

## 2024 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

**題目名稱：紙蜻蜓翅膀長度的探究：翅膀長度對飛行穩定性的影響**

### 一、摘要

本研究旨在探討紙蜻蜓翅膀長度對其飛行性能的影響。首先我們介紹首先製作紙蜻蜓所需的材料和摺法以及詳細描述了實驗步驟。

在實驗中，我們測量了不同翅膀長度下紙蜻蜓的旋轉圈數和落下時間。實驗數據顯示，紙蜻蜓翅膀長度與旋轉圈數和落下時間呈現出一定的關聯性。具體來說，隨著翅膀長度的增加，紙蜻蜓的旋轉圈數和落下時間也呈現增加的趨勢。然而，我們觀察到在特定翅膀長度範圍內，增加幅度明顯變大。進一步討論表明，這可能是由於空氣阻力對紙蜻蜓飛行性能的影響所致。我們的研究結果提供了對於紙蜻蜓飛行原理的深入理解，有助於未來設計更有效的紙蜻蜓模型或其他類似特徵的飛行落下物體。

### 二、探究題目與動機

在探究與實作課程中，老師介紹了桃花心木的種子，其種子在落下的時候會旋轉，藉此減緩落下的時間，而我們在觀察桃花心木種子落下產生了好奇—甚麼樣的因素會導致旋轉的圈數變多？或是落下時間會增加呢？為了瞭解落下的變化，於是我們採用了紙蜻蜓這個科學玩具來進行探究的研究，紙蜻蜓的作法十分簡單，變因也容易控制，在與老師討論後便進行了我們的實驗。

### 三、探究目的與假設

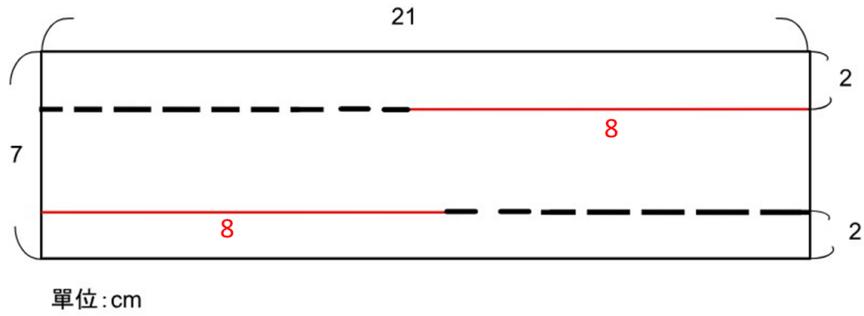
根據我們觀察紙蜻蜓落下的過程，我們發現了幾個可能會影響紙蜻蜓旋轉圈數或是落下時間的因素，其中我們選用翅膀長度來作為我們的操縱變因，原因比較符合自然界中桃花心木種子間的變因，我們的實驗假說一共有三個：

1. 紙蜻蜓的翅膀長度越長，其落下時間越長
2. 紙蜻蜓的翅膀長度愈長，其落下時的旋轉圈數越多

### 四、探究方法與驗證步驟

本實驗所選用的紙蜻蜓所需的材料與摺法如下：

1. **材料：**切割墊 1 個(A3 大小)、紙 10 張(70 磅，B4)、迴紋針(28mm)、美工刀、鐵尺 3 支(100 公分 2 支、30 公分 1 支)、紅色粉筆 1 支
2. **製作方法：**
  - (1) 本實驗中紙張大小皆為長 21 公分，寬 7 公分的長方形紙片，而實驗中規劃的操縱變因為保留的紙蜻蜓翅膀長度。
  - (2) 以翅膀長度 8 公分為例，首先剪一個寬 7 公分，長 21 公分的長方形紙片，畫下 8 公分作為欲保留的「翅膀」長度(紅色實線)，而將剩餘的部分剪開(黑色虛線)，如下圖所示。



