

# 線上擂臺賽

## 初小組物理科第一名

台北縣丹鳳國民小學

作者：郭行健、陳俞亦

指導教師：簡樹文、林倏成

### 一、研究動機

有一天，老師介紹他小時候的童玩遊戲，其中有一項是這樣玩的——在木頭上釘上二根鐵釘，將鐵釘套上一條橡皮筋，在橡皮筋上靠鐵釘的位置各放一截刺莧的花穗，比賽的二人各拿一塊石頭在兩端的鐵釘上摩擦，這時在橡皮筋上的刺莧花穗就會往前進，並在途中相遇，若能將對方逼退或擠落就算勝利。

同學們覺得這個遊戲很有趣，因此，下課就不停的玩，當然我也不例外，但除了好玩之外，我內心卻存有很多疑問：為什麼我有時輸，有時卻又贏呢？為什麼摩擦鐵釘，而刺莧花穗會前進呢？還有為什麼只用刺莧花穗？難道不能用其他東西代替嗎？又為什麼要用橡皮筋而不用其他的線呢？……。

於是，我去請教老師，就在老師的指導下，做了這項探究。

### 二、研究目的

- (一) 了解影響比賽輸贏的變因。
- (二) 探討刺莧花穗前進的原理及前進速度快慢的原因。
- (三) 探究線的變化或傳連對刺莧花穗前進速度的影響。

### 三、研究問題

- (一) 輸贏和摩擦鐵釘的力量有關嗎？
- (二) 輸贏和摩擦鐵釘的位置有關嗎？
- (三) 輸贏和摩擦鐵釘的方式有關嗎？
- (四) 輸贏和摩擦鐵釘的位置高低有關嗎？
- (五) 輸贏和刺莧花穗的大小有關嗎？
- (六) 摩擦鐵釘，橡皮筋產生了什麼變化？
- (七) 橡皮筋振動，為什麼刺莧花穗會前進？

- (八) 摩擦鐵釘的力量、位置和方式不同時，橡皮筋的振動大小也不同嗎？
- (九) 摩擦鐵釘的力量、位置和方式不同時，刺莧花穗前進的速度和衝力也不同嗎？
- (十) 其他的線也能取代橡皮筋使刺莧花穗前進嗎？
- (十一) 橡皮筋的鬆緊度會影響刺莧花穗前進的速度嗎？
- (十二) 線的傳達角度會影響刺莧花穗前進的速度嗎？

#### 四、研究器材及設備

木板、鐵釘、橡皮筋、棉線、塑膠繩、釣魚線、鐵絲、直尺、量角器、玻璃纖維棒、自製微量測振儀、自製衡力器、電源調整器、電刻鑽機。

#### 五、研究過程與方法

問題（一）輸贏和摩擦鐵釘的力量有關嗎？

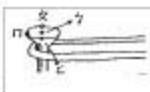
實驗 1：我們為了控制變因的相同，所以用小的電刻鑽來代替石頭，以電源調整器來控制摩擦力量的大小。同時摩擦鐵釘的圓頂上，觀察比賽的輸贏（為求正確，我們比賽五次）。

結果：我們發現摩擦力量越大越容易將對方打敗，但若摩擦力太大時（電源調整器超過8時）則刺莧花穗會掉下來，而不能舉行比賽。

如表 1。

問題（二）輸贏和摩擦鐵釘的位置有關嗎？

實驗 2：方法同實驗一我們控制同樣的摩擦力，摩擦位置分別為鐵釘的圓頂面和頂面邊緣位置如圖：



結果：我們發現摩擦鐵釘的圓頂面最容易獲勝。如表 2-1，2-2，2-3。

問題（三）：輸贏和摩擦鐵釘的方式有關嗎？

實驗 3：摩擦同樣的位

表 1

| 輸贏次數 | 摩擦力量 |   | 乙 |   | 甲 |   | 乙 |   | 甲 |   | 乙 |   | 甲 |   | 乙 |   | 甲 |   | 乙 |   | 甲 |   | 乙 |   | 甲 |   |
|------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|      | ○    | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × |
| 一    | ○    | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × |
| 二    | ○    | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × |
| 三    | ○    | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × |
| 四    | ○    | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × |
| 五    | ○    | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × | ○ | × |

表 2-1

| 輸贏次數 | 圓頂面 |   | 左緣 |   | 右緣 |   |
|------|-----|---|----|---|----|---|
|      | ○   | × | ○  | × | ○  | × |
| 一    | ○   | × | ○  | × | ○  | × |
| 二    | ○   | × | ○  | × | ○  | × |
| 三    | ○   | × | ○  | × | ○  | × |
| 四    | ○   | × | ○  | × | ○  | × |
| 五    | ○   | × | ○  | × | ○  | × |

