

2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：Fly Away！紙飛機摺數與飛行距離關係之探究

一、摘要

紙飛機，是多數人在童年時的玩具，簡單的一張紙，透過不同的摺法，就能飛得又高又遠。為了探究不同因素影響紙飛機的飛行距離，本研究將問題細分：(1)不同的施力大小，對紙飛機飛行距離長短之影響。(2)不同的紙飛機摺數，對紙飛機飛行距離長短之影響。研究結果顯示，施力越大，紙飛機的滑翔距離越遙遠，但當施力大到某一程度時，飛機的平衡反而會被破壞，使得能夠滑翔的距離驟減。而當飛機的摺數變高時，飛機本身變得更堅韌，也因此受力程度更大，也就能飛得越遠。但當摺數提高時，也更難以作用在飛機重心，導致飛行距離誤差提升的情形，所以本研究發現，「二摺機」是較為適宜的紙飛機摺法。

二、探究題目與動機

紙飛機本身沒有動力，主要是靠機翼提供了空氣阻力，而減緩下降速度。因此只要保持平衡，就可以一邊前進，一邊緩緩下降，此現象稱為「滑翔」。如果以紙飛機的原理來說，應該是必須增加其機翼的空氣阻力，才能造出飛較遠的紙飛機，可是小時候的生活經驗裡，總是越細的紙飛機能夠飛越遠，因為阻礙其飛行的阻力更少了。

為了比較兩者之差異，本研究將紙飛機透過不同的摺數(摺數越多，飛機本身越細)，去比較在不同的施力情形下，產生之飛行距離差異。

三、探究目的與假設

- (一)不同的施力大小，對紙飛機飛行距離長短之影響。
- (二)不同的紙飛機摺數，對紙飛機飛行距離長短之影響。

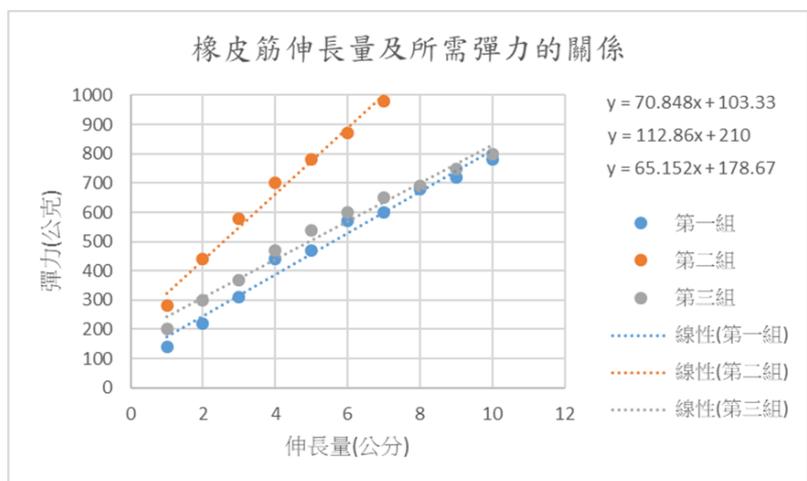
四、探究方法與驗證步驟

(一)實驗裝置製作：

1. 橡皮筋之伸長量及施力大小之關係：



圖一、實驗裝置



圖二、橡皮筋之伸長量及施力大小之關係

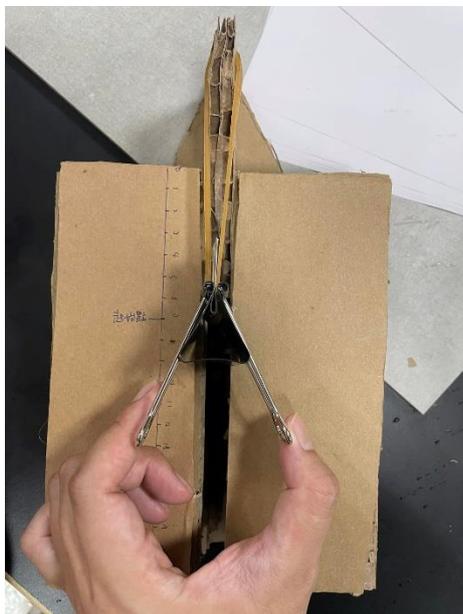
本研究測試三條不同的橡皮筋之伸長量及施力大小的關係，實驗裝置如圖一，透過將橡皮筋拉至不同的伸長量，並測量彈簧秤讀數，繪製出如圖二的關係圖。從圖二我們知道，三條橡皮筋之伸長量及施力之關係圖為線性，因此符合虎克定律，而因校內彈簧秤最高僅能秤出 1000 公克重，且超過 1000 公克重橡皮筋拉力太強會破壞裝置，所以我們在 1000 公克重內至少能推論，第一組及第三組的橡皮筋在伸長量 10 公分內不會超過彈性限度，且第二組的橡皮筋斜率及其他兩組的差異極大，屬於極端值，故我們去除第二組數據，我們以第一組的橡皮筋為發射器之橡皮筋，第三組的橡皮筋作為預備。