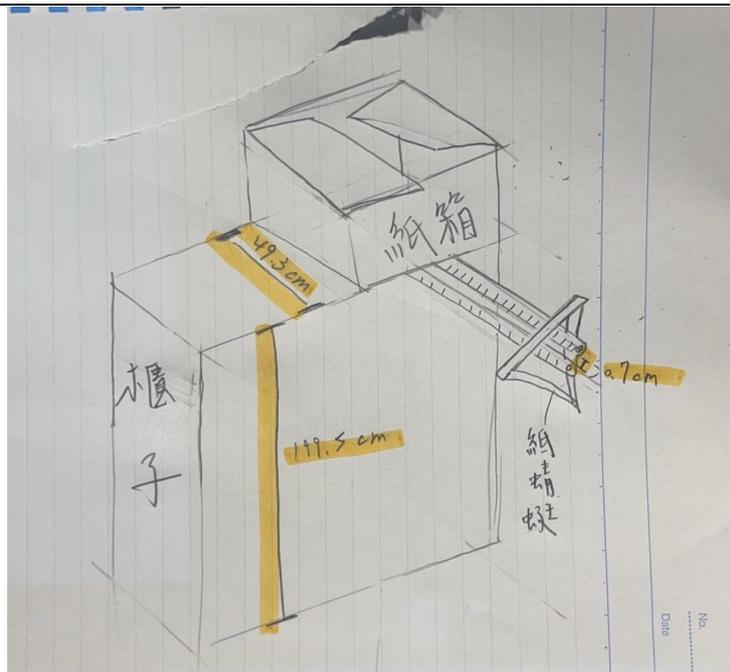
(3) 在其中一邊用粉筆畫上紅線，使數圈數時能更清楚、方便。



(4) 剪下後「翅膀」部分依圓圈表示用迴紋針夾起，變成如圖中一樣的形狀。



(5) 實驗裝置如圖，使用兩支 100 公分的鐵尺，兩支鐵尺間隔 0.7 公分，夾在高 199.5 公分的櫃子和放有重物的紙箱之間，鐵尺插的深度為 49.3 公分。



### 3. 實驗步驟

- (1) 三位組員分別擔任錄影人員、記錄人員與操作人員
- (2) 錄影人員持手機正對操作人員，進行影片紀錄
- (3) 操作人員坐在實驗裝置上，用右手推出去使紙蜻蜓自然落下。



- (4) 記錄人員記錄落下時間，並將影片經慢動作撥放後計算紙蜻蜓旋轉的圈數

### 4. 實驗數據與圖表(翅膀長度與旋轉圈數)

實驗中針對翅膀長度的大小我們設定為 1~10 公分，每次增加 1 公分，設定此區間的原因是我們有先進行試作，發現若是翅膀長度過長則紙蜻蜓會無法順利飛行，故我們選擇長度 1~10 公分作為本次的操縱變因。而在每次的測量結果後，除了計算平均值之外，同時也計算標準差與 A 類不確定度，表示數據的可靠性。

(1) 翅膀長度與旋轉圈數的關係

表 1、翅膀長度與旋轉圈數之紀錄

次數 / 公分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
第 1 次	3	4.5	4.5	5.5	6	6	7	7.5	8	8
第 2 次	3	4.5	4.5	5	6	5.5	6	7.5	8.5	8.5
第 3 次	3	4	4	4.5	6	5	7	7	8.5	8
第 4 次	2	3	5	5	5.5	5	6.5	7.5	7.5	8.5
第 5 次	2.5	4.5	4.5	4.5	5.5	5.5	7.5	7	8.5	8.5
第 6 次	2.5	5	4.5	4	5.5	5.5	6.5	7.5	8	8.5
第 7 次	3	3.5	4	4.5	5	6	6.5	7.5	8	8.5
第 8 次	3	4.5	4.5	5	5	6	7.5	7	8.5	7.5
第 9 次	2	4	4.5	5	5.5	5.5	7	7	8.5	8.5
第 10 次	2.5	4	4	5	5	6.5	7	6.5	8.5	8.5
平均值	2.65	4.15	4.4	4.8	5.5	5.65	6.85	7.2	8.25	8.3
標準差(S)	0.4116	0.5798	0.3162	0.4216	0.4082	0.4743	0.4743	0.3496	0.3536	0.3496
A 類不確定度(u_A)	0.1302	0.1833	0.1	0.1333	0.1291	0.15	0.15	0.1106	0.1118	0.1106

