

2025年【科學探究競賽】

□國中組 □普高組 □技高組 成果報告格式

題目名稱：告別青春的韻律：探討影響柳絮飄落時間之因素

一、摘要

柳絮是一種紙製的三翼旋轉下落體，根據其旋轉翼的長、寬、重量大小，而產生不同的轉動慣量，因而產生不同的下落時間。本實驗是針對此旋轉下落體之各項變因，探討其對下落時間之影響。

二、探究題目與動機

本校特別的畢業活動-「柳絮紛飛」，是每一年送別高三學長姊的傳統活動，全校學生一起將高三舊書籍折成紙製的三翼旋轉體「柳絮」從5樓及頂樓放飛，形成每一年六月畢業季必看的超壯觀六月雪浪漫場景。本實驗旨在探討柳絮翼的長、寬、重量等變因如何影響其旋轉慣量及下落時間，研究源於對相同材質但形狀大小不同的柳絮呈現不同下落時間的物理現象感到好奇。

三、探究目的與假設

(一)研究目的：

1. 探討柳絮重量與下落時間的關係。
2. 探討柳絮旋轉臂的長度與下落時間的關係。
3. 探討柳絮旋轉臂的寬度與下落時間的關係。

(二)研究假設：

1. 假設柳絮重量越重，下落時間越短。
2. 假設柳絮旋轉臂的長度越長，下落時間越長。
3. 假設柳絮旋轉臂的寬度越寬，下落時間越長。

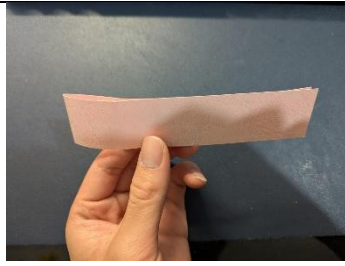
四、探究方法與驗證步驟

(一) 實驗器材：

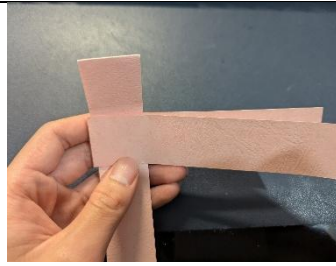
剪刀一把、雙面膠一卷、電子秤一台、影印紙(A4)一張、雲彩紙(A4)一張、丹迪紙(A4)一張、碼表一支。

(二) 實驗裝置：柳絮的製作方式：

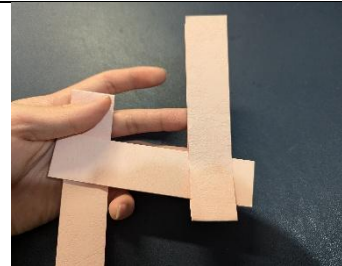
1. 將長方形紙片對折，開口朝右(圖一)。
2. 將同規格的紙片(代號2)對折放入開口至最底，開口處朝下(圖二)。
3. 將同規格的紙片(代號3)對折夾住橫著的紙片，開口朝上(圖三)。
4. 將(代號3)紙片朝上的開口夾入(代號2)紙片(圖四)。
5. 完成柳絮的實驗裝置(圖五)。



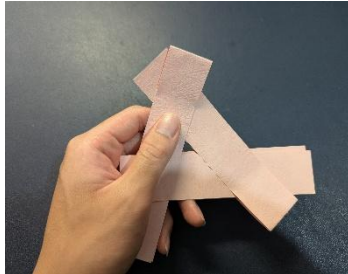
圖一



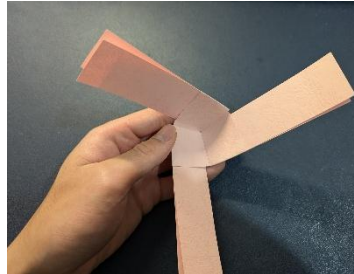
圖二



圖三



圖四



圖五

(三)實驗步驟：

1. 操縱變因：柳絮重量

- (1) 將重量為1g的柳絮從4.7公尺高放下(圖六~八)。
- (2) 觀察並記錄柳絮落地的時間於試算表。
- (3) 重複以上步驟10次，並紀錄之。
- (4) 改變成不同的重量後重複1~3步驟。
- (5) 分析實驗結果圖表，並獲得結論。