而從圖二我們可知，第一組橡皮筋斜率為 70.84，意味著每伸長 1 公分，所需要增加的拉力為 70.84 公克重，且起始值為 103.33 公克重。所以我們可以透過此公式算得不同伸長量下，第一組橡皮筋伸長量及施力之關係如表一所示：

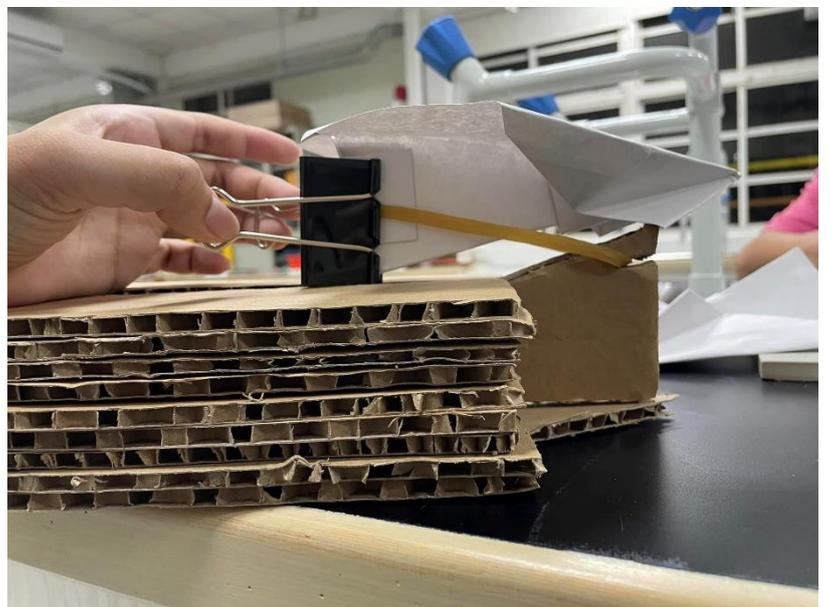
表一、第一組橡皮筋之伸長量及施力大小之關係

伸長量 (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
施力 (gw)	174.17	245.01	315.85	386.69	457.53	528.37	599.21	670.05	740.89	811.73