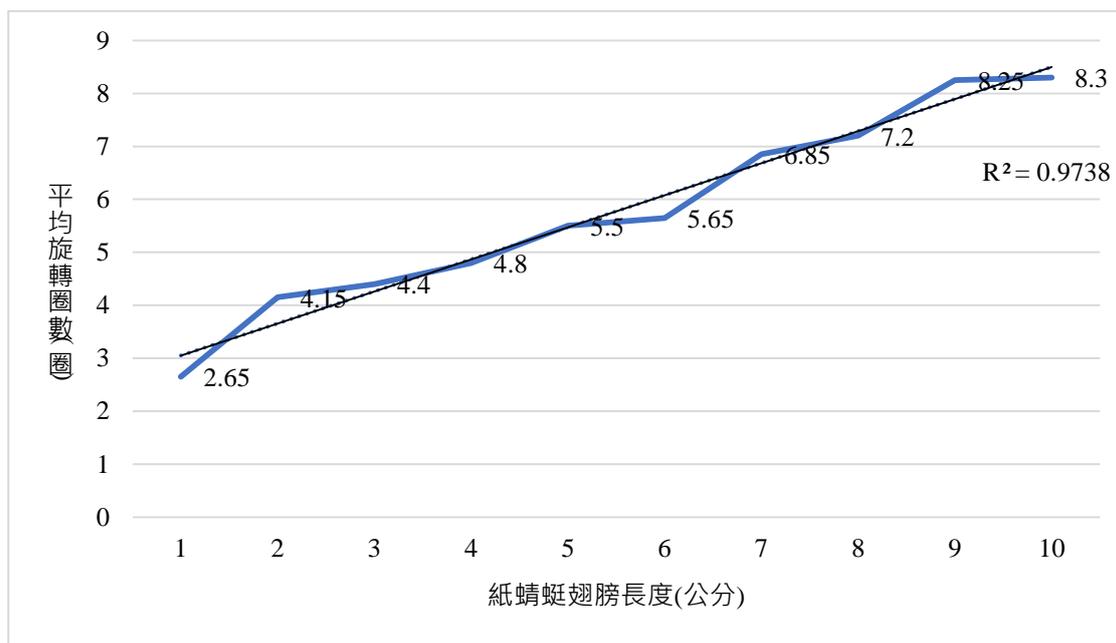


圖 1、紙蜻蜓翅膀長度與平均旋轉圈數的關係圖

從上方的實驗數據中，我們可以觀察到在這次實驗中，不同長度的紙蜻蜓翅膀與其落下時旋轉的圈數之間存在著一定的正相關( $R^2=0.9738$ )。具體而言，隨著切割長度的變化可知紙蜻蜓的旋轉圈數隨著切割的長度變化呈現增加趨勢。除此之外值得注意的是在切割長度為 6 公分時，其測量出來的結果離趨勢線較遠，雖然依然是增加，但其增加幅度略小，

在我們討論與回放影片後推測可能受到濕度和紙張是否有馬上製作所造成之影響。

(2) 實驗數據與圖表(翅膀長度與落下時間)

表 2、翅膀長度與落下時間之紀錄

次數 / 公分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
第 1 次	1.42	2.21	2	2.48	2.42	2.44	2.71	2.55	2.41	2.66
第 2 次	1.28	2.23	2.12	2.37	2.37	2.11	2.41	2.62	2.73	2.43
第 3 次	1.27	2.03	1.92	2.27	2.39	2.17	2.58	2.3	2.68	2.31
第 4 次	1.23	2.23	2.19	2.33	2.44	2.3	2.38	2.62	2.44	2.9
第 5 次	1.35	2.03	2.24	2.2	2.99	2.33	2.67	2.53	2.57	2.76
第 6 次	1.31	2.44	2.12	2.3	2.38	2.4	2.43	2.7	2.54	2.67
第 7 次	1.21	2.14	2	2.27	2.3	2.56	2.55	2.66	2.61	2.59
第 8 次	1.39	2.24	2.05	2.12	2.12	2.5	2.71	2.71	2.65	2.42
第 9 次	1.33	2.12	1.97	2.33	2.22	2.43	2.55	2.65	2.71	2.84
第 10 次	1.22	2.37	1.83	2.44	2.21	2.3	2.58	2.84	2.74	2.81
平均值	1.301	2.204	2.044	2.311	2.384	2.354	2.557	2.618	2.608	2.639
標準差(S)	0.072	0.1323	0.1255	0.1063	0.2371	0.141	0.1201	0.1417	0.117	0.1989
A 類不確定度(u_A)	0.0228	0.0419	0.0397	0.0336	0.075	0.0446	0.038	0.0448	0.037	0.0629