2. 操縱變因：葉片長度

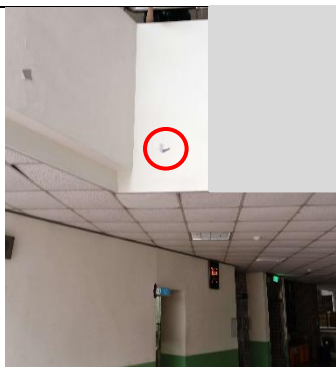
- (1) 將葉片長度為28cm的柳絮從4.7公尺高放下(圖六~八)。
- (2) 觀察並記錄柳絮落地的時間於試算表。
- (3) 重複以上步驟10次，並紀錄之。
- (4) 長度每次減少2cm後重複1~3步驟。
- (5) 分析實驗結果圖表，並獲得結論。

3. 操縱變因：葉片寬度

- (1) 將葉片寬度為2cm的柳絮從4.7公尺高放下(圖六~八)。
- (2) 觀察並記錄柳絮落地的時間於試算表。
- (3) 重複以上步驟10次，並紀錄之。
- (4) 寬度每次減少0.5cm後重複1~3步驟。
- (5) 分析實驗結果圖表，並獲得結論。



圖六



圖七



圖八

(四)實驗數據：

表一 不同重量的柳絮對下落時間之測量結果

柳絮重量(g)	平均下落時間(s)	第1次	第2次	...	第10次	測量結果(s)
2	2.306	2.2	2.25	...	2.42	2.306 ± 0.026
2.5	1.959	1.87	1.87	...	2.01	1.959 ± 0.024
3.5	1.752	1.69	1.82	...	1.7	1.752 ± 0.017
4.1	1.616	1.67	1.67	...	1.6	1.616 ± 0.011
6.2	1.414	1.41	1.47	...	1.41	1.414 ± 0.022

表二 不同葉片寬度的柳絮對下落時間之測量結果

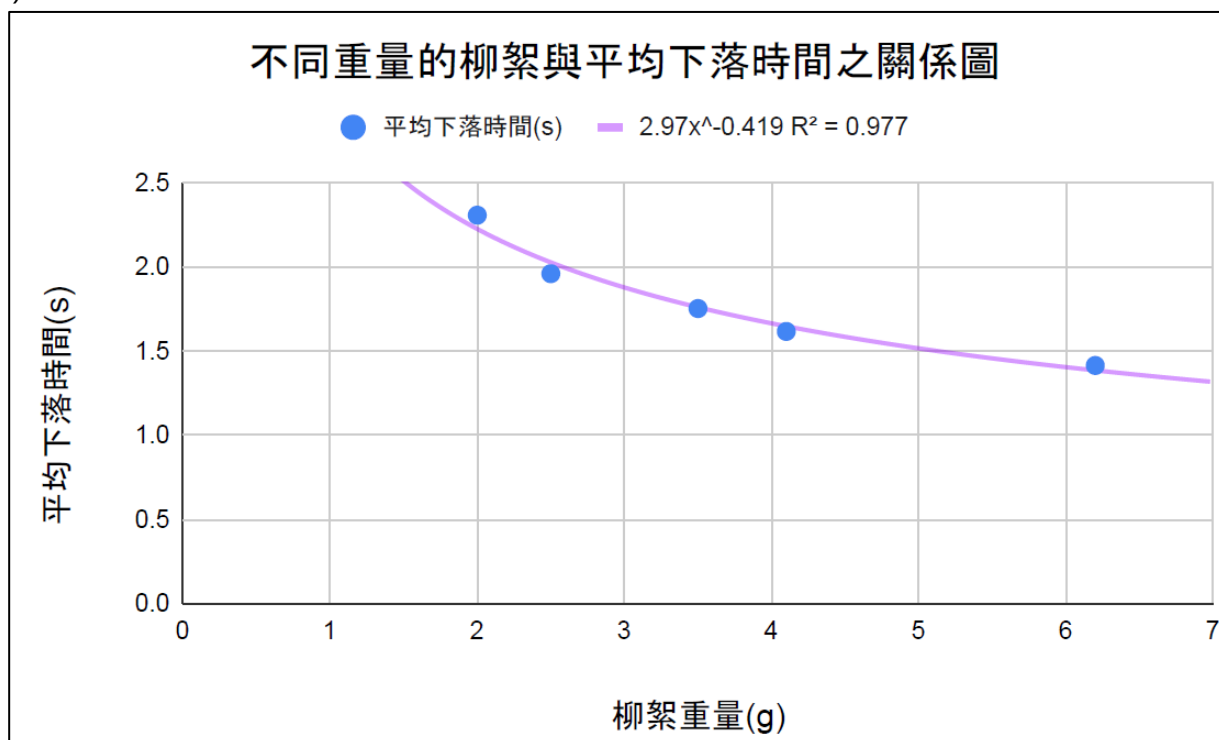
葉片寬度(cm)	平均下落時間(s)	第1次	第2次	...	第10次	測量結果(s)
1	1.77	1.79	1.8	...	1.75	1.770 ± 0.022
1.5	1.967	1.92	1.99	...	1.98	1.967 ± 0.026
2	2.158	2.12	2.23	...	2.17	2.158 ± 0.030
2.5	2.274	2.26	2.17	...	2.18	2.274 ± 0.034
3	2.306	2.2	2.25	...	2.42	2.306 ± 0.026

