15.5	鐵 + 木片	雖然底面積大，但是木片有厚度，很硬，幾乎沒彈性，算是很緊的，所以是高音。
		22	20	塑膠 + 塑膠	最小的垃圾桶，所以重量輕，又是一體成型的塑膠，所以是高音。
		12	8.7	塑膠 + 厚紙板	直徑最小的紙片，重量比較輕，所以是高音。

伍、研究結果與討論

一、關於「設計自動讓 Cuica 發出聲音的機器」的發現：

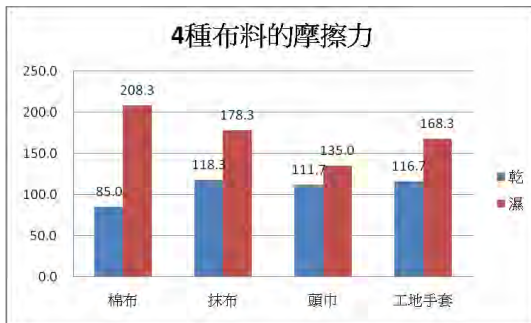
1. 演奏自製 Cuica 時，就算是同一個樂器，但是不同人演奏聲音還是有一點點的不同。
2. 雖然研發機器的過程很難很辛苦，但是之後的所有測試都是用機器進行測試，讓我們對研究的數據很放心。
3. 這個研究讓我們知道所有的實驗一定要公平，實驗出來的數字才能令人相信。



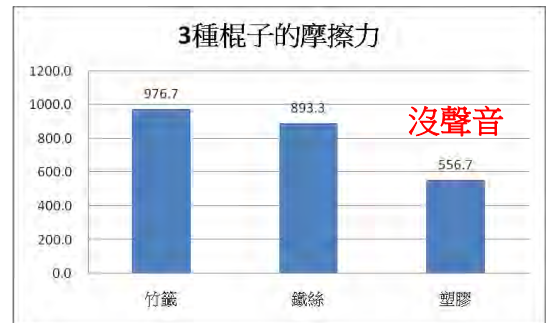
二、關於 Cuica 的發聲原理：

濕布摩擦竹籤 → 竹籤振動 → 帶動罐子底部振動 → 整個罐子就是音箱放大聲音

1. 布一定要**沾濕**，摩擦力才夠。

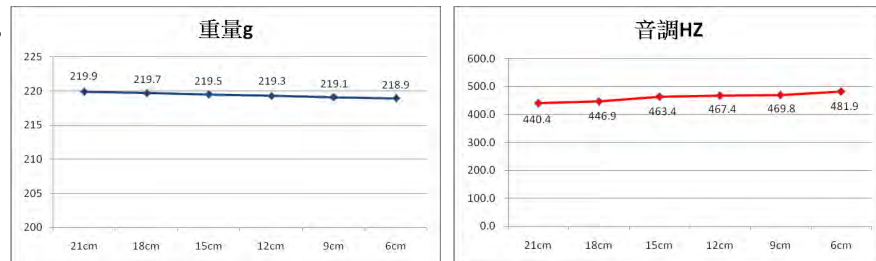


2. Cuica 中間的棍子不能太光滑



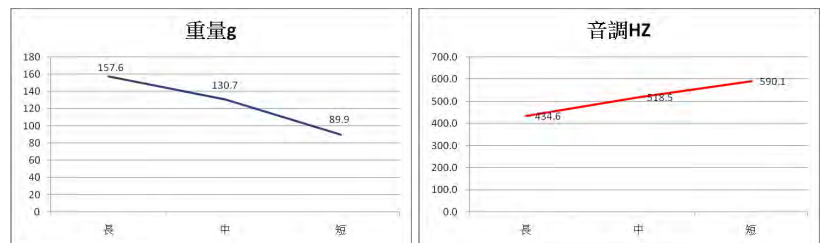
要演奏 Cuica 要有足夠的摩擦力，有摩擦力才有振動。

3. 中間棍子的長短對於音調高低的影響不明顯，因為被剪斷的竹籤重量太少了，只有 0.2g。



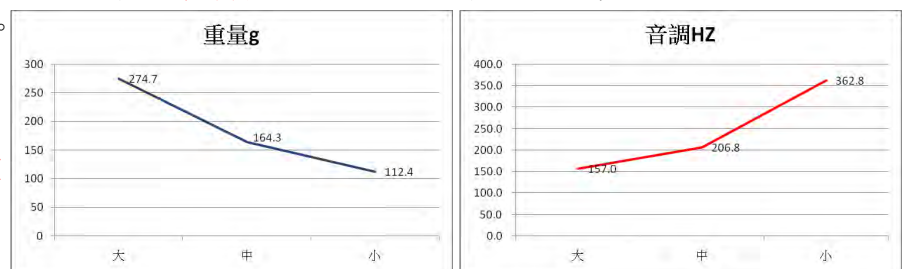
4. 圓筒的高度實驗結果對音調高低的影響很明顯，因為鐵罐底部跟桶子是一體成型的，所以高度被剪掉重量也會降低。

但是當我們想用寶特瓶模仿這個實驗結果時卻失敗了。因為寶特瓶本身重量已經很輕了，所以降低高度後音調沒差多少。



5. 圓筒的**直徑**實驗結果對音調高低的**影響很明顯**，因為直徑越大，代表底部的重量越重，聲音就會越低。

最後我們真的可以模仿這個實驗結果，**用大小不同的垃圾桶做出低中高音的 Cuica。**



6. 圓筒底部材質的實驗結果和前面不同，音調居然和重量沒有太大的關係，我們再討論觀察後發現和【鬆緊】有很大的關係。像**木板很厚很硬，就像鼓皮拉很緊，就算重量最重，但它還是最高音。**（鬆緊比較照片在 P.22）



7. 演奏 Cuica 時手捏的緊度，太鬆沒有摩擦就沒聲音，越緊聲音越大，但是太緊會造成摩擦力太大，無法演奏。
8. 演奏時手壓圓筒底部，我們發現**壓越緊，音調會越高**，這結果符合【底部材質實驗】的結果。而且按壓圓筒底部的**位置越靠近中心，效果越好**。

我們本來想利用這個結果讓自製 Cuica 可以演奏出一首簡單小蜜蜂，但是發現沒辦法像笛子、小提琴那樣，精準地控制音調。難怪 Youtube 裡面他們都把 Cuica 當成是一種節奏的樂器。



9. 所以我們的自製 Cuica 主要是靠直徑大小，做出低、中、高 3 種不同的 Cuica。雖然台灣沒有在賣 Cuica，但是希望我們的研究可以讓大家輕鬆簡單的製作 Cuica，在台灣就可以享受到巴西音樂的熱情！

陸、參考資料

- 一、國小自然與生活科技課本（康軒五下）- 聲音與樂器。
- 二、內爾阿德利·新世紀科學學習百科·台北市：貓頭鷹。
- 三、郭治·小博士教室物理篇·台北市：國際少年村。
- 四、依莎貝拉·聲音的遊戲·台北市：天下雜誌。
- 五、金秀卿·有趣的科學歷險·台北市：新苗文化。
- 六、梁曉燕·自然科學探索-聲與光的世界·台北縣：優美國際。
- 七、影片：**A Cuica tem Voz nas mãos de OSWALDINHO**
<https://www.youtube.com/watch?v=t9xIRJblfmk>
- 八、影片：Cuica Feat. Fabiano Salek
<https://www.youtube.com/watch?v=mmlK94QvwiA>
- 九、影片：Como tocar la cuica ejercicios basicos por Hugo Rivera
<https://www.youtube.com/watch?v=vy14D5Cp9ik>

【評語】 080827

Cuica 是一種單一樂器，利用科學探究精神研究探討九種影響，結構嚴謹的測量不同變因，包括手拿摩擦物的材質、中間棍子材質、摩擦時手捏的緊度、圓筒直徑高度及底部材質、棍子的長短、手壓底部的緊度及位置，結合國小聲音課程，並能想到利用顯微鏡觀察摩擦狀況，相當有想法的科學家，實驗中的改進過程能逐步嘗試錯誤並檢討原因，若能加強原理解釋(聲音來自聲波傳遞，聲波在不同音箱中的傳遞方式與音箱材質應是造成高低音的主因)，在與實驗的連結，會讓此作品更加出色。

作品海報

摘要

Cuica是巴西特有的樂器，台灣幾乎沒有人在演奏它，樂器行也沒賣。我們根據影片用鐵罐模仿，研究後發現它的原理是：**濕布摩擦竹籤→竹籤振動→帶動罐子底部振動→罐子就是音箱放大聲音。**

為了實驗公平，我們設計了一台機器可以自動演奏Cuica。機器包含2部分：**模擬手捏摩擦器、模擬手前後推拉器。**這樣才能去除不同人演奏的因素，讓實驗結果更準確。

實驗發現：適當的緊度、摩擦力摩擦竹籤，才能讓底部振動產生聲音。圓筒高度、棍子長短無法明顯改變Cuica音調；圓筒直徑、底部材質鬆緊、手壓底部中心緊度可以明顯改變Cuica音調。最後我們用生活物品自製Cuica，圓筒底部插一根竹籤，底部要有一點彈性可以振動不能太硬，就可以感受到巴西熱情的音樂了！

壹、研究動機

我們在找題目的時候，看到Youtube上有段影片很奇怪，有人拿了一種外觀跟「小鼓」很像的樂器，但是卻不是敲它，而是手在鼓裡面動來動去，而且發出的聲音不是「咚咚咚」的聲音，有點像是猴子叫的聲音。我們從來沒有看過這種樂器，對於它怎麼發出聲音感到很好奇，所以就想研究它的原理，看看能不能用生活中的東西來製作這種有趣的樂器。

