

彰化縣 112 學年度國民中小學學生獨立研究作品徵選  
作品說明書（封面）

作品編號：

組別：  
 國小組  
 國中組  
 數學類  
 自然、科技類  
 人文社會類

作品名稱：喇叭上的舞者-探究聲音對毛根旋轉的影響

## 第一階段 研究訓練階段（由教師撰寫）

### 一、近二年學校獨立研究課程之規劃

本校獨立研究課程分為三年級「研究技巧訓練」與四至六年級「獨立研究實作」兩大部分，前者訓練研究技巧，如資訊運用、資料蒐集與整理，以及認識研究方法；後者採混齡編組，高年級在決定題目後招募四年級組員，研究過程中亦會根據主題搭配校外學習。

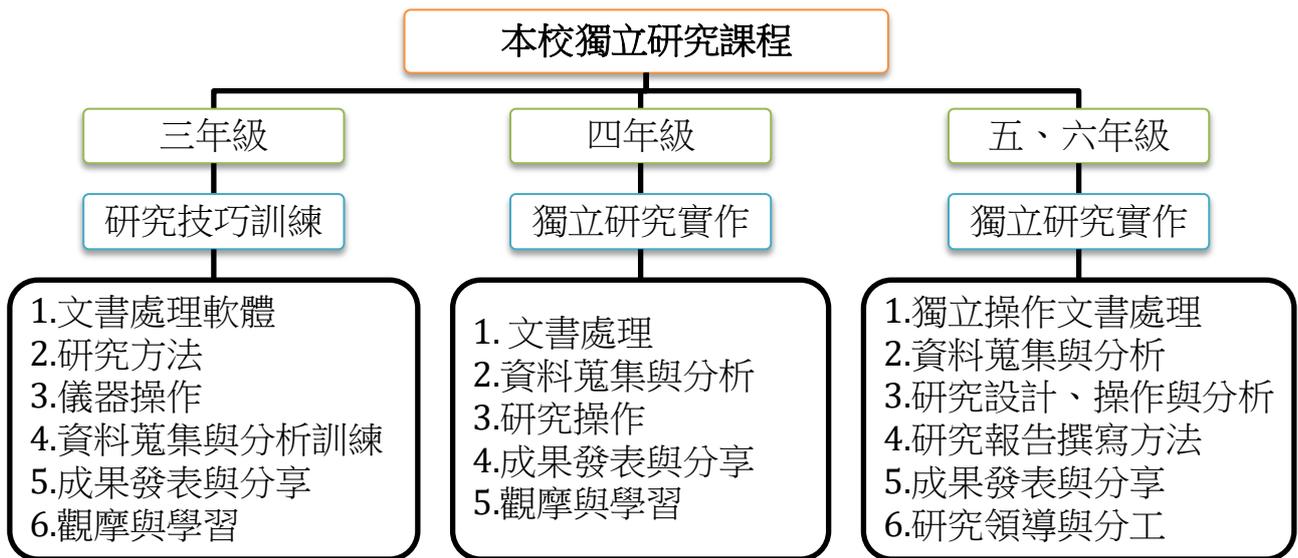
獨立研究課程欲培養之核心素養為：

1. 系統思考與解決問題：具備問題理解、思辨分析、推理批判的系統思考與後設思考素養，並能行動與反思，以有效解決生活問題。
2. 符號運用與溝通表達：具備理解及使用語言、文字、數理等各種符號進行表達與互動，並應用在日常生活上。
3. 人際關係與團隊合作：能與他人建立良好的互動關係，並發展與人溝通協調、包容異己等素養。

根據核心素養，期許學生建立之學習表現包括：

1. 承接問題，考量相關因素，適時與他人共同合作，規劃問題解決的步驟，並嘗試解決，獲得成果。
2. 根據研究問題、資源，規劃研究計畫並依進度執行。
3. 從得到的資訊或數據，提出研究結果與發現。
4. 認識研究工具種類及用途，並依據研究主題挑選適合研究工具。
5. 透過教師引導或檢核表，對研究過程及結果進行自我評鑑。
6. 能了解自變項、應變項並預測改變時可能的影響和進行適當次數測試的意義。
7. 能利用簡單形式的口語、文字、影像（例如：攝影、錄影）、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等，表達探究之過程、發現或成果。