表 2-2

| 輸贏次數 | 圓頂面 |   | 右緣 |   | 左緣 |   |
|------|-----|---|----|---|----|---|
|      | ○   | × | ○  | × | ○  | × |
| 一    | ○   | × | ○  | × | ○  | × |
| 二    | ○   | × | ○  | × | ○  | × |
| 三    | ○   | × | ○  | × | ○  | × |
| 四    | ○   | × | ○  | × | ○  | × |
| 五    | ○   | × | ○  | × | ○  | × |

表 2-3

| 輸贏次數 | 圓頂面 |   | 外緣 |   | 內緣 |   |
|------|-----|---|----|---|----|---|
|      | ○   | × | ○  | × | ○  | × |
| 一    | ○   | × | ○  | × | ○  | × |
| 二    | ○   | × | ○  | × | ○  | × |
| 三    | ○   | × | ○  | × | ○  | × |
| 四    | ○   | × | ○  | × | ○  | × |
| 五    | ○   | × | ○  | × | ○  | × |

置（圓頂面）但摩擦方式分為和橡皮筋平行及和橡皮筋垂直二種。

結果：我們發現摩擦方式以和橡皮筋垂直方向較容易獲勝，如表 3。

表 3

| 輪<br>次 | 方<br>式 | 和橡皮<br>筋平行 | 和橡皮<br>筋垂直 |
|--------|--------|------------|------------|
| 一      |        | ×          | ○          |
| 二      |        | ×          | ○          |
| 三      |        | ×          | ○          |
| 四      |        | ○          | ×          |
| 五      |        | ×          | ○          |

問題（四）：輸贏和橡皮筋的位置高低有關嗎？

實驗 4：方法同上，但橡皮筋位置為一高一低。

表 4

| 輪<br>次 | 高<br>低 | 高<br>5cm | 低<br>4cm | 高<br>5cm | 低<br>3cm | 高<br>5cm | 低<br>2cm | 高<br>5cm | 低<br>1cm |
|--------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 一      |        | ○        | ×        | ○        | ×        | ○        | ×        | ○        | ×        |
| 二      |        | ○        | ×        | ○        | ×        | ○        | ×        | ○        | ×        |
| 三      |        | ○        | ×        | ○        | ×        | ○        | ×        | ○        | ×        |
| 四      |        | ×        | ○        | ○        | ×        | ○        | ×        | ○        | ×        |
| 五      |        | ○        | ×        | ○        | ×        | ○        | ×        | ○        | ×        |

結果：我們發現位置高低相差越大越容易分辨輸贏越高越快勝利，而位置越低則幾乎不能前進一下子就被打敗了。如表 4。

問題（五）：輸贏和刺莧花穗的大小有關嗎？

實驗 5：方法同上，我們將刺莧花穗分為大小二種比較其輸贏。

表 5

| 輪<br>次 | 大<br>小 | 大<br>5cm | 小<br>4cm | 大<br>5cm | 小<br>3cm | 大<br>5cm | 小<br>2cm | 大<br>5cm | 小<br>1cm |
|--------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 一      |        | ○        | ×        | ○        | ×        | ○        | ×        | ○        | ×        |
| 二      |        | ×        | ○        | ○        | ×        | ○        | ×        | ○        | ×        |
| 三      |        | ○        | ×        | ○        | ×        | ○        | ×        | ○        | ×        |
| 四      |        | ○        | ×        | ○        | ×        | ○        | ×        | ○        | ×        |
| 五      |        | ○        | ×        | ○        | ×        | ○        | ×        | ○        | ×        |