表三 不同葉片長度的柳絮對下落時間之測量結果

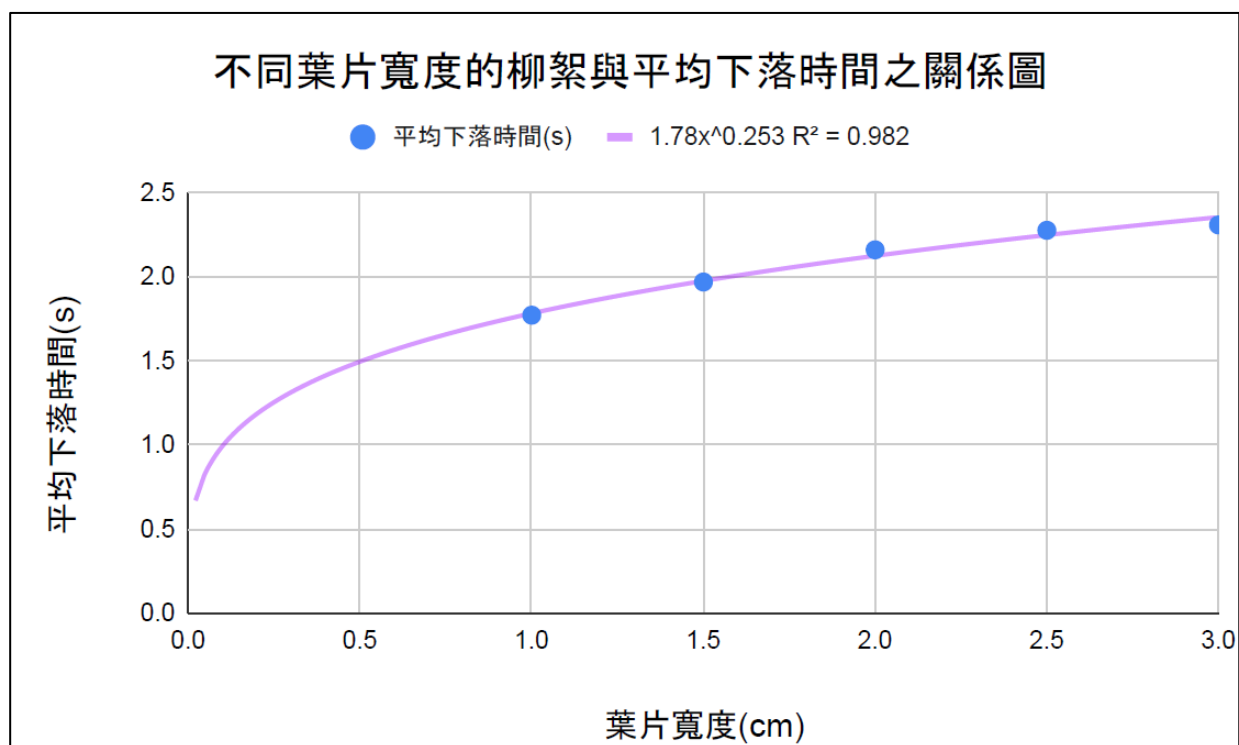
葉片長度(cm)	平均下落時間(s)	第1次	第2次	...	第10次	測量結果(s)
20	1.784	1.79	1.8	...	1.75	1.784 ± 0.016
22	1.916	1.92	1.99	...	1.98	1.916 ± 0.018
24	2.167	2.12	2.23	...	2.17	2.167 ± 0.013
26	2.216	2.26	2.17	...	2.18	2.216 ± 0.015
28	2.306	2.2	2.25	...	2.42	2.306 ± 0.026