2. 紙飛機發射器之設計與實作：



圖三、紙飛機發射器之俯視圖

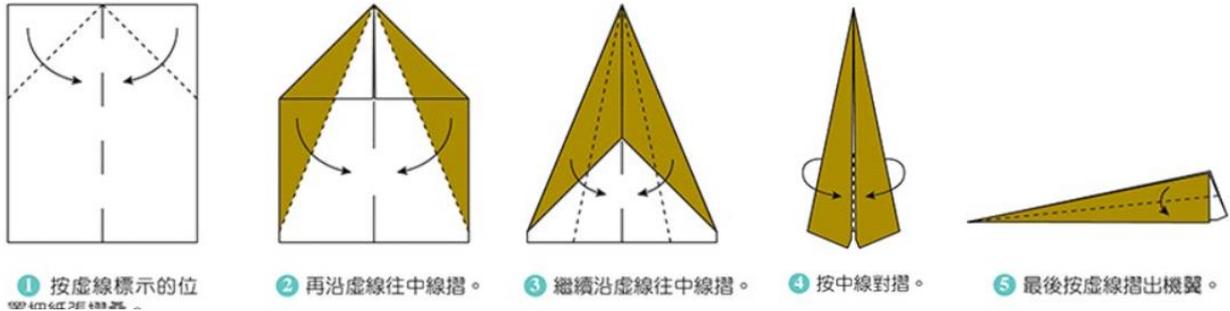


圖四、紙飛機發射器之側視圖

紙飛機發射器如圖三及圖四所示，先將瓦楞紙板剪成一個大長方形，當作底板，然後把瓦楞紙板剪成多個小塊長方形，約十八到二十個左右，接下來，把小紙板分兩半，黏成兩疊紙塊，中間留個 0.5 公分寬的空隙，使紙飛機可以放進去，把兩疊紙塊黏在底板上後，再剪一個小三角形夾在中間，在三角形的中間切一個切痕，讓橡皮筋可以卡進去，使用長尾夾作為發射

器按鈕，避免長尾夾夾傷紙飛機，中間再墊一塊厚紙板，此為本研究的紙飛機發射器。

3. 採用之紙飛機摺法



圖五、本研究之紙飛機摺法

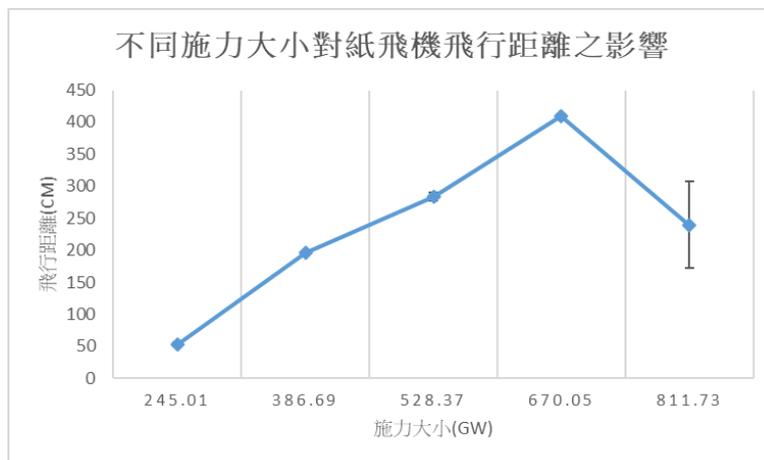
本研究所採用的紙飛機為 YOUNG 在 2018 年出版的「超酷炫好玩的紙飛機：自己動手做超帥氣超會飛的紙飛機」當中的飛鏢機，也是多數人在童年最常使用的基本型紙飛機，製作步驟如圖五所示，對照之文字如下方敘述：

- (1) 按虛線標示的位置，將紙張摺疊。
- (2) 再沿虛線往中線摺，在本研究中，此步驟做一次為「一摺機」；重複做兩次為「二摺機」；重複做三次為「三摺機」。
- (3) 按中線對摺。
- (4) 最後按虛線摺出機翼。

(二)實驗設計與結果：

1. 實驗一：不同的施力大小，對紙飛機飛行距離長短之影響：

本研究使用紙飛機發射器，以橡皮筋零公分為起點，分別在上面畫出 2、4、6、8、10 公分的記號，把紙飛機發射器固定於高 90 公分的椅子上，並於無風且平坦的環境施測，為了避免機頭損壞，於地板鋪設巧拼，以紙飛機的落地點為主，用捲尺測量其飛行距離，每組伸長量測量 3 次，去除極端值後取平均，實驗結果如圖六所示：