## 二、學校如何提供該生獨立研究訓練



- (一) 三年級：設計與學科相關的課程以拓展其知識基礎，每週安排兩節研究技巧訓練，讓學生學習文書處理、資料蒐集與整理方法、圖書館運用、觀察與做筆記、晤談方法，並在老師指導下實際認識各種研究方法。在充實活動中，提供一般探索機會，搭配如數位相機、顯微鏡、簡單科學實驗技術等的操作練習。安排展覽參訪，讓學生能找出研究興趣並觀摩優秀作品。
- (二) 四年級：在學科加深加廣方面與三年級相同，但進入此階段，學生已開始針對有興趣的主題進行研究，而非單純蒐集資料。每週兩節課的獨立研究課程，四年級資優生主要擔任研究協助者，配合學長姐的引導，協助研究觀察與記錄工作，對於了解實際研究歷程與重點事項，是很重要的訓練。
- (三) 高年級：每週進行兩節課的獨立研究課程，實際進行研究，在教師協助下，完成「訂定主題」、「擬定工作進度與分配」、「擬定研究問題」、「蒐集資料與整理」、「尋求資源」、「實際研究與記錄」、「研究討論與發現」、「撰寫書面報告與分享」之流程。在此階段，教師會依據學生能力，逐漸減少介入，引導討論與技術指導，掌握學生計畫安排與實際進度是否得宜，並在學生完成報告時協助修改。

## 第二階段 獨立研究階段（由學生撰寫）

### 壹、研究動機

在一個因緣際會下，我們在課堂上看了一個毛根玩具的實驗影片，大家看到都覺得很新奇，好奇為什麼毛根會因為聲音而在杯子上旋轉，於是我們決定做實驗來找出可以讓毛根動的設計，並了解紙的厚度及毛根和舞台接觸的多少等因素對毛根旋轉圈數的影響。

### 貳、擬定正式計畫、研究問題及工作進度表

#### 一、研究問題

1. 聲音高低會不會影響毛根的旋轉圈數？
2. 紙的厚度會不會影響毛根的旋轉圈數？
3. 杯子大小會不會影響毛根的旋轉圈數？
4. 毛根底面大小不同會不會影響毛根的旋轉圈數？

#### 二、工作進度表

| 日期        | 工作內容                 |
|-----------|----------------------|
| 3/6~3/17  | 觀察實驗影片、試做實驗          |
| 3/20~3/31 | 準備實驗用具、寫動機           |
| 4/3~4/21  | 討論和試做：可以讓毛根動的設計、研究方向 |
| 4/24~5/5  | 實驗(1)：音調高低實驗與資料分析    |
| 5/6~5/19  | 實驗(2)：紙的厚度實驗與資料分析    |
| 5/22~6/2  | 實驗(3)：杯子大小實驗與資料分析    |
| 6/5~6/16  | 實驗(4)：毛根底面積實驗與資料分析   |
| 6/19~6/30 | 計算數據、製作圖表            |
| 7~8月      | 寫研究報告                |

### 參、彙整相關文件

#### 一、喇叭上的舞者的製作方式

器材：紙杯、毛根、美工刀

製作方式：

|   |   |   |
|---|---|---|
|  |  |  |
| <p>1. 用美工刀在小紙杯的側邊畫十字形，割出一個開口。</p>   | <p>2. 把毛根捲出像鱷魚蚊香模樣的圓盤，然後放在紙杯上。</p>  | <p>3. 對著紙杯開口發出「嗚~」的聲音，讓毛根旋轉。</p>  |