備註：原始數據請參考<https://reurl.cc/paLbra>

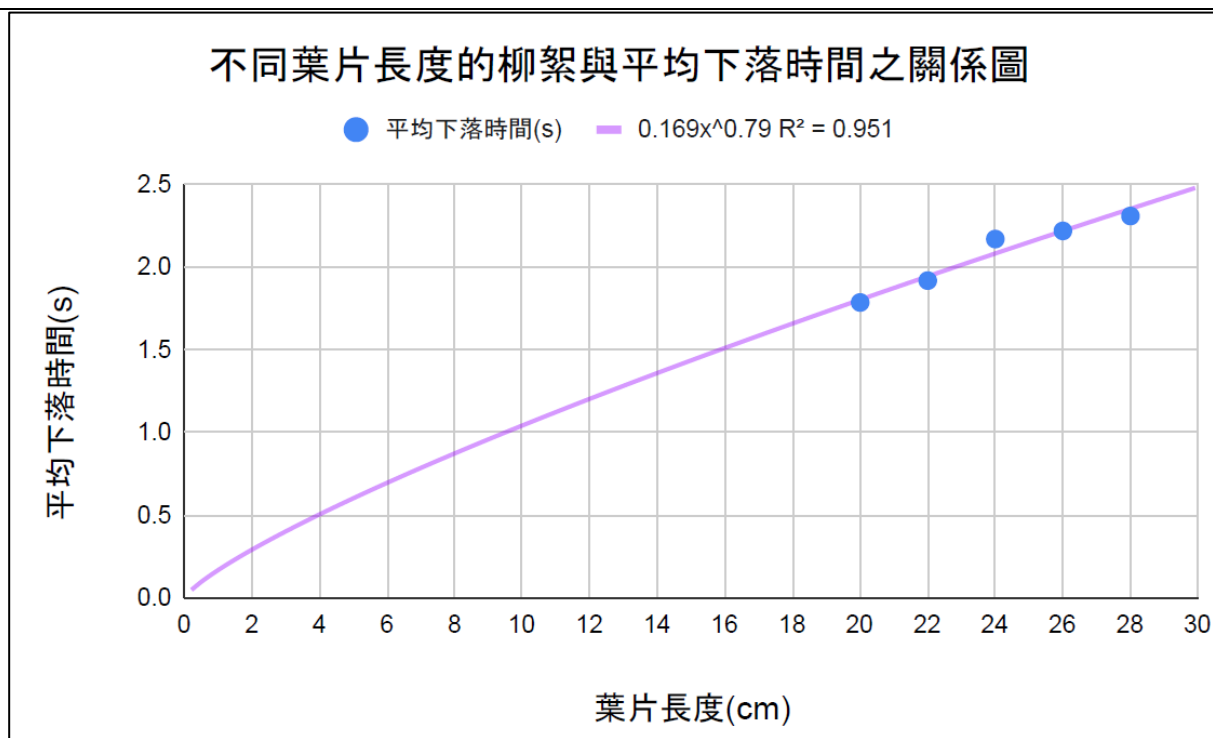
(五)圖表關係



圖九 不同重量的柳絮與平均下落時間之關係圖



圖十 不同葉片寬度的柳絮與平均下落時間之關係圖



圖十一 不同葉片長度的柳絮與平均下落時間之關係圖

五、結論與生活應用

(一) 實驗結果與結論

1. 不同重量的柳絮與下落時間

由圖九實驗圖表可看出柳絮重量與下落時間呈現負相關，且兩者符合 $y = 2.97x^{-0.419}$ 的關係式，與我們的實驗假設一符合。我們認為重量使的由旋轉翼旋轉產生的空氣阻力的影響變小了，導致較重的柳絮之下落時間比重量較輕的更短。且R平方值等於0.977接近1，可知當柳絮的重量越重，落地時間會越快，兩者有高度相關。