★與課程相關單元：【奇妙的電】、【力與運動】、【聲音與樂器】

肆、研究過程與方法

一. 資料查詢：

(一)、什麼是Cuica：外表看起來像鼓一樣，但是只有一面鼓面，上面還綁了一根棍子。



二、實驗中測量音調、分貝的方法：

在罐子底部放一支分貝計測響度、一支手機下載Tuner Pitched測音調。我們測量都只取機器拉的時候的數字，每次實驗做3次，取平均數字。(相機錄影，取拉的時候的最高數字)



我們為了實驗公平，設計了一台機器可以自動前後摩擦竹棒。但是機器運轉會有聲音，所以我們先測量了只有機器運轉時的音調、分貝：

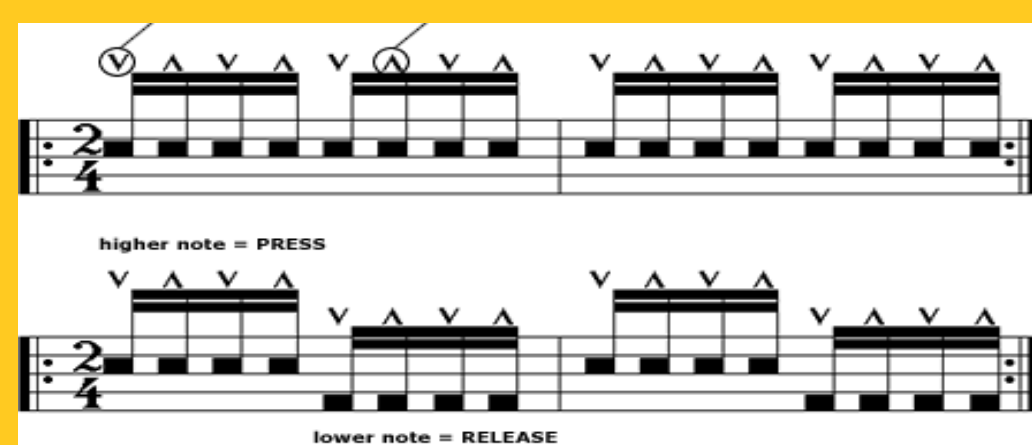
只有機器運轉時的情形 (背景情形)	音調	分貝
	測不到	49.8

參、研究設備及器材

製作工具	電鑽、螺絲起子、線鋸機、
自動摩擦發聲器	木板、木條、螺絲釘、蝶型螺帽、橡皮筋、棉布、強扭力馬達、塑膠模型輪、塑膠燈座蓋、光碟片、熱熔膠、強力快乾膠
Cuica材料	鐵罐、竹籤、鐵絲、塑膠衣架、木珠、熱熔膠
測量工具	手機APP-Tuner Pitched、分貝計、相機

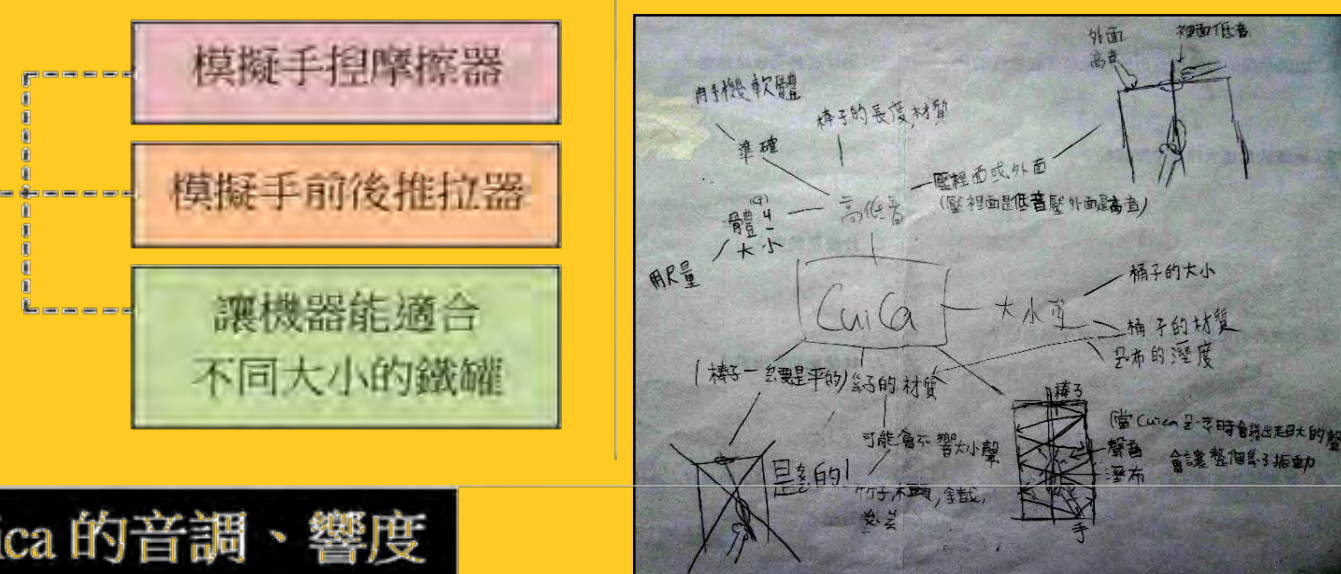
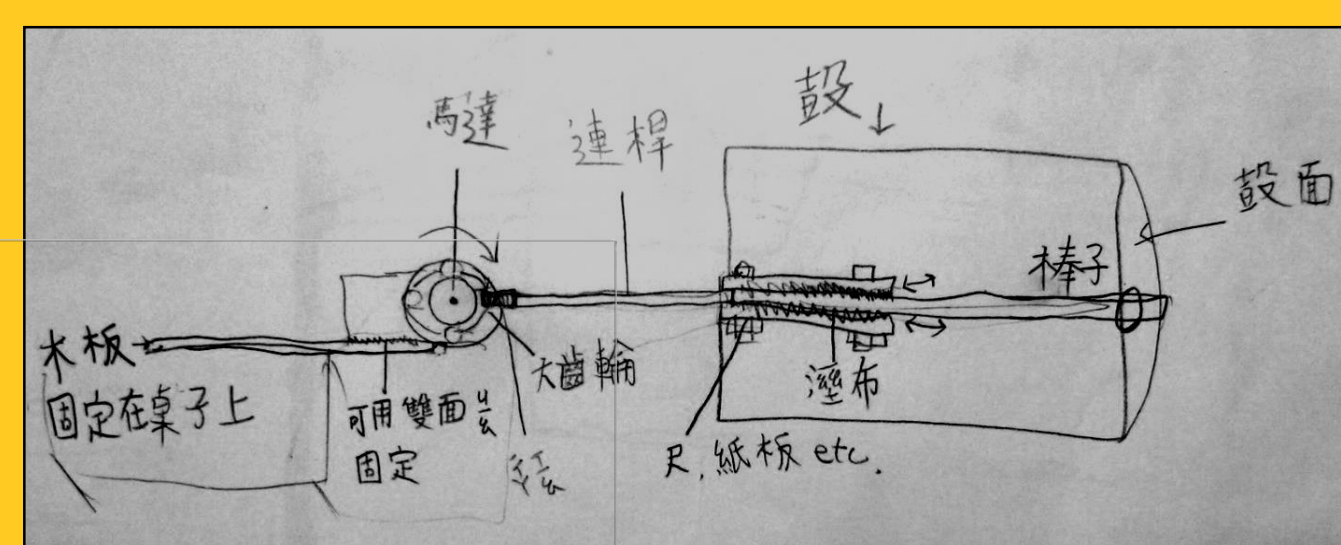
(二)、如何演奏Cuica：

一隻手用濕布摩擦鼓裡面的棍子發出聲音，另一隻手可以按鼓面改變音調。但是從Cuica的樂譜來看，它只能發出兩種高低不同音調的音。



三、研究架構：

了解聲音的特性
↓
模仿製作 Cuica
↓
為了實驗公平
設計自動讓 Cuica
發出聲音的機器



哪些因素會改變 Cuica 的音調、響度

- 手拿摩擦物的材質：要有一定的摩擦力才行，我們選棉布。
- 中間棍子材質：要有一定的摩擦力才行，我們選竹籤。
- 摩擦時手捏的緊度：太鬆沒摩擦力沒聲音，太緊很卡不順。
- 圓筒直徑：直徑越大，重量越重，演奏出的聲音越低。
- 圓筒高度：高度越高，重量越重，演奏出的聲音越低。
- 棍子的長短：棍子的長短對音調沒有明顯的影響。
- 圓桶底部材質：鬆緊度是最主要原因，越鬆越低音。
- 手壓底部的緊度：壓越緊越高音，但是壓太緊會影響振動。
- 手壓底部的位置：按壓位置越靠近中心，影響越明顯。

用生活中的物品製作出 Cuica

研究發現很難在同一個 Cuica 發出完整的音階，只能利用按壓演奏出 2-3 個音調，所以 Cuica 是一種節奏的樂器。我們想利用生活中各種圓筒，做出屬於我們的 Cuica，讓我們能在台灣就能感受到巴西的熱情音樂。