### 肆、資料分析

一、實驗設備與器材：藍芽喇叭、毛根、紙杯、紙碗、150g 厚紙、手機、平板

二、比較哪些設置方式能讓毛根轉動

|   | 說明                       | 照片  | 聲音高低 |     |     |
|---|--------------------------|---|------|-----|-----|
|   |                          |   | 290  | 590 | 890 |
| A | 把杯口朝下再黏到藍芽喇叭上(杯口和喇叭一樣大)。 |  | 稍微動  | 稍微動 | 稍微動 |
| B | 把藍芽喇叭靠在杯子側面開的洞旁邊         |  | 不轉   | 不轉  | 不轉  |

|   |   |   |    |    |    |
|---|---|---|----|----|----|
| C | 在藍芽喇叭上貼一張紙。                             |    | 可轉 | 可轉 | 可轉 |
| D | 將右側的吸管和紙杯製作成像漏斗一樣，左側杯子側面開一個洞，讓左右側連接到聲音。 |    | 不轉 | 不轉 | 不轉 |
| E | 把杯子卡在喇叭中間                               |   | 可轉 | 可轉 | 可轉 |
| F | 藍芽喇叭被杯子整個蓋住(為了拍照才將紙杯稍微拿起來)              |  | 可轉 | 可轉 | 可轉 |

把喇叭直接靠在杯側的洞和做一個類似漏斗狀的聲音收集器，這兩種裝置毛根完全不會動；把杯子紙罩喇叭則會小小的移動；把紙直接黏在喇叭上、把杯子卡在喇叭中間，以及用紙杯整個蓋住喇叭，這三種的效果最好，無論中、高、低音毛根都可以旋轉。

經過這些嘗試後，我們採取最後一種設計，把杯子放在藍芽喇叭上後，放上毛根，並開啟音源，用平板拍攝毛根在 10 秒鐘內旋轉的圈數。

### 三、計算圈數的方式

1. 用 tracker 開啟影片，慢速播放，數轉滿 1 圈的圈數。
2. 不滿 1 圈的用量角器測量角度，再除以 360，四捨五入到小數第 1 位。如圖 4-1，毛根是左側開始(0 度)，順時針旋轉，因此轉了 $(360-128.2)/360 \doteq 0.644$ ，記錄它轉了 0.6 圈。
3. 將 1 和 2 的答案加起來就是毛根旋轉的總圈數。
4. 每組都實驗五次，刪除最高和最低數據，剩下三個數據求平均。



圖 4-1：毛根旋轉不滿 1 圈的計算方式

### 四、實驗步驟

#### 實驗一：音調高低情形下毛根的旋轉圈數

1. 在藍芽喇叭上貼上一張 150 磅厚的紙，並畫十字記號。
2. 在周邊圍一道牆，以免毛根在旋轉的過程中掉落。
3. 設定五種不同頻率的聲音：290、440、590、740、890 赫茲。
4. 開啟聲音，用平板拍攝毛根在 10 秒中旋轉的情形。

#### 實驗二：紙張厚度不同狀況下毛根的旋轉圈數

1. 用 70g 影印紙、150g 厚紙、壁報紙、馬糞紙製作舞台。
2. 在周邊圍一道牆，以免毛根在旋轉的過程中掉落。
3. 用 8cm 毛根做出直徑 2cm 的舞者。
4. 開啟 440Hz 的音源 10 秒，用平板拍攝毛根旋轉的情形。

### 實驗三：不同杯子大小環境下毛根的旋轉圈數

1. 準備高 11cm 直徑 13.5cm、高 9.5cm 直徑 11cm、高 7cm 直徑 8.5cm 三個紙碗，依序標為大、中、小，如下頁圖 4-2。
2. 將紙碗蓋住藍芽喇叭。
3. 用 8cm 毛根做出直徑 2cm 的舞者。
4. 開啟 440Hz 的音源 10 秒，用平板拍攝毛根旋轉的情形。



圖 4-2：三個杯子，從左到右依序是大、中、小

### 實驗四：不同毛根底面大小狀況下毛根的旋轉圈數

1. 用毛根捲 4 個底面大小不同的舞者，直徑分別為 1、1.5、2、2.5cm，如下圖 4-3。
2. 使用底直徑 11cm，高 9.5cm 的紙碗。
3. 開始 440Hz 的音源 10 秒，用平板拍攝毛根旋轉的情形。



