

# 2025 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：紙種子和空氣的接觸面積多寡對落地時間長短的影響

### 一、摘要

種子以風作為媒介進行傳播，是生活中極為常見的方法，而這些植物之中，尤其是降香黃檀的獨特傳播方式最令我們感興趣。

本研究以紙模擬自然界中利用風力傳播的種子，探討紙種子與空氣接觸面積的多寡對其落地時間的影響，並希望找出能使紙種子飛行最久的表面積範圍。透過「無限飛行」的紙飛機作為雛形，設計出長寬比例為 1:2、旋轉方式和飛行效果相同的紙種子（模仿降香黃檀），並以自製發射器確保施力大小相同。實驗結果顯示，並非表面積越大則落地時間越長而是兩者之間存在最佳平衡範圍，**適中表面積**（ $72\text{ cm}^2$  至  $98\text{ cm}^2$ ）的紙種子滯空時間最長。此範圍外，表面積過小導致阻力不足，升力過小；過大則影響飛行時的穩定性，導致旋轉圈數不定甚至較少，均縮短落地時間。

### 二、探究題目與動機

種子有許多傳播方式，以蟲或風雨等方式傳播者居多，而其中的風力傳播多數是靠著本身長出類似翅膀的構造造成壓力差、和空氣得接觸面積增加等，進而借助風力傳播到更遠得地方。對種子而言，飛行越久，就能飛得更遠，也就是有更多繁殖發展的機會。其中，像降香黃檀這樣的種子，憑藉翅膀狀構造在空氣中旋轉以延緩落地時間，達到更遠距離的傳播效果。影響種子飛行的因素有很多，包含重量、重心，而種子翼面大小，也就是和空氣的接觸面積多寡對飛行有極大關係。在日常生活中，我觀察到紙片的旋轉下降方式與某些風力傳播種子的運動模式相似，因此產生了好奇：紙片與空氣的接觸面積大小是否會影響其落地所需的時間？透過這次實驗，我希望以紙模擬自然界種子的飛行特性，探討翼面大小（表面積）對落地時間的影響，並試圖找出可能的最佳接觸面積範圍。

### 三、探究目的與假設

本實驗旨在透過紙模擬種子飛行的情況，探討紙片表面積大小對落地時間的影響。期望能找出影響飛行時間的關鍵因素，並嘗試分析可能的**最佳表面積範圍**。

#### 1. 實驗假設

- 1) 紙種子與空氣接觸的表面積越大，落地時間越長。
- 2) 表面積過大或過小可能導致落地時間縮短，存在最佳的表面積範圍。
- 3) 當紙種子的表面積增加時，與空氣的接觸面積也會增加，從而增大空氣阻力。假設在一定範圍內，紙種子的表面積越大，落地時間越長。然而，當表面積超過某個臨界值時，種子的重量與阻力可能無法達到平衡，反而導致飛行不穩定或下降速度變快。

#### 2. 實驗器材

不同尺寸紙種子×6、碼表（計時器）、紙種子發射器

## 四、探究方法與驗證步驟

### 【文獻探討】

#### 1. 種子的傳播方式、因素

- 1) 飛行方法：為了增加升力使落地時間更長，種子會長出形狀如翅膀或羽毛狀的附屬物。影響種子飛行的部分包括翼面承載、種子重量、平衡、表面積和重心等。
- 2) 空氣四大動力：重力、升力、阻力、推力。
- 3) 紙種子與空氣接觸的表面積越大，落地時間越長。

#### 2. 重力與阻力的平衡關係

- 1) 重力：種子在下落過程中受到重力影響，這是促使其向地面運動的力。重力大小由種子的質量決定，因此種子的質量在飛行穩定性中扮演關鍵角色。
- 2) 阻力：空氣阻力與種子的表面積成正比，表面積越大，阻力越大。阻力不僅能減緩種子下降速度，也能增加其在空中的滯留時間。
- 3) 平衡機制：當重力與阻力達到某種平衡時，種子會以較穩定的旋轉速度下降。若阻力過小，種子下降速度過快；若阻力過大，種子可能失去平衡，影響穩定性。