【研究一】了解聲音的特性

一. 響度：

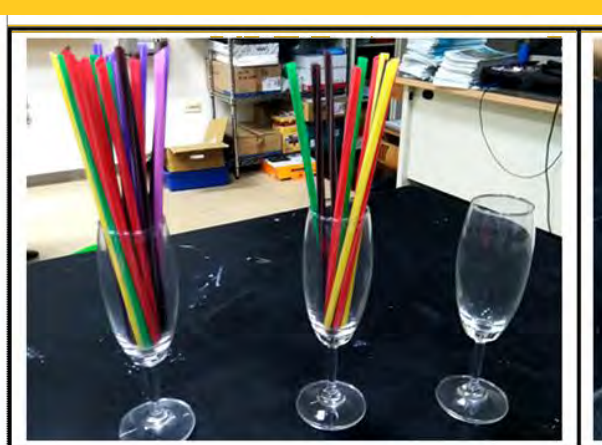


敲越大力，綠豆跳得越高，鼓面振動越大



線加上紙杯(音箱)，可以讓響度加大

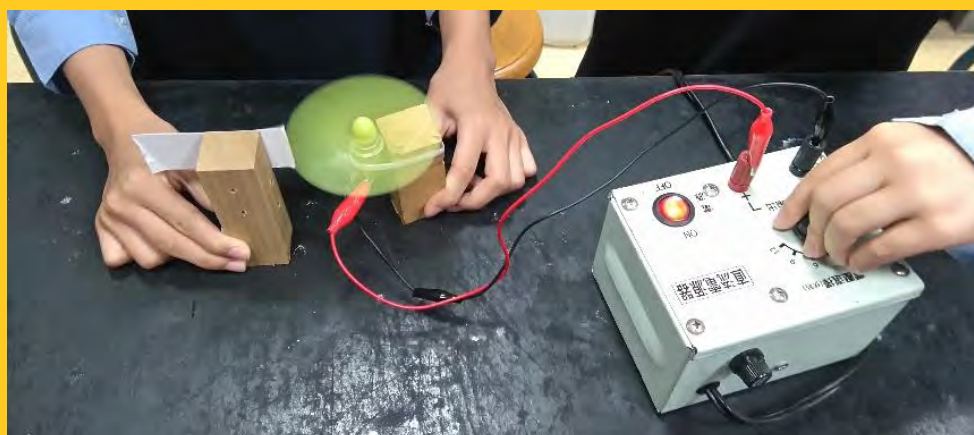
二. 音調：



杯子裡面的吸管越多，敲起來越低音
由左到右：低、中、高



敲玻璃杯，裝的水越多，聲音越低
水從少到多：高、中、低

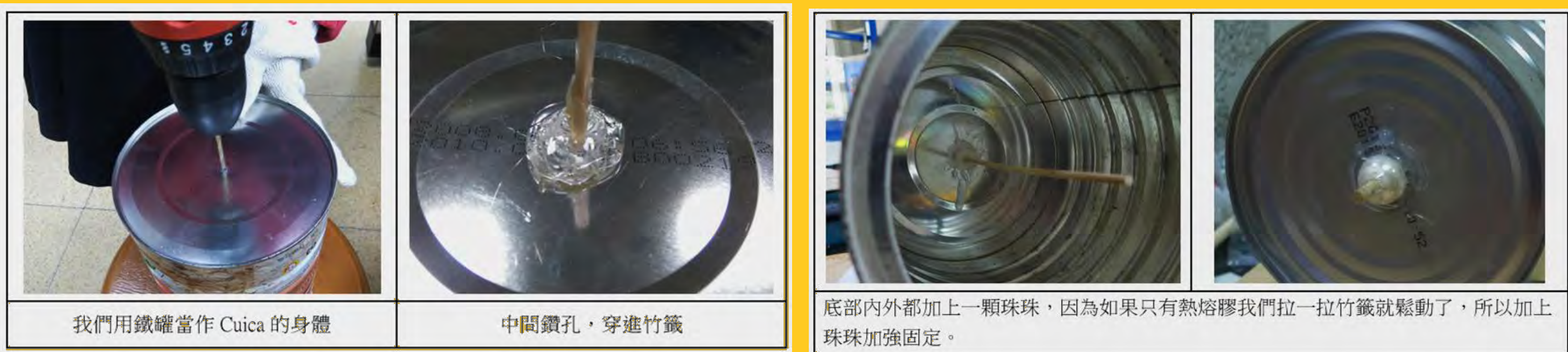


我們用小電風扇打紙片發出聲音，而且用不同電壓調整小電風扇的轉速。
轉得越快，紙片發出的聲音越高；
轉得越慢，紙片發出的聲音越低；

三. 討論：

- 物品越重，發出的聲音越低。
- 物品振動的越快，發出的聲音越高；物品振動的越慢，發出的聲音越低。

【研究二】模仿製作Cuica



底部內外都加上一顆珠珠，因為如果只有熱熔膠我們拉一拉竹籤就鬆動了，所以加上珠珠加強固定。

【研究三】設計自動讓Cuica發出聲音的機器

一. 如何模擬手指隔著濕布捏著竹籤 - 自製「模擬手捏摩擦器」：



直接把推拉的木條釘在木片上。

把推拉棒下方釘上木片墊高，再黏上一個黑色塑膠管當作軌道。



讓上下兩片木片不會分開的固定螺絲

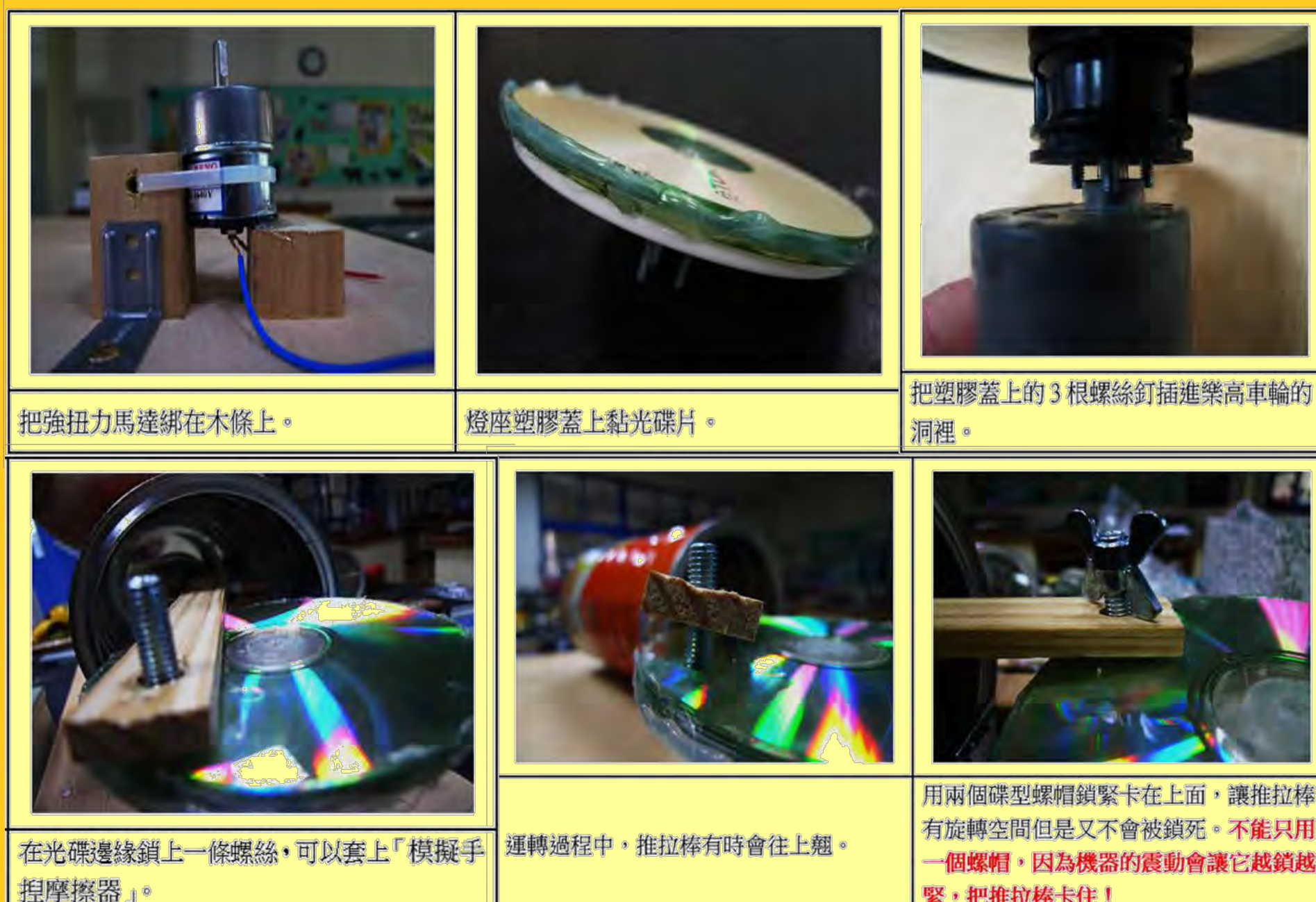
軌道，讓它們在推拉過程中不會歪掉。

用綁橡皮筋圈數的方式來控制鬆緊度。

二. 如何模擬手前後移動 - 自製「模擬手前後推拉器」。

設計機器時，我們討論了下面幾個重點：

- 拉的力量要很大，所以馬達要很有力量。
- 馬達是轉圈圈的，但是我們需要的是來回移動的力量。有同學就想到蒸汽火車的輪子好像有這樣的構造，所以我們決定模仿火車輪的構造，並且使用轉動力量很大的強扭力馬達，因為書局賣的小馬達用手一捏就停下來了。