圖 4-3：實驗中四種不同大小的毛根

## 伍、研究結果與討論

### 實驗一：音調高低情形下毛根的旋轉圈數

表 5-1：毛根在不同音調高低時的旋轉圈數紀錄表

| 音調高低(赫茲) | 290             | 440             | 590             | 740             | 890            |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 圈數(圈)    |                 |                 |                 |                 |                |
| 1        | 12.7            | 14.1            | 17.3            | 9.5             | 3.0            |
| 2        | <del>21.0</del> | <del>2.0</del>  | 23.3            | 8.5             | <del>1.3</del> |
| 3        | 9.4             | 11.2            | <del>10.4</del> | <del>7.0</del>  | 3.6            |
| 4        | <del>5.0</del>  | 29.0            | 28.4            | 7.1             | <del>6.0</del> |
| 5        | 6.0             | <del>31.2</del> | <del>32.4</del> | <del>10.0</del> | 4.2            |
| 平均       | 9.4             | 18.1            | 23.0            | 8.4             | 3.6            |

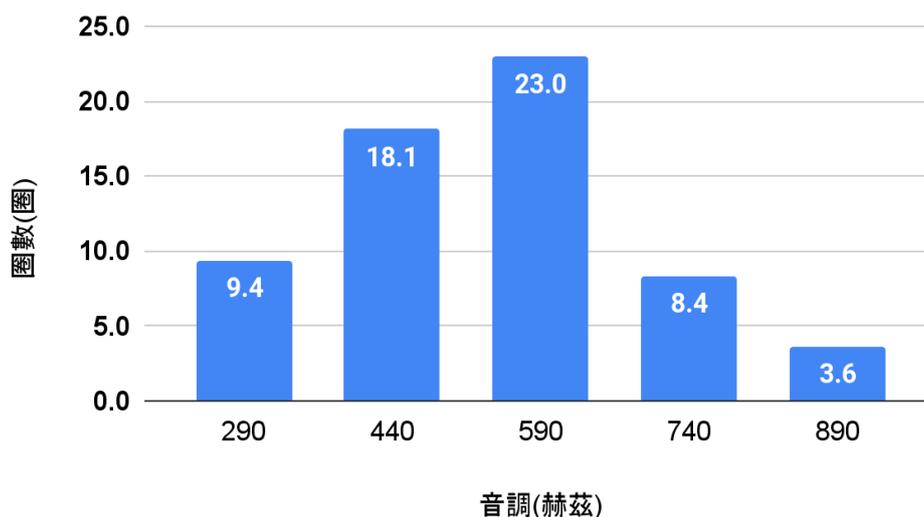


圖 5-1：毛根在不同音調高低時的旋轉圈數長條圖

### 討論：

1. 實驗過程中，毛根的毛會影響它旋轉順暢程度，如果有雜亂或歪向某一邊，就可能轉到杯子邊緣然後卡住不動，這時候就需要重新製作。

2. 根據圖 5-1，音調高低會影響毛根旋轉，在 590 赫茲時，毛根在 10 秒內可轉將近 23 圈。
3. 圖 5-1 看起來像山峰，音調高或低於 590 赫茲的話，毛根旋轉圈數會變少。

**實驗二：紙張厚度不同狀況下毛根的旋轉圈數**

表 5-2：毛根在不同厚度紙張上旋轉的圈數紀錄表

| 紙張種類 \ 圈數(圈) | 70g 影印紙         | 壁報紙             | 150g 厚紙         | 馬糞紙             |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1            | 17.9            | 23.1            | 24.2            | <del>13.3</del> |
| 2            | 18.1            | <del>26.0</del> | <del>26.0</del> | 18.2            |
| 3            | <del>17.2</del> | 23.2            | 24.1            | 18.1            |
| 4            | 18.5            | <del>21.0</del> | 26.0            | <del>19.0</del> |
| 5            | <del>19.2</del> | 22.0            | <del>15.3</del> | 17.0            |
| 平均           | 18.2            | 22.8            | 24.7            | 17.8            |