結果：我們發現刺莧花穗較大較長者，很容易將花穗較小者逼退而獲得勝利，如表 5。

問題（六）：摩擦鐵釘，橡皮筋產生了什麼變化？

觀察：我們摩擦鐵釘，觀察橡皮筋的變化。

結果：我們看到橡皮筋有快速、細小的晃動。

實驗 6：我們在橡皮筋上擺上一些小塊的保力龍、摩擦鐵釘，觀看保力龍的變化。

結果：我們發現保力龍塊上下跳動，有些被震落掉在地上。

實驗 7：我們在橡皮筋上黏一根吸管，再將這根吸管放入裝有水的水盆中，摩擦鐵釘時，觀察水面的變化。

結果：我們發現水盆中有陣陣的波紋產生。

總結上面的觀察和實驗，我們可以證明在摩擦鐵釘時，套在鐵釘上的橡皮筋會產生振動。

問題（七）：橡皮筋振動為什麼刺莧花穗會前進？

為研究這個問題，我們提出以下的假設，再以實驗證明對錯。

假設 1：很輕的東西可以在橡皮筋上因振動而前進。

實驗8：我們準備了小紙團、小保力龍條、小布條、塑膠帶、小木條、小葉片、小塑膠管、海綿條分別放在橡皮筋上、摩擦鐵釘，觀察它們前進的情形。

結果：我們發現這些東西全都不能前進，可見我們的假設是錯誤的。於是我們再提出第二個假設。

假設2：有毛的東西放在橡皮筋上，可因橡皮筋的振動而前進。

實驗9：我們收集了許多有毛的東西：棉花條、絲瓜布條、毛線、膠毛帶、狼尾草花穗、鐵莧花穗、南洋杉的小葉串，五節芒的花穗，毛絨條，綿花團等。分別置於橡皮筋上摩擦鐵釘、觀察它們前進的情形。

結果：我們發現只有膠毛帶、狼尾草、和南洋杉的針葉串可以前進，而其他的東西都不能前進。可見我們的假設仍是錯的。

思考：我們將膠毛帶、狼尾草、南洋杉及刺莧花穗擺在一起，仔細觀察思索。

發現：它們有共同的特徵，那就是它們的毛都順著同一方向生長。於是我們根據這一特徵，再提第三個假設。

假設3：重量輕且具有同一方向毛的東西可以在橡皮筋上因振動而前進。

實驗10：我們準備3塊小木塊，分別插上等量的油漆刷毛。一支毛是垂直插入，一支毛是約呈 $45^\circ$ 角插入，另一支的則是雜亂無章插入。將它們放在橡皮筋上觀察前進的情形。

結果：我們發現只有呈 $45^\circ$ 角的那一支小木塊會前進。可見我們的假設是正確的。

問題（八）：摩擦鐵釘的力量、位置、和方式不同時、橡皮筋的振動大小也不同嗎？

實驗11：我們利用牙籤做成如下的振動器。  觀測振動的大小。

結果：雖然可以感覺出振動的大小，但沒有辦法表現數據。因此我們再絞盡腦汁想出了“微量測振儀”。如下圖。

實驗12：我們利用“微量測振儀”來測驗摩擦的力量、位置和方式不同時。顯出振動的大小幅度。

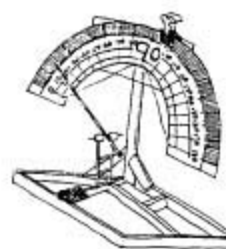
結果：可以清楚的以數據表示出振動的大小。如下表。

問題（九）：摩擦鐵釘的力量、位置、方式不同時，刺莧花穗前進的速度和衝力也不同嗎？

實驗13：方法同前（為了更準確控制變因，以膠毛帶代替刺莧花穗）。

表6

| 力量   | 電源強度4 | 電源強度4.5 | 電源強度5 | 電源強度5.5 | 電源強度6 | 電源強度6.5 | 電源強度7 |
|------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| 振動幅度 | 2-4度  | 5-8     | 8-11  | 11-14   | 14-16 | 16-18   | 18-22 |



衝力設計：如右圖：測定5秒內膠毛帶衝過的數目。

結果：我們發現摩擦力量越大，膠毛帶前進的速度和衝力也越大。位置則以鐵釘圖頂面最佳，方式則以和橡皮筋垂直方式最好。如右表。

心中疑問：在實驗中我們發現膠毛帶前進的速度好像不是很平均而是有時快有時慢。為確定心中疑問，我們做了實驗14。

實驗14：在橡皮筋的三個位置，如圖所示，摩擦2秒鐘分別測量三段膠毛帶所走的距離。

結果：如下表：可見我們的懷疑是正確的。

思考：膠毛帶的前進速度和振動的大小有關，因此不同位置的膠毛帶的前進速度不同，也就表示橡皮筋上的不同位置它們的振動大小也不同。

驗證1.將橡皮筋拉高再放下，觀看橡皮筋振動的情形。



(實驗15)：結果：我們發現橡皮筋振動有的地方彈得高有的彈得低。如上圖。

驗證2.我們用敲敲板原理做成十個連在一起的微量測振器。置於橡皮(實驗16)筋下，當摩擦鐵釘時，觀察振動情形。

結果：很明顯的看到每一點的振動大小都不同。

問題(十)：其他的線也能取代橡皮筋使刺莖花穗前進嗎？

實驗17：方法同前，以不同線代替

表7

| 振動位置<br>方式 | 釘面   | 釘面右側 | 釘面左側 | 釘面後側 |
|------------|------|------|------|------|
| 和橡皮筋平行     | 6-8  | 3-4  | 3-4  | 4-5  |
| 和橡皮筋垂直     | 8-11 | 4-6  | 4-5  | 4-5  |