把強扭力馬達綁在木條上。

燈座塑膠蓋上黏光碟片。

把塑膠蓋上的3根螺絲釘插進樂高車輪的洞裡。

在光碟邊緣鎖上一條螺絲，可以套上「模擬手捏摩擦器」。

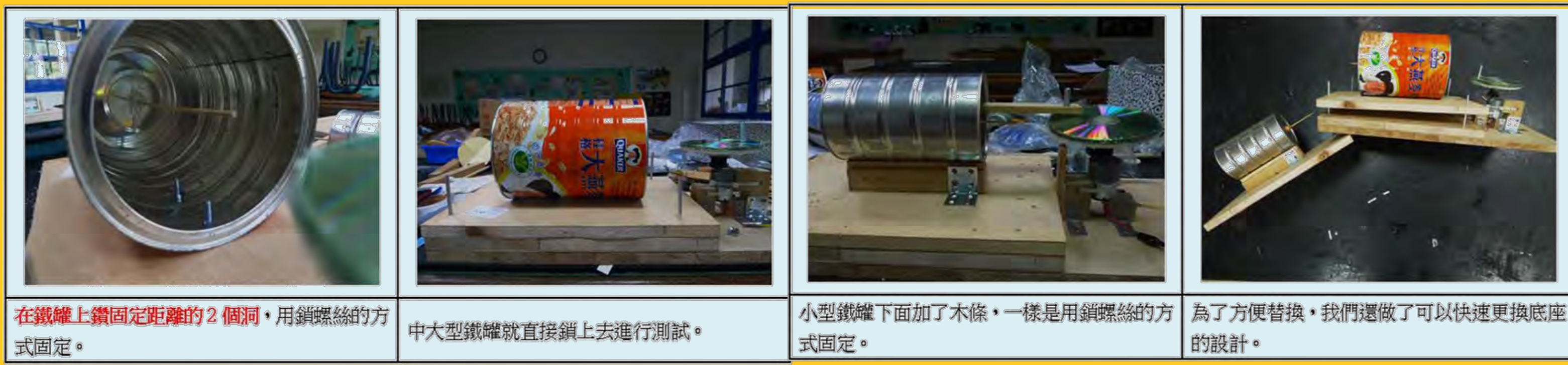
運轉過程中，推拉棒有時會上翹。

用兩個碟型螺絲帽卡在上面，讓推拉棒有旋轉空間但是又不會被鎖死。不能只用一個螺帽，因為機器的震動會讓它越鎖越緊，把推拉棒卡住！

三. 檢討：測試後我們發現

- 「模擬手捏摩擦器」因為加了黑色塑膠管軌道，運作得很順利。
- 運作時竹籤會稍微隨著光碟轉動左右搖擺。
- 「模擬手前後推拉器」固定的非常好，馬達和光碟的連接點不會脫落。

三. 如何讓機器能適合不同大小的鐵罐：



在鐵罐上鑽固定距離的2個洞，用鋼螺絲的方式固定。
中大型鐵罐就直接鎖上去進行測試。
小型鐵罐下面加了木條，一樣是用鋼螺絲的方式固定。
為了方便替換，我們還做了可以快速更換底座的设计。

【研究四】哪些因素會改變Cuica的音調、分貝

一. 手拿摩擦物的材質

影片中的人拿了一塊像布的東西沾濕了後開始演奏Cuica，我們想知道不同材質的布會不會影響聲音，還有一不是一定要沾濕之後才能演奏。我們找了四種常見材質：棉布-細棉線、抹布-聚酯纖維、頭巾-聚酯纖維80%+棉20%、工地手套-粗棉線。

1. 測試這4種材質的摩擦力：實驗發現，沾濕的布料摩擦力會比乾燥的還要大，棉布差距最大。



2. 實際用4種布料演奏Cuica：我們把4種布料釘在「模擬手捏摩擦器」上，分別在乾的和濕的情形下用機器演奏Cuica，紀錄音調和響度。

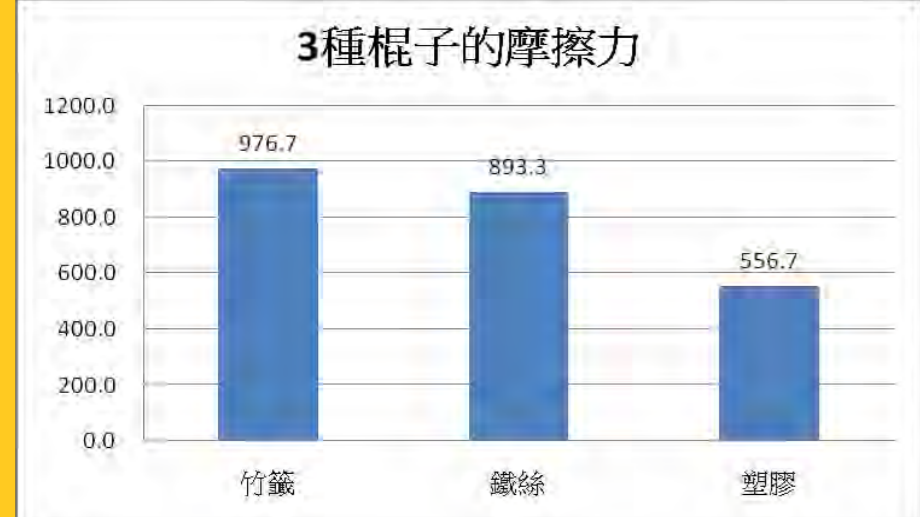
乾的	音調(HZ)	響度(dB)	紀錄
棉布	X	58.7	沒有成功演奏。
抹布	182.1	62.8	只出現2聲，其他沒有成功演奏。
頭巾	X	57.9	沒有成功演奏。
手套	X	59.3	沒有成功演奏。

濕的	音調(HZ)	響度(dB)	紀錄
棉布	178.9	92.9	全部都演奏成功。
抹布	178.5	91.6	有2下沒聲音。
頭巾	X	63.3	沒有成功演奏。
手套	179.5	92.1	有3下沒聲音。

3. 實驗討論：
- 乾的情形下，4種布料都不能全部成功演奏。
 - 濕的情形下，根據實驗發現4種布料的摩擦力都有增加，所以演奏成功的情形也增加了。
 - 只有濕棉布完全演奏成功，根據實驗數據發現濕棉布的摩擦力是最大的。
 - 濕頭巾完全失敗，根據實驗數據發現濕頭巾的摩擦力是最小的。
 - 所以要成功演奏Cuica要有一定的摩擦力，摩擦力太小會沒有聲音，這就是為什麼影片中的人要把布沾濕。
 - 最後我們選擇棉布當成我們實驗的主要材料。
 - 大家都想說有水會滑倒不是會減少摩擦力嗎？上網查資料發現有水不一定會減少摩擦力，像數鈔票有人會習慣沾一下口水才比較好數。

二. 中間棍子材質

1. 測試這3種材質鐵絲、塑膠衣架、竹籤的摩擦力。



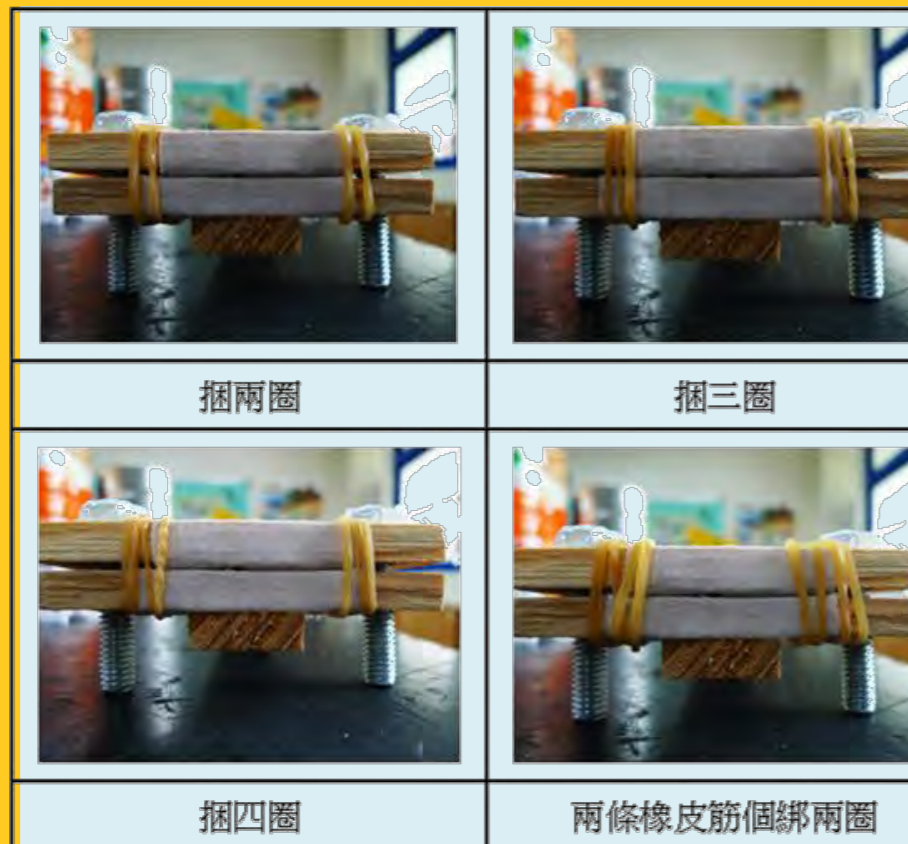
2. 把3種棍子裝在Cuica中實際演奏

	音調(HZ)	響度(dB)	紀錄
竹籤	183.9	93.0	全部都演奏成功。
鐵絲	182.4	92.1	有2下沒聲音，而且最後卡住，因為鐵絲彎曲了
塑膠	X	59.9	沒有成功演奏。