備註：紙張厚度由左至右越來越厚

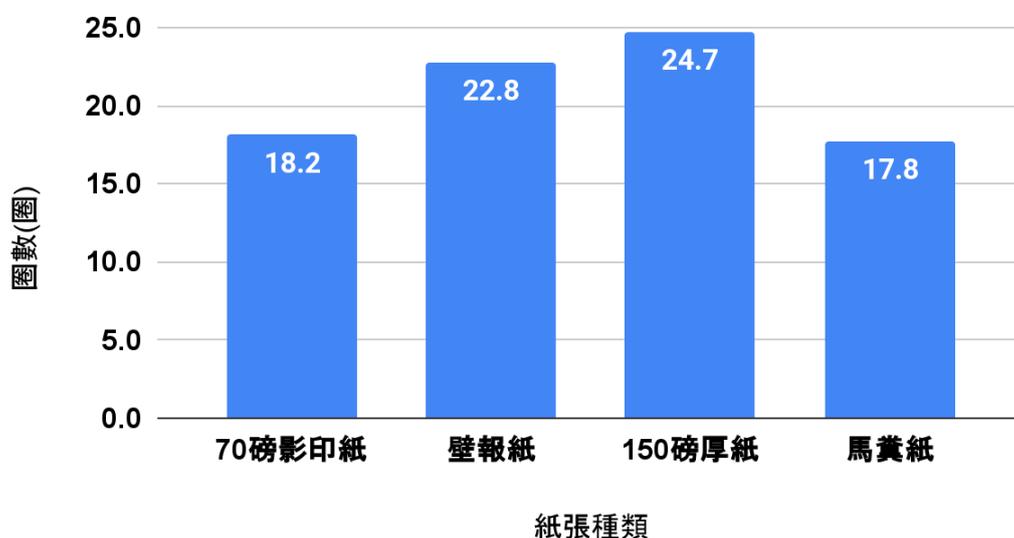


圖 5-2：毛根在不同厚度紙張上旋轉的圈數長條圖

討論：

1. 根據圖 5-2，紙張厚度會影響毛根旋轉的圈數，在 70g 影印紙、壁報紙、150g 厚紙、馬糞紙當中，壁報紙可以讓毛根旋轉的圈數最多，將近 25 圈。
2. 紙張並不是越厚越好，毛根在 70g 到 150g 紙之間，效果較佳。
3. 黏舞台時，我們是剪一張圓形紙片，上下左右共增加 4 個黏貼邊，把紙片固定在喇叭上，如下圖 5-3。但較薄的紙張會因為聲波稍微浮起來使毛根旋轉變慢，若用手壓住舞台，毛根才能轉得順，所以就中間喇叭和紙片中貼黏雙面膠固定。

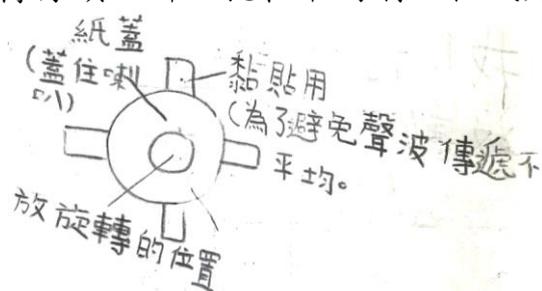


圖 5-3：舞台的黏貼方式

實驗三：不同杯子大小環境下毛根的旋轉圈數

表 5-3：毛根在不同大小的杯子的旋轉圈數紀錄表

| 杯子大小<br>圈數(圈) | 大              | 中              | 小              |
|---------------|----------------|----------------|----------------|
| 1             | <del>6.3</del> | <del>7.2</del> | 6.2            |
| 2             | <del>5.1</del> | 5.1            | <del>5.0</del> |
| 3             | 5.5            | 5.3            | <del>6.2</del> |
| 4             | 5.4            | 4.2            | 6.3            |
| 5             | 5.4            | <del>3.3</del> | 6.3            |
| 平均            | 5.4            | 4.7            | 6.2            |