表8

| 力量  | 電源強度 3 | 電源強度 3.5 | 電源強度 4 | 電源強度 4.5 | 電源強度 5 | 電源強度 5.5 | 電源強度 6 |
|-----|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| 速度  | 4.6    | 4.1      | 3.7    | 3.2      | 2.8    | 2.3      | 1.9    |
| 衝力值 | 3      | 4        | 7      | 3        | 11     | 12       | 14     |



表9 (電源強度為5)

| 速度及衝力值<br>方式 | 釘面      | 釘面右側   | 釘面左側   | 釘面後側   |
|--------------|---------|--------|--------|--------|
| 和橡皮筋平行       | 5.1秒 7  | 6.6秒 5 | 6.8秒 4 | 6.8秒 5 |
| 和橡皮筋垂直       | 2.8秒 11 | 3.7秒 7 | 3.9秒 6 | 3.7秒 6 |

表10

| 距離編號<br>次數 | 甲      | 乙      | 丙      |
|------------|--------|--------|--------|
| 一          | 15cm   | 18cm   | 12cm   |
| 二          | 13cm   | 17cm   | 11cm   |
| 三          | 17cm   | 18cm   | 13cm   |
| 四          | 15cm   | 19cm   | 12cm   |
| 五          | 14cm   | 20cm   | 13cm   |
| 平均         | 14.8cm | 18.1cm | 12.2cm |



橡皮筋。

結果：除棉線外其餘的線都能使膠毛帶前進。但以橡皮筋的效果最好。如右表。

問題（十一）：橡皮筋的鬆緊度會影響刺莧花穗前進的速度嗎？

實驗18：橡皮筋的鬆緊控制如右圖。其餘方法如前。

結果：橡皮筋越緊，速度越快如下表所示。

表 11

| 距離<br>次數 | 釣線   | 塑膠線 | 棉線 | 電線   | 漆包線  | 橡皮筋  |
|----------|------|-----|----|------|------|------|
| 一        | 15   | 3   | 1  | 24   | 18   | 31   |
| 二        | 14   | 5   | 0  | 23   | 19   | 33   |
| 三        | 15   | 3   | 0  | 25   | 19   | 31   |
| 四        | 16   | 3   | 0  | 26   | 21   | 30   |
| 五        | 16   | 2   | 0  | 26   | 21   | 29   |
| 平均       | 15.2 | 3.2 | 0  | 24.8 | 19.6 | 30.8 |

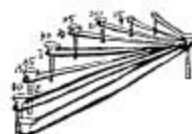
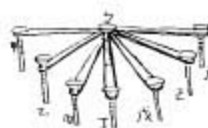


表 12 (距離單位：公分)

| 距離<br>次數 | 甲 15cm<br>最鬆 | 乙 20 cm | 丙 25cm | 丁 30 cm | 戊 35cm | 己 40 cm<br>最緊 |
|----------|--------------|---------|--------|---------|--------|---------------|
| 一        | 13           | 17      | 21     | 26      | 31     | 36            |
| 二        | 11           | 18      | 20     | 28      | 29     | 37            |
| 三        | 13           | 18      | 21     | 25      | 31     | 34            |
| 四        | 13           | 17      | 21     | 26      | 30     | 37            |
| 五        | 12           | 19      | 20     | 25      | 29     | 33            |
| 平均       | 13           | 17.2    | 20.6   | 26      | 30     | 35.1          |



問題（十二）：線的傳連角度會影響刺莧花穗前進的速度嗎？

實驗19：我們將鐵釘釘成30°，60°，90°，120°，150°，180°等六種角度，如上圖摩擦鐵釘甲，當膠毛帶從甲走到乙時，觀測各角度的膠毛帶所走的距離。

結果：我們發現振動的傳遞以直線為最好，但力量顯然已減少許多。其它角度則傳遞的力量更弱了。當成90度時則膠毛帶幾乎不前進了。如右表。

表 13

| 距離<br>次數 | 30度 | 60度 | 90度 | 120度 | 150度 | 180度 |
|----------|-----|-----|-----|------|------|------|
| 一        | 3   | 2   | 1   | 2    | 4    | 6    |
| 二        | 4   | 2   | 1   | 3    | 3    | 9    |
| 三        | 4   | 3   | 2   | 3    | 4    | 10   |
| 四        | 3   | 2   | 1   | 2    | 5    | 8    |
| 五        | 4   | 3   | 2   | 3    | 5    | 8    |
| 平均       | 3.6 | 2.4 | 1.4 | 2.6  | 4.2  | 8.2  |