2. 不同葉片寬度的柳絮與下落時間

由圖十實驗圖表可看出柳絮的葉片寬度與下落時間呈現正相關，且兩者符合 $y = 1.78x^{0.253}$ 的關係式，與我們的實驗假設二符合。我們認為這是因為當柳絮的葉片寬度較大時，產生較多的空氣阻力，使得下落時間變得更長。且R平方值等於0.982接近1，可知柳絮的葉片寬度越寬，落地時間會越慢，兩者有高度相關。

3. 不同葉片長度的柳絮與下落時間

由圖十一實驗圖表可看出柳絮的葉片長度與下落時間呈現正相關，且兩者符合 $y = 0.169x^{0.79}$ 的關係式，與我們的實驗假設三符合。我們認為因為柳絮葉片的長度較大時，會使得旋轉的半徑更大，從而產生更多的空氣阻力，導致下墜的時間變得更長。且R平方值等於0.951接近1，可知當柳絮葉片的長度越長，落地時間會越慢，兩者有高度相關。而根據圖十一的結果，我們也推測當葉片小於7公分時(在此的長度指的是還沒開始做任何摺紙的動作時紙張的總長度)因無法製作出柳絮而沒有辦法測量數據。

(二)實驗反思：

在本研究中，我們探討了柳絮旋轉翼的長度與寬度對下落時間的影響。從實驗結果可以看出，這些參數與轉動慣量中的垂直軸定理密切相關。當柳絮的旋轉翼長度越長、寬度越寬

時，其轉動慣量增加，產生更大的空氣阻力，從而延長下落時間。

然而，本實驗存在一些限制。首先，我們的實驗高度（4.7公尺）不足以讓柳絮達到終端速度，因此我們只能觀察到柳絮下落的初始階段，包括自由落體與減速過程。若要更全面地了解柳絮的運動特性，未來實驗可考慮增加高度或使用高速攝影設備記錄更詳細的運動過程。

另外，本實驗未能探討環境因素如空氣流動、溫度等對實驗結果的影響，這些因素在實際應用中可能會產生顯著影響。未來研究可以在控制這些變數的條件下進行，以獲得更精確的結果。

(三)生活應用：

1.無人飛行器設計：

基於我們對旋轉翼長度、寬度與重量的研究，可優化多旋翼無人機的設計。實驗證實，增加旋翼的長度和寬度能提供更大的空氣阻力和升力，但同時也需平衡重量因素。現代四軸或多軸無人機正是利用這一原理，通過調整旋翼參數和平行式的螺旋槳配置，實現穩定的懸停和精確的飛行控制。

2.直升機螺旋槳設計：

直升機的主旋翼和尾旋翼設計也可參考本實驗結果。我們發現旋翼長度與下落時間呈現正相關的特性，可應用於設計不同用途的直升機螺旋槳。例如，需要高升力的重型直升機可採用較長且較寬的旋翼設計，而追求速度的輕型直升機則可考慮較小的旋翼設計，同時適當增加重量。

3.種子散播機制的仿生設計：

自然界中的植物種子，如楓樹種子、蒲公英等，利用類似柳絮的旋轉下落機制進行傳播。本實驗的發現可應用於設計仿生種子散播裝置，用於造林或農業用途。通過調整種子載體的旋翼參數，可控制其散播範圍和速度。

4.教育示範工具：

「柳絮紛飛」作為本校的傳統畢業活動，不僅具有文化意義，也是物理教育的絕佳示範工具。本實驗的設計和結果可發展為課堂教員，幫助學生理解轉動慣量、空氣阻力和重力等物理概念，以及其在旋轉體運動中的相互作用。

5.科學玩具設計：

基於我們的研究成果，可以設計出各種旋轉下落類玩具，調整其旋翼參數以實現不同的下落速度和旋轉模式，增加玩具的趣味性和教育價值。

參考資料

1. 田愛平, 姜愛民, & 張慧. (2014). 紙折螺旋槳和直升機的自動降落. 力學與實踐, 36(6), 754-756. <https://doi.org/10.6052/1000-0879-14-154>
2. 許伯維. (2011). 旋轉自由落體空氣阻力之探討 [碩士論文, 國立臺灣師範大學]. 臺灣博碩士論文知識加值系統. <https://hdl.handle.net/11296/7kp6ub>