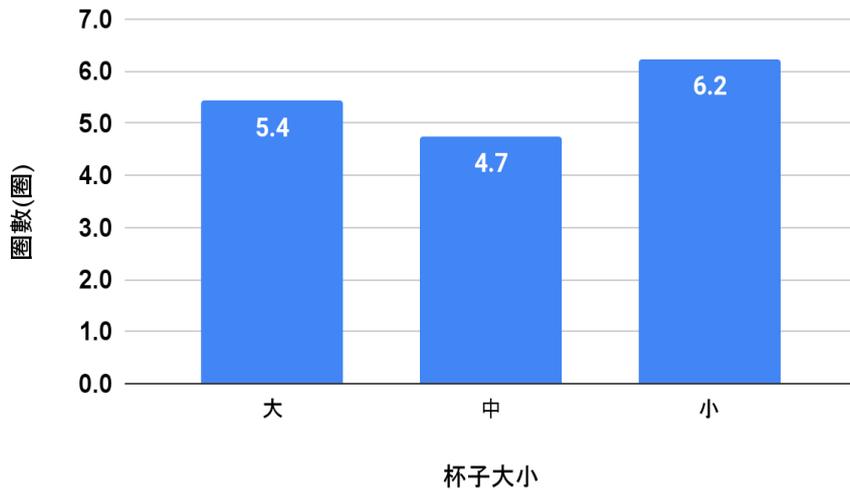


圖 5-4：毛根在不同大小的杯子的旋轉圈數長條圖

討論：

1. 實驗中選擇的杯子，杯高和底面大小都不同，原本猜測低一點的杯子旋轉圈數較多，因為它離聲音比較近，但根據圖 5-4，不同杯子大小對毛根旋轉圈數的影響並不大。
2. 根據我們的觀察，除了聲音的高低，因為紙的平整度對毛根是否旋轉的影響也很大，如果不平整，毛根也會往旁邊靠就停住了，所以這個實驗是改為直接用杯子蓋住喇叭。

實驗四：不同毛根底面大小狀況下毛根的旋轉圈數

表 5-4：毛根底面大小不同時的旋轉圈數紀錄表

| 毛根底面直徑<br>(公分) | 1              | 1.5             | 2               | 2.5             |
|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 圈數(圈)          |                |                 |                 |                 |
| 1              | <del>8.2</del> | 13.5            | 13.5            | <del>12.2</del> |
| 2              | 11.0           | 13.7            | 11.5            | 13.2            |
| 3              | 14.1           | 11.3            | <del>10.0</del> | 13.2            |
| 4              | 12.1           | <del>10.1</del> | <del>14.0</del> | <del>14.0</del> |

|    |                 |                 |      |      |
|----|-----------------|-----------------|------|------|
| 5  | <del>17.0</del> | <del>20.4</del> | 12.1 | 13.3 |
| 平均 | 12.4            | 12.8            | 12.9 | 13.2 |