## 六、討論與結論

1.任何兩個物體只要互相有力量的作用，就會引起振動。所以當我們用石頭在鐵釘上來回摩擦時，也就會引起一陣陣的振動。

2.振動是可以藉著連接的物質而傳遞，所以鐵釘的振動傳給了橡皮筋，而橡皮筋的振動再傳給了放在橡皮筋上的物質。而我們利用翹翹板的原理所製成的“微量測振儀”能很敏感的接收振動，並清楚的顯示出振動的大小。

3.當放置在橡皮筋上的物質如果是重量較輕，且有同一方向的細毛物時，由於振動的力量經由細毛向同一方向集中，這物質就會朝著這一個方向前進。刺莖花穗、膠毛帶、或狼尾草之所以能在橡皮筋上前進，即是它們都具有同一方向的細毛物。

4.摩擦鐵釘的力量，或摩擦鐵釘的位置和方式不同時，所引起的振動大小也不同。由實驗12中得知摩擦鐵釘的力量越大，振動的越大。而摩擦的位置以釘面能引起的振動最大。摩擦的方式則是和橡皮筋互相垂直的方向為最好。

5.振動的力量越大，由細毛傳收來的能量越強，因此，橡皮筋上的膠毛帶前進的速度也就越快，且衝力也越強，由此可見，凡是會影響振動大小的因素，也就是決定遊戲輸贏的因素。但若振動的力量太大，就會把膠毛帶彈起而掉落在地。

6.從實驗17中我們得知，所有的線都能傳遞振動，只是有的傳遞效果好，而有的效果差。其中以橡皮筋的效果最好，所以膠毛帶跑的速度最快。這應該是和橡皮筋的彈性最好有關。而棉線雖然也能傳遞振動，但卻不能使膠毛帶前進，其中的原因應該是棉線上的毛和膠毛帶上的毛互相纏扯牽連在一起，因此，才不能使膠毛帶前進。

7.橡皮筋的鬆緊度和傳遞振動的效果有很大的關係，由實驗18中得知橡皮筋拉得越緊，傳遞振動的效果越好。這和傳話筒的傳遞連線拉得越緊，傳遞的聲音越清楚。是可以互相印證的。

8.振動在傳遞的過程中會越來越弱。如果傳遞的過程不是直線而是有轉折角度時，則傳遞的速度更慢，從實驗19中我們得知，傳遞的角度以直線180度最好。而轉成90度時效果最差。

## 七、心得與感想

1.在自然課中老師曾教我們，所謂的觀察、假設、驗證等研究方式平常都只把它當成背誦的名詞，然而在這次的探討中，我們卻都實際的用到了，雖然我們提出的假設連連錯誤，但當最後驗證成功時，當時的高興，實在難以形容。

2.在這次的探討中，最令我們興奮的是我們想出用翹翹板的原理來造出“微量測振儀”。有了它，能清楚明白的表示出振動的大小，進而順利解決了許多的疑問，真是令我們感到快樂。

3.原本只是童玩的遊戲，可是當中卻含有許多的物理知識，可見日常生活中我們所玩的玩具或使用的器具，其實都藏有許多學問，值得我們去思考和研究。

## 八、參考資料

- 1.動腦園地：P.101～P.110 華一書局。
- 2.生活科學知識：P.6～P.15 東方出版社。
- 3.自然科學大百科：P.16～P.26 中視文化出版社。

## 評語

(1)本作品是探討刺莧花穗在二平行彈性繩上前進的原因，並研究影響前進（速度）的因素，在探討變因的過程中，作者詳細提出思考變因的動機，並逐項排除每一項不同的假設，符合科學態度：懷疑→探索→結論的過程。

(2)探討刺莧花穗類同型態的物體在繩上爬行的作品，其創新性容或不足，但利用簡單的自製微量測振儀來分析繩上振幅的大小及引起刺莧花穗前進的原因，確屬新穎創意。

(3)本作品考慮不同材質的繩子及不同張力、不同方向的振動、不同角度等等變因、思考周密、實驗數據豐富，並能從眾多變因中歸納出正確結果，難能可貴。

(4)作者思慮周詳，對作品內容步驟頗為清楚了解，表達能力甚佳且能充分把握重點。思考的角度相當深入，值得鼓勵。