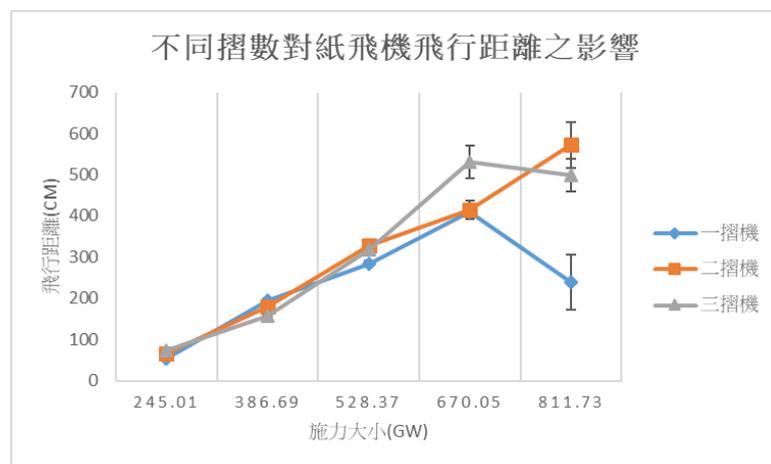


圖六、不同施力大小對紙飛機飛行距離之影響

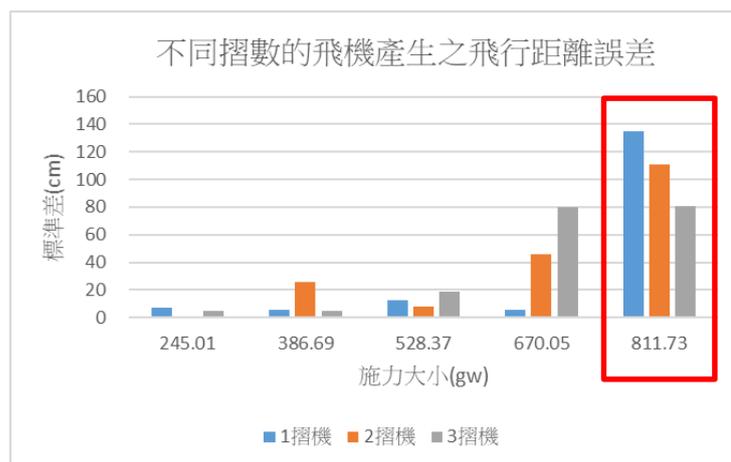
圖六為「一摺機」在不同的施力大小下，產生之飛行距離。結果顯示，在施力 670 公克以下，施力越大，紙飛機能滑翔的距離會越遠，但當施力大到 811 公克的程度時，紙飛機的飛行距離驟降，同時，誤差的比例急速升高。推測其原因在於「一摺機」的受力程度有限，當施力過大時，易破壞紙飛機發射的平衡，導致難以順暢的飛出。

2. 實驗二：不同的紙飛機摺數，對紙飛機飛行距離長短之影響：

從實驗一的結論推測，「一摺機」因受力程度的影響，導致施力超過 670 公克時，易破壞紙飛機發射的平衡，導致難以順暢的飛出。那是否「二摺機」及「三摺機」也會有相同的現象；此外，是否如同生活經驗，當摺數越多的飛機，同樣的施力大小就能飛更遠。為了探究上述兩項問題，本研究準備了「一摺機」、「二摺機」及「三摺機」進行測驗，其飛行距離之結果如圖七所示；誤差如圖八所示：



圖七、不同摺數之紙飛機對飛行距離之影響



圖八、不同摺數之紙飛機在不同施力大小下的飛行誤差

從圖七的結果顯示，在相同的施力大小下，其實不同摺數的紙飛機飛行距離差異微小，換言之，摺得更細並不影響紙飛機的滑翔距離。但當施力越大時，摺數越大的紙飛機，能夠

有更長的飛行距離。對照圖八，當施力達 811.73 公克時，摺數越少的紙飛機，誤差越多，因此我們推測，是因為摺數越多，紙飛機本身更堅韌，也因此可以承受的力就越多，誤差自然越少，且因為能完整的受力，自然可以飛得更遠；但當紙飛機到「三摺機」的程度時，因為過細，導致重心很容易偏離，當施力過大時，也就難以飛得穩定。而「一摺機」則是過軟，當施力過大時，甚至會破壞到機尾的結構，導致難以飛得穩定。因此，本研究發現，在二摺的情形下，紙飛機受力既較穩定且不易偏離重心，同時機尾也不容易遭到破壞，是較佳的紙飛機結構。

五、結論與生活應用

機體越堅韌，能夠行走的距離就越遠或越快。推測可用於日常生活的交通設備，比如：腳踏車、機車、汽車、電車、高鐵甚至飛機。在打造交通工具時，除了考量他們的形狀外，機體結構的穩定與材料的選擇也相當重要。

參考資料

- 一、NTCU 科學遊戲實驗室，酷炫紙飛機，取自：<http://scigame.ntcu.edu.tw/paper/paper-008.html>
- 二、YOUNG(2018) 超酷炫好玩的紙飛機：自己動手做超帥氣超會飛的紙飛機