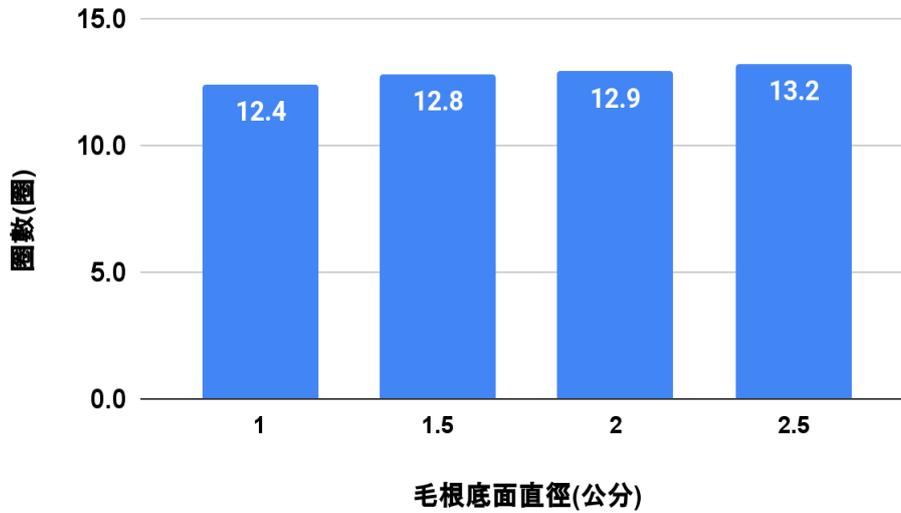


圖 5-5：毛根底面大小不同時的旋轉圈數長條圖

討論：

1. 根據圖 5-5，底面大小不同對毛根旋轉圈數的影響並不大。
2. 承上，因為毛根直徑不同，同樣時間內如果直徑較小的毛根跟直徑較大的毛根的圈數接近的話，直徑大的毛根旋轉速度會比較快，因此雖然圈數相差不大，但可以知道毛根底面積越大，轉速越快，這可能是因為底盤大會比較穩。

結論：

1. 聲音高低會影響毛根的旋轉圈數，在 590 赫茲時，毛根在 10 秒內可轉將近 23 圈。
2. 不同杯子大小對毛根旋轉圈數的影響並不大，雖然略有差異，但沒有很明顯。
3. 墊在喇叭上作為舞台的紙張，它的厚度會影響毛根旋轉的圈數，毛根在 70g 到 150g 紙之間的旋轉圈數較多。
4. 毛根底面大小不同對毛根旋轉圈數的影響並不大，但毛根底面積越大，轉速越快。

陸、評鑑與檢討：上述每一階段的省思與收穫

這是我們第一次做獨立研究，我們和學長姐不一樣，他們是自己決定主題，而我們是為了練習自然科學實驗，從老師給我們看的一個科學影片開始，大家覺得毛根會在杯子上旋轉很有趣，所以就開始實驗了。

模仿影片學會製作方式之後，老師先讓我們討論要做哪些實驗，為了不讓我們忘記，畫了一顆太陽代表主題，又在旁邊畫了幾條線，讓我們把討論的內容寫上去，討論時大家都提出了想法，覺得實驗似乎不太難。

我們的研究和影片中還是有些差別，他們是用嘴巴吹，而我們則是用喇叭代替用嘴巴吹的方式，這樣能控制聲音相同音量大小和音調高低，讓實驗比較準確。

開始進行實驗了，這個實驗應該很簡單，只要捲一卷毛根，出聲音它就會旋轉吧！沒想到遇到了許多問題，讓才剛開始做實驗的我們被搞得團團轉，大多數都是一些雞毛蒜皮的小事而已，但偶爾還是會有一些「大魔王」出現，毛根的毛亂掉，老師就會要求我們重做毛根；毛根三不五時就不動，害我們卡關了好久，重做了很多次才成功，困難也才順利解決，做實驗好辛苦。

因為擔心直接目測無法算出毛根旋轉圈數，實驗中是用平板錄影，影片太多，所以老師教我們先在紀錄表中記錄檔名，做完實驗後，再用影片分析軟體 tracker 來計算圈數，它會慢速撥放，數圈數也比較方便。影片看完後，我們把最高和最低的數據去掉，希望可以減少實驗誤差。

最後一個步驟就是打報告，它也是最簡單的一個步驟，大多數的地方都不太需要用到勞力，只需要動一點腦筋思考，例如：計算數據結果、畫實驗統計圖，也讓我學習到怎麼用試算表計算平均以及畫統計圖。實驗過程中老師都要求我們將觀察到的現象或問題等記錄下來，之後拍照把實驗紀錄紙傳到雲端硬碟，再分工來打報告，

這樣不需要憑空想像，也不用打草稿，而且我們這一組打字速度滿快，因此很快的打完報告。

柒、參考資料

毛根愛跳舞，取自科學遊戲實驗室

<https://scigame.ntcu.edu.tw/voice/voice-025.html>