3. 實驗討論：
- 塑膠摩擦力最小，實際測試演奏沒有成功。
 - 竹籤和鐵絲的摩擦力沒有相差太多，所以都演奏成功，而且音量幾乎同，但是鐵絲還是有2下失敗。
 - 這樣的結果符合上個實驗結果：要成功演奏Cuica要有一定的摩擦力。
 - 最後我們選擇竹籤當作我們實驗的主要材料。

三. 摩擦時手捏的緊度

我們想知道濕布捏竹籤的緊度會不會影響演奏的聲音，所以用橡皮筋綁的圈數來控制「模擬手捏摩擦器」夾竹籤的緊度。

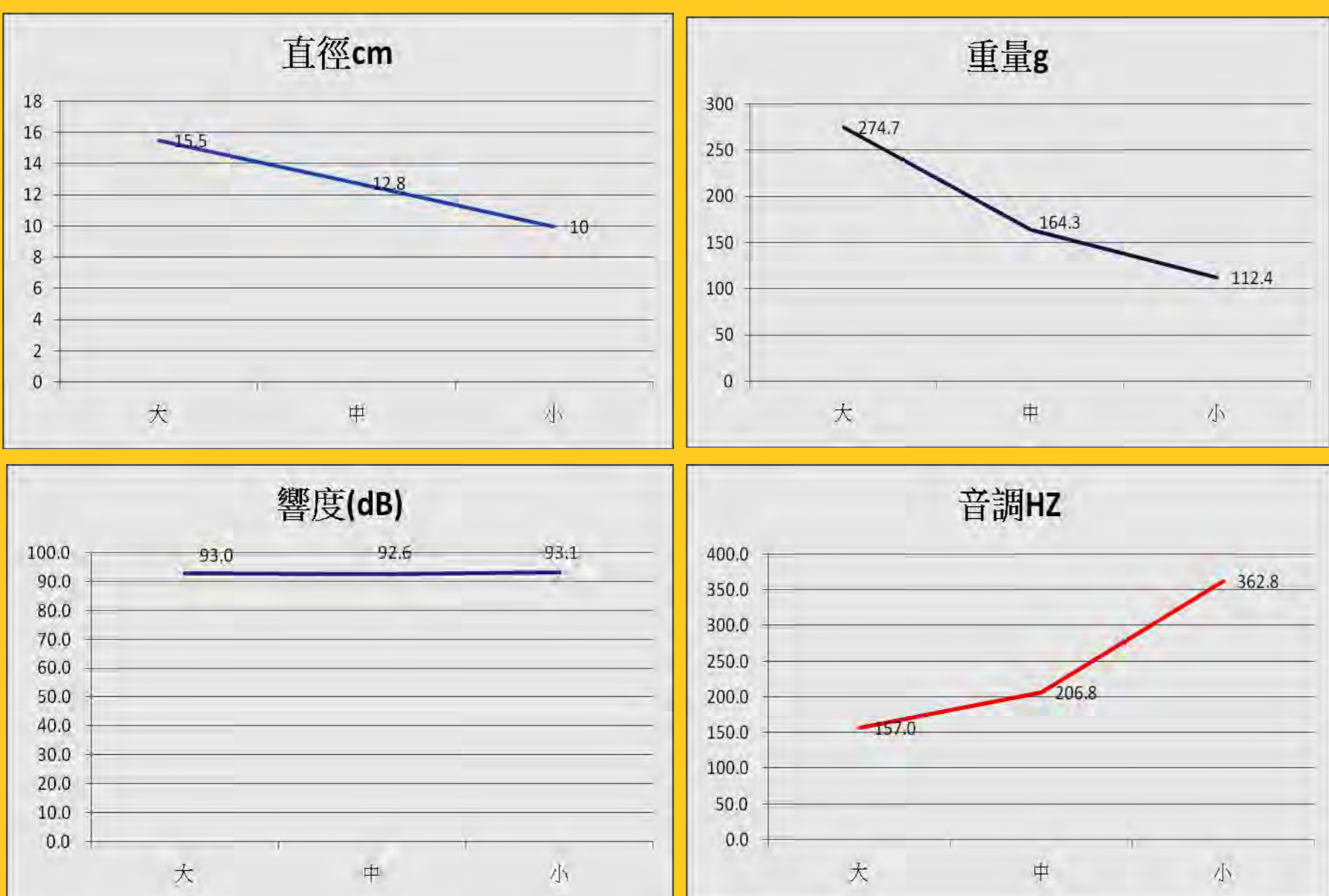


	音調(HZ)	響度(dB)	紀錄
不綁	X	57.8	沒有成功演奏。
2圈	156.0	73.4	太鬆，有3下沒聲音
2個2圈	158.0	92.5	拉的時候很順，推的時候聲音斷斷續續。
3圈	157.9	95.8	拉的時候有一點卡，推的時候聲音斷斷續續。
4圈	167.9	101.8	推、拉一直都是斷斷續續的，沒有演奏的感覺。

實驗討論：

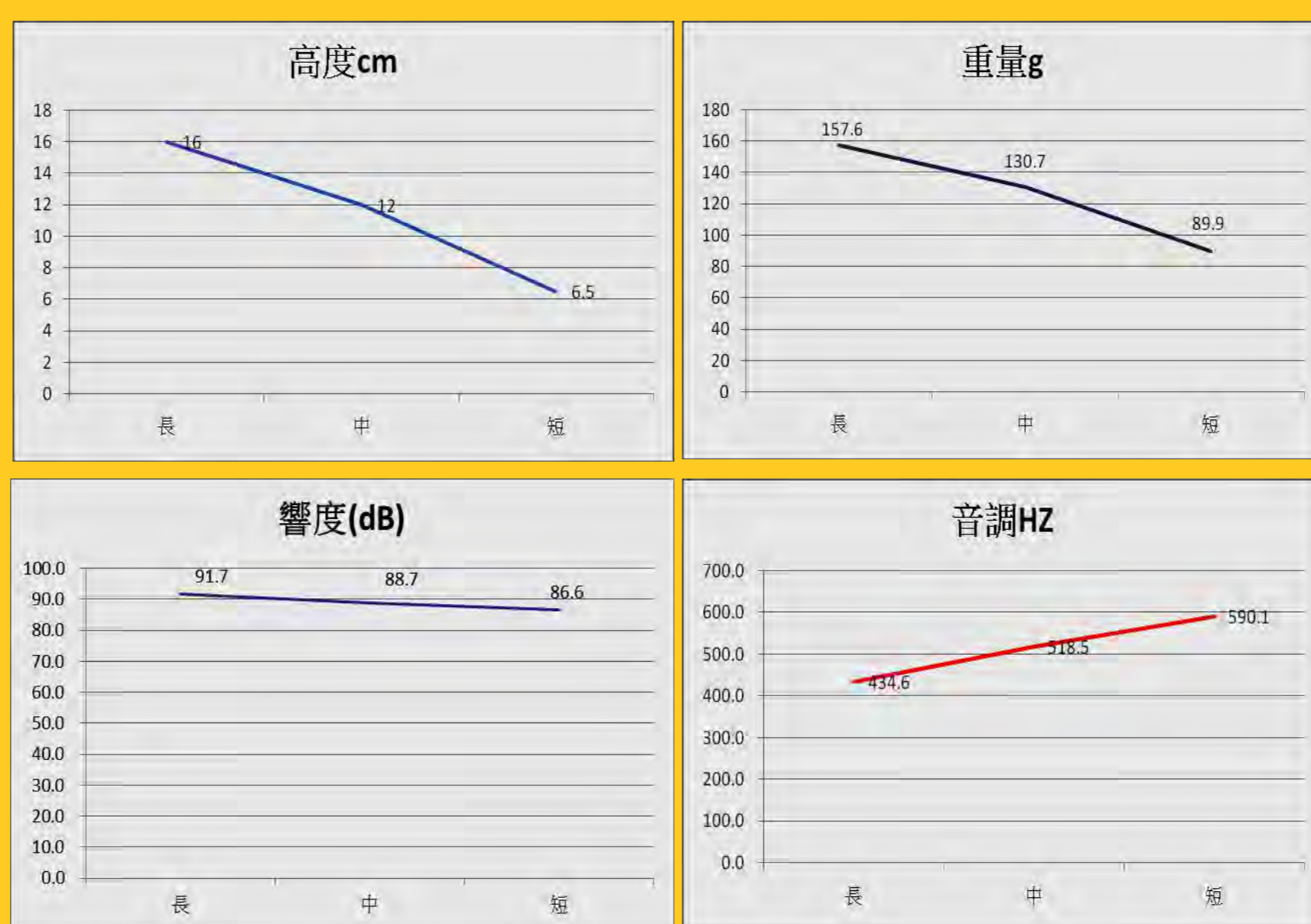
- 太鬆很容易沒有聲音，符合之前成功演奏Cuica要有一定的摩擦力的結果。
- 緊度影響音調不會很大，一直到綁4圈很緊才高10HZ。
- 越緊聲音會越來越大聲。
- 太緊會因為摩擦力太大拉不動，所以聲音會斷斷續續的，實際用手捏很緊演奏雖然有聲音，但是很不順很卡。
- 所以根據實驗結果，我們選擇兩邊各綁2條橡皮筋2圈來當作手捏緊度。
- 實際演奏的時候只要手指微微握著竹籤上下移動，很容易就能發出聲音了。