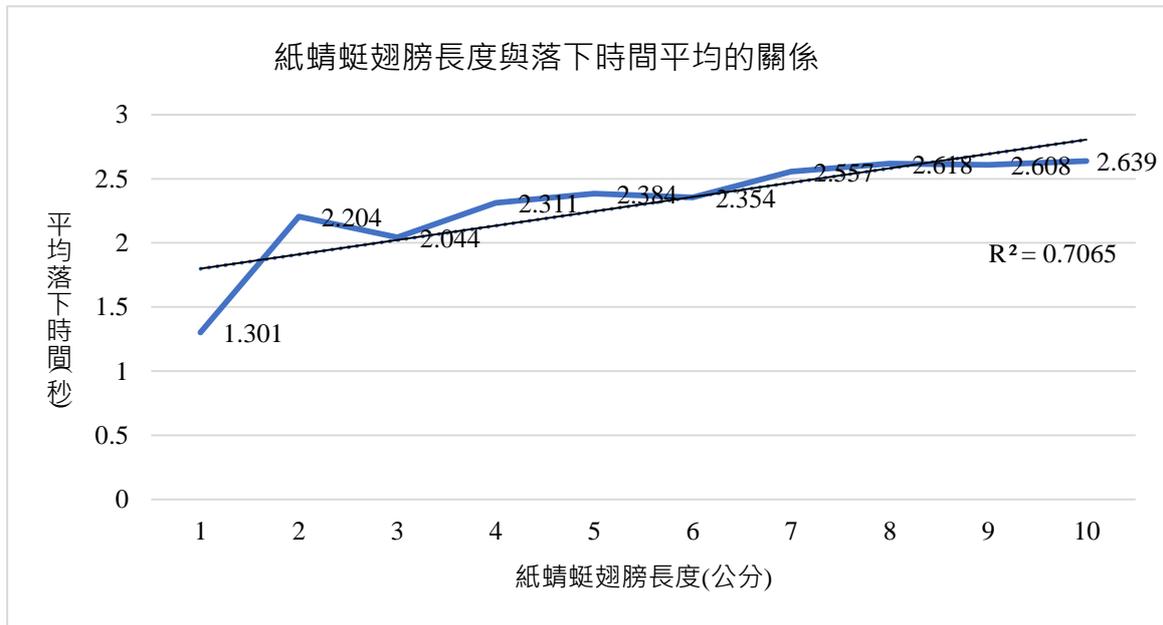


圖 2、紙蜻蜓翅膀長度與平均落下時間的關係圖

從數據分析結果可知紙蜻蜓翅膀長度與飛行時間呈正相關( $R^2=0.7065$ )，表示紙蜻蜓翅膀長度越長，其落下時間也會增加，不過我們觀察到當紙蜻蜓翅膀長度從 1 公分至 2 公分時，其增加的幅度明顯大幅增加，我們推測可能是因為切割 1 公分幾乎轉不起來，於是空

氣阻力較小使得其落下時間短，而 2 公分開始較能順利轉動，轉動時的空氣阻力較大，故落下時間較長，根據此結果可以推測紙蜻蜓其受力力圖如下。從此力圖可以判斷若是向上的空氣阻力越大的情況下，其合力會較小，方向向下，而合力較小的情況其產生的加速度也會越小，於是落下時間就會較長，落下時間較長的同時其能夠旋轉的時間亦越久。



圖 3、紙蜻蜓受力力圖

## 五、結論與生活應用

透過本次實驗，我們得以深入了解切割紙蜻蜓翅膀長度與其飛行行為的關係。根據數據分析，我們找到翅膀切割長度與旋轉圈數之間的正相關，同時觀察到了在切割長度下飛行時間的差異。我們也意識到實驗中存在一些潛在的誤差因素，例如潮濕度對紙張性質的影響、紙張來源的不同批次以及空氣阻力的不同，這些因素可能對我們的實驗結果產生了一定程度的干擾。

根據研究結果發現翅膀長度與落下時間和旋轉圈數雖然具有正相關的關係，但也可以推論其翅膀長度產生的正相關應該會有一個上限，應該會有一個最佳比例為能夠讓其緩慢落下且不影響到紙蜻蜓結構，如同桃花心木種子其翅的大小也有一定的範圍，這個可能會是我們後續想要探討的目標。

總結來說，儘管本次實驗存在一些限制和不確定性，但這些挑戰也為我們提供了寶貴的學習和改進的機會。在未來的研究中，我們將更加仔細地考慮實驗設計和控制變量，以確保結果的準確性和可靠性。透過持續努力，我們有信心能夠進一步探索紙蜻蜓飛行，並將這些研究成果應用於更廣泛的領域，例如 SDGS 指標中的消除飢餓，若繼續發展此實驗，也許能研究出最適合的長度，並應用在食物空投上，可為因天災或戰爭受害的民眾帶來充足的物資。

## 參考資料