四. 圓筒直徑 我們找了三個相同高度、不同直徑的鐵罐進行實驗。



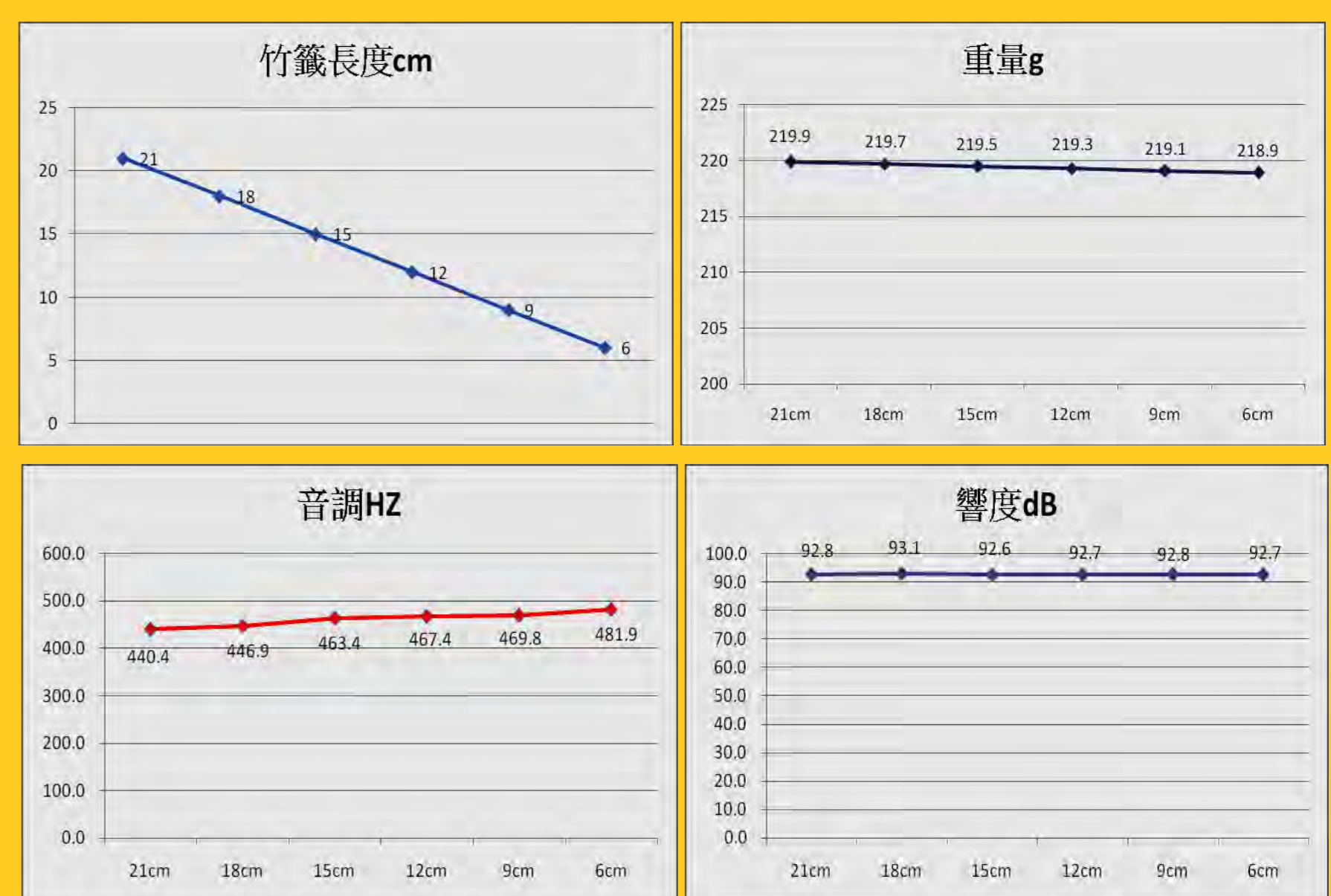
- 實驗討論：
- 罐子的大小對響度沒有太大的影響。
 - 罐子直徑越大音調越低；罐子直徑越小音調越高。
 - 實驗結果符合我們之前對聲音的認識實驗：物品越重，發出的聲音越低。

五. 圓筒高度 我們用同一個鐵罐，每做一次實驗就把它切短一點，共作3種高度。



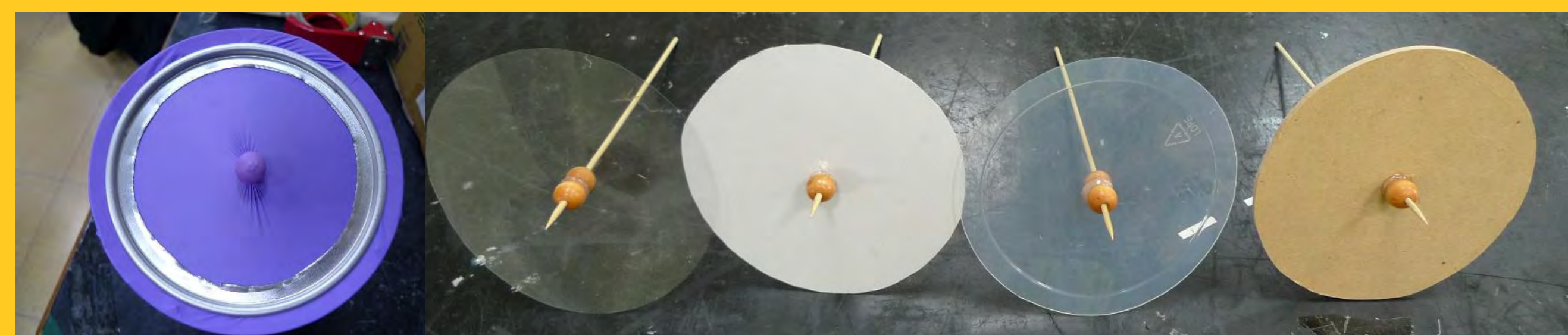
- 實驗討論：
- 罐子的高度對響度有一點影響，罐子越高，裡面空間越大，響度越大。
 - 罐子高度越高音調越低；罐子高度越低音調越高。
 - 實驗結果符合我們之前對聲音的認識實驗：物品越重，發出的聲音越低。

六. 棍子的長短 我們用同一個鐵罐，同一支竹籤，每做一次實驗就把竹籤剪短3公分。



- 實驗討論：
- 竹籤的長度對響度沒有太大的影響。
 - 竹籤越短，音調會越來越高，但是幅度非常小。
 - 我們對照了音階頻率表，發現A4【La】和隔壁B4【Si】的頻率差了53.88 HZ，所以竹籤最長21cm和最短6cm相差的頻率還不到1個音。

七. 圓桶底部材質 我們把鐵罐底部用開罐器切開，在同一個鐵罐上分別黏上五種不同材質。



1. 乳膠手套實驗無法進行，因為它太軟了，所以機器一拉一推手套就跟著伸縮，拉不出聲音。

2. 實驗結果：



- 特殊情況：
- 這次實驗竟然重量越重，音調越高，這跟前面的實驗結果都不相同。
 - 後來我們更仔細觀察討論，這可能跟這4種材質鬆緊度有關係。
 - 木板很厚很硬，就像鼓皮拉很緊，所以高音。
 - 所以我們可以更確定Cuica的發聲原理：摩擦竹籤振動→帶動底板振動→圓筒放大聲音

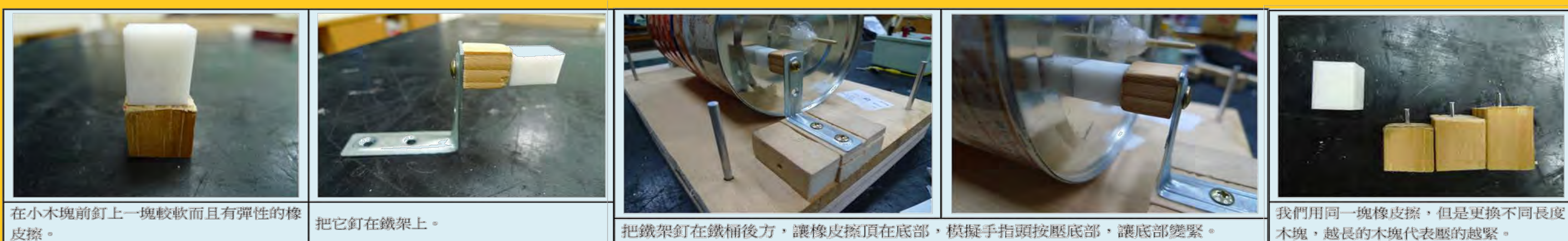
3. 四種材質的鬆緊情形：

	塑膠片	厚紙板	奶粉蓋	木板
靜止				
拉				
推				

4. 實驗討論：
- 塑膠片和奶粉蓋推的時候珠珠凸出來最多，所以代表它們最鬆，音調差不多是最低的。
 - 厚紙板鬆緊度中等，所以音調在中間。
 - 木板很厚很硬，壓起來沒有彈性，珠珠沒有凹進去或凸出來，所以音調最高。
 - 可是就是因為木板太硬沒有彈性，所以不容易振動，我們要把橡皮筋綁到4圈才能夠摩擦出聲音。

八. 手壓底部的緊度

上個實驗發現底部的鬆緊會影響音調的高低，所以我們想測試是不是底部越緊Cuica的音調就會越高。



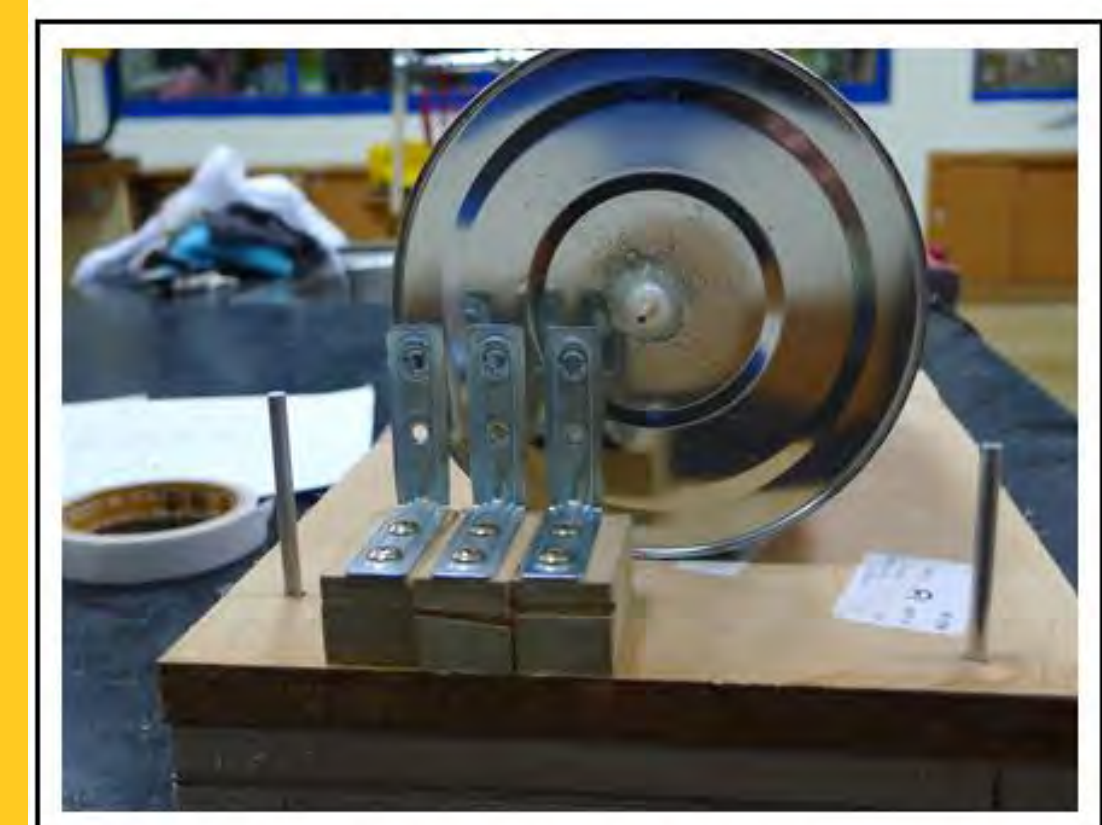
在小木塊前釘上一塊較軟而且有彈性的橡皮筋。把它釘在鐵架上。把鐵架釘在鐵桶後方，讓橡皮筋頂在底部，模擬手指頭按壓底部，讓底部變緊。我們用同一塊橡皮筋，但是更換不同長度木塊，越長的木塊代表的越緊。



實驗討論：

- 底部緊度對響度沒有太大的影響。
- 底部越緊，音調越高。但是我們覺得變化不大，所以我們想按壓其它位置，看看會不會有更明顯的變化。

九. 手壓底部的位置



另外增加2個鐵架，讓他們從圓周到圓心平均分配。



實驗討論：

- 按壓的位置越靠近中心點，音調的變化越明顯。
- 按壓邊緣的位置，音調幾乎不會改變。
- 我們有實際用手按壓看看能不能演奏出音階，但是發現非常難控制音調，難怪Youtube演奏Cuica的影片只有2種音，把它當作配樂型樂器。

【研究五】用生活中的桶狀物品製作Cuica

音域	照片	高 cm	直徑 cm	材質	說明
低音		17	12.8	鐵 + 塑膠布	因為塑膠布綁起來很緊，所以它是全部裡面最低音的，聲音也比較小。
		20.5	15.5	鐵 + 厚紙板	因為厚紙板沒有到很緊，振動情形很好，所以聲音低。而且音箱很大，很大聲。
		27	25.5	塑膠 + 塑膠	它是用大垃圾桶底部打洞作成的。雖然塑膠比較應算是比較緊，但是因為它是一體成型的，算是重量重的，所以聲音低。而且音箱超大，很大聲。
		24.5	17	塑膠 + 厚紙板	因為厚紙板沒有到很緊，振動情形很好，所以聲音低。而且音箱很大，很大聲。
中音		14.3	13.5	塑膠 + 厚紙板	因為塑膠桶直徑比剛剛低音大桶的小，所以就算材質一樣都是厚紙板，但是重量比較輕，所以比較起來是中音。
		16	12.2	鐵 + 鐵片	雖然鐵片比較重一些，但是直徑小，所以是中音。
		24.5	22.5	塑膠 + 塑膠	雖然是中音部分裡面直徑最大的，但是因為是一體成型的塑膠，所以底部比其他的緊，所以是中音。
		15	10.5	塑膠 + 厚紙板	因為塑膠桶直徑比剛剛低音大桶的小，所以就算材質一樣都是厚紙板，但是重量比較輕，所以比較起來是中音。
高音		17	10	鐵 + 鐵片	裡面直徑最小的，所以底部鐵片重量比較輕，所以是高音。
		20.5	15.5	鐵 + 木片	雖然底面積大，但是木片有厚度，很硬，幾乎沒彈性，算是很緊的，所以是高音。
		22	20	塑膠 + 塑膠	最小的垃圾桶，所以重量輕，又是一體成型的塑膠，所以是高音。
		12	8.7	塑膠 + 厚紙板	直徑最小的紙片，重量比較輕，所以是高音。

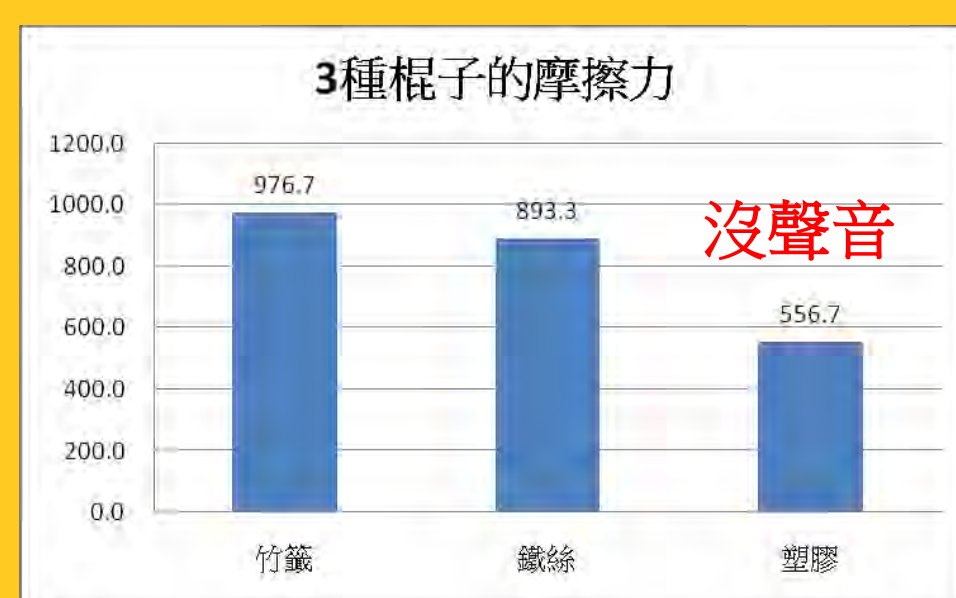
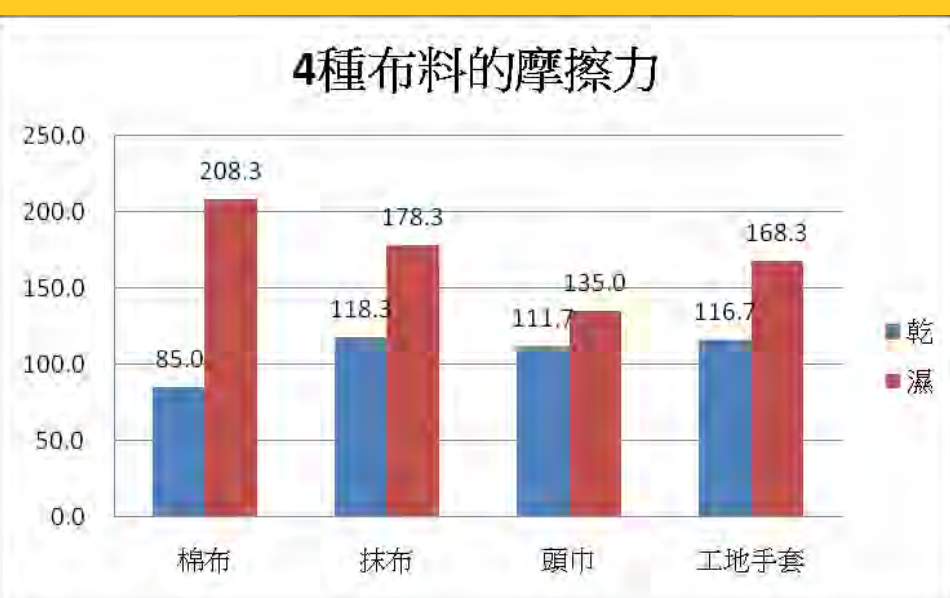
伍、研究結果與討論

一. 關於「設計自動讓Cuica發出聲音的機器」的發現：

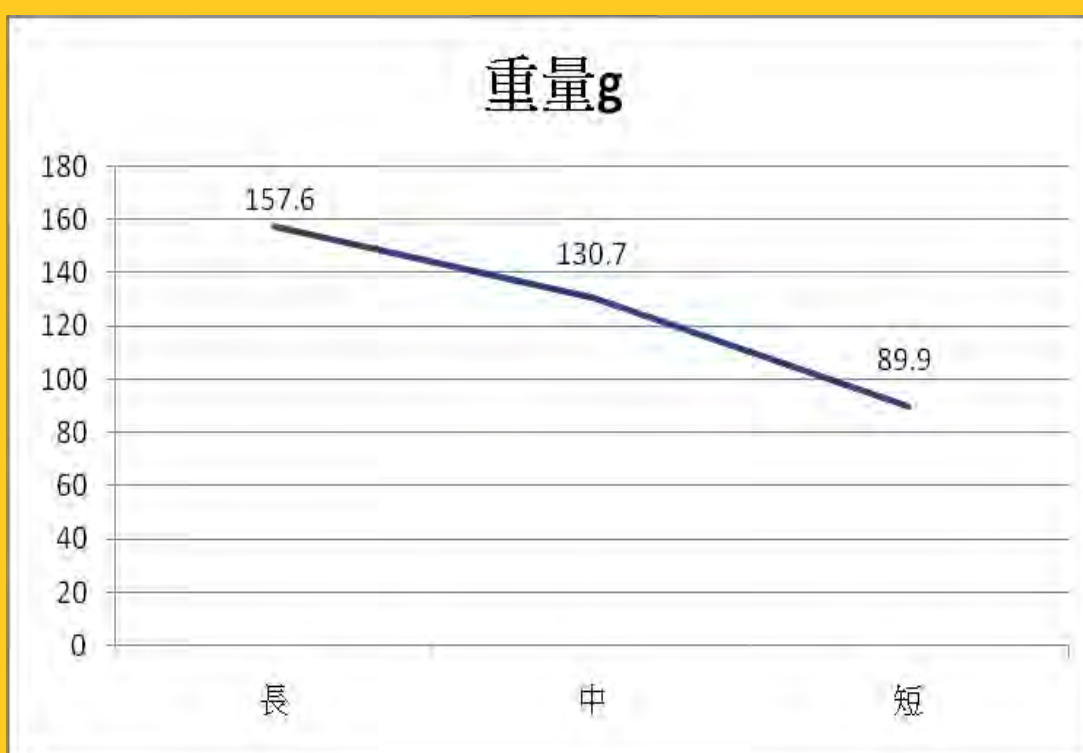
1. 演奏自製Cuica時，就算是同一個樂器，但是不同人演奏聲音還是有一點點的不同。
2. 雖然研發機器的過程很難很辛苦，但是之後的所有測試都是用機器進行測試，讓我們對研究的數據很放心。
3. 這個研究讓我們知道所有的實驗一定要公平，實驗出來的數字才能令人相信。

二. 關於Cuica的發聲原理：濕布摩擦竹籤 → 竹籤振動 → 帶動罐子底部振動 → 整個罐子就是音箱放大聲音

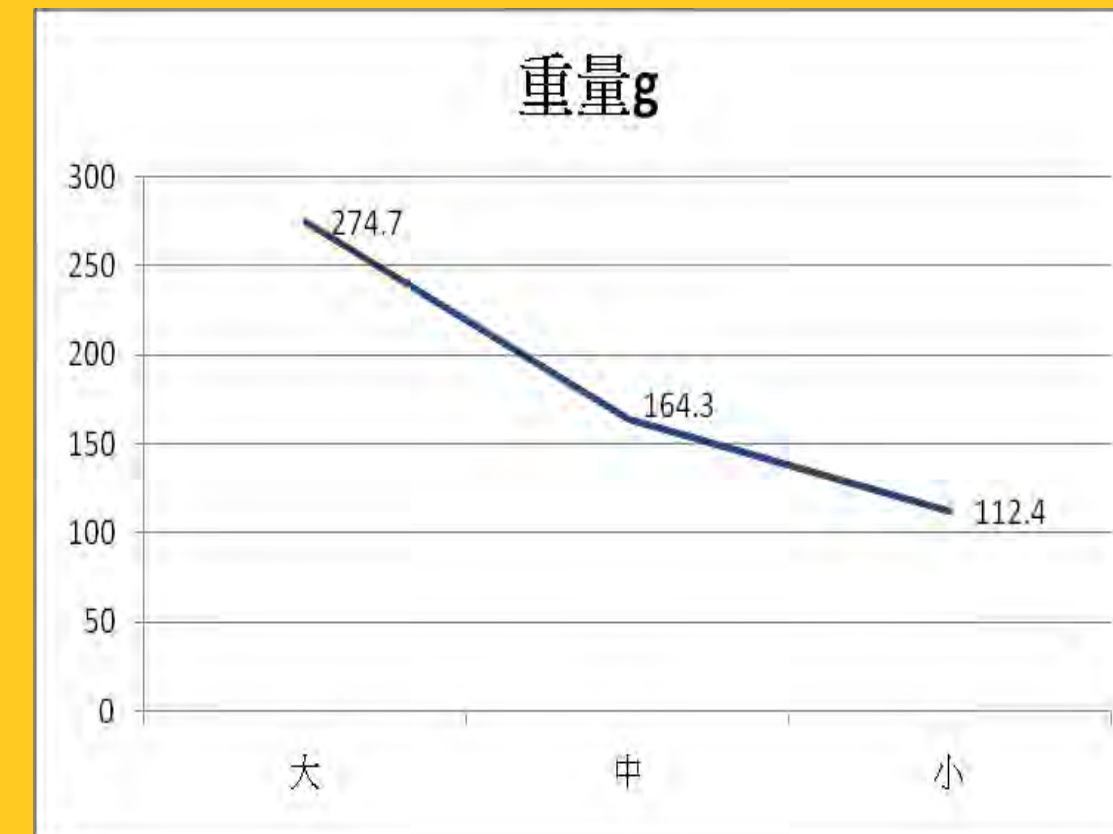
1. 布一定要沾濕，摩擦力才夠。
2. Cuica中間的棍子不能太光滑。
3. 中間棍子的長短對於音調高低的影響不明顯，因為被剪斷的竹籤重量太少了，只有0.2g。



4. 圓筒的高度實驗結果對音調高低的影響很明顯，因為鐵罐底部跟桶子是一體成型的，所以高度被剪掉重量也會降低。但是當我們想用寶特瓶模仿這個實驗結果時卻失敗了。因為寶特瓶本身重量已經很輕了，所以降低高度後音調沒差多少。



5. 圓筒的直徑實驗結果對音調高低的影響很明顯，因為直徑越大，代表底部的重量越重，聲音就會越低。最後我們真的可以模仿這個實驗結果，用大小不同的垃圾桶做出低中高音的Cuica。



6. 圓筒底部材質的實驗結果和前面不同，音調居然和重量沒有太大的關係，我們再討論觀察後發現和【鬆緊】有很大的關係。像木板很厚很硬，就像鼓皮拉很緊，就算重量最重，但它還是最高音。



7. 演奏Cuica時手捏的緊度，太鬆沒有摩擦就沒聲音，越緊聲音越大，但是太緊會造成摩擦力太大，無法演奏。

8. 演奏時手壓圓筒底部，我們發現壓越緊，音調會越高，這結果符合【底部材質實驗】的結果。而且按壓圓筒底部的位置越靠近中心，效果越好。我們本來想利用這個結果讓自製Cuica可以演奏出一首簡單小蜜蜂，但是發現沒辦法像笛子、小提琴那樣，精準地控制音調。難怪Youtube裡面他們都把Cuica當成是一種節奏的樂器。



9. 所以我們的自製Cuica主要是靠直徑大小，做出低、中、高3種不同的Cuica。雖然台灣沒有在賣Cuica，但是希望我們的研究可以讓大家輕鬆簡單的製作Cuica，在台灣就可以享受到巴西音樂的熱情！

陸、參考資料

- 一. 國小自然與生活科技課本 (康軒五下) - 聲音與樂器。
- 二. 內爾阿德利. 新世紀科學學習百科. 台北市: 貓頭鷹。
- 三. 郭治. 小博士教室物理篇. 台北市: 國際少年村。
- 四. 依莎貝拉. 聲音的遊戲. 台北市: 天下雜誌。
- 五. 金秀卿. 有趣的科學歷險. 台北市: 新苗文化。
- 六. 梁曉燕. 自然科學探索-聲與光的世界. 台北縣: 優美國際。
- 七. 影片: A Cuica tem Voz nas mãos de OSWALDINHO <https://www.youtube.com/watch?v=t9xIRJbIfmk>
- 八. 影片: Cuica Feat. Fabiano Salek <https://www.youtube.com/watch?v=mmIK94QvwiA>
- 九. 影片: Como tocar la cuica ejercicios basicos por Hugo Rivera <https://www.youtube.com/watch?v=vy14D5Cp9ik>