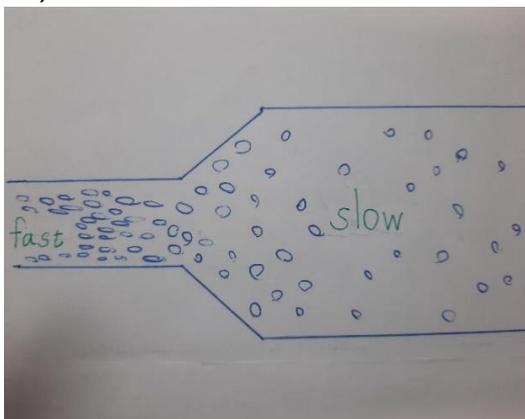
#### 3. 升力的產生與旋轉效應

- 1) 升力的來源：種子的翅膀狀構造或羽毛狀附屬物能改變氣流流向，形成升力，延長飛行時間。升力與阻力共同作用，使種子在空中以較慢的速度下降。
- 2) 旋轉效應：某些種子（如降香黃檀種子）會透過旋轉增加穩定性，同時延長滯空時間。旋轉的主要作用在於均勻分散空氣阻力，避免因受力不均導致種子翻轉或偏移軌道。
- 3) 應用於紙種子：本實驗選擇模仿降香黃檀的旋轉機制，讓紙種子能以穩定的方式下降，進而研究表面積對飛行時間的影響。

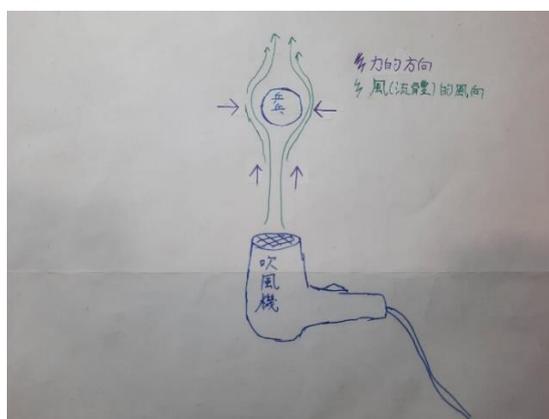
#### 4. 影響升力的因素

常有人誤解飛機飛行的升力來自伯努力定律，但對紙飛機而言，康達效應才能最好的提供甚至調整升力。

- 1) 伯努力定律：高流體速度的壓力較流體速度的壓力低
- 2) 康達效應：流體經過物體時，會順著物體表面流動



伯努力定律



康達效應

## 【實驗設計】

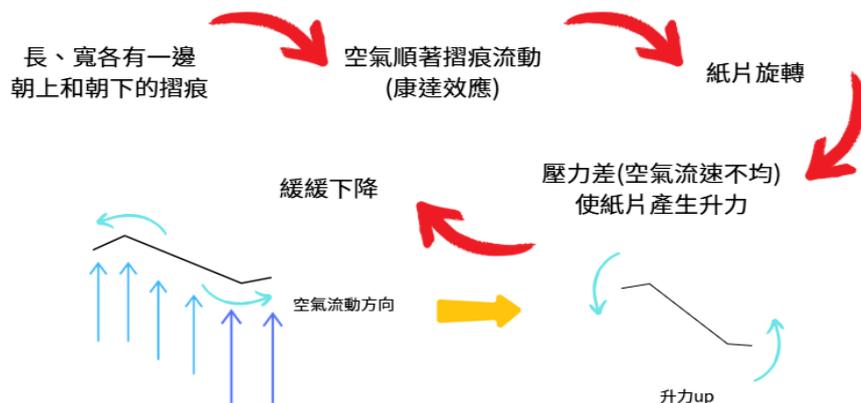
### 1. 紙種子選擇：

採用網路上「不會停」的紙飛機，因為它的落地方式和降香黃檀的種子以及許多長形的葉子掉落時雷同，都是透過旋轉使掉落速度變慢。且以這種紙飛機模擬種子也更適合進行表面積的差異實驗。

### 2. 紙種子比例：

紙種子的長寬比為 1：2（長的長度=寬的長度 x2）邊長的摺痕比為 1：2：1，長、寬都一樣。

### 3. 紙種子飛行原理：



### 4. 實驗步驟

1) 製作長寬比為 1:2 的紙種子，並設計 6 組不同表面積

種子翅膀面積 (寬*長)
18 cm <sup>2</sup> (3*6)
32 cm <sup>2</sup> (4*8)
50 cm <sup>2</sup> (5*10)
72 cm <sup>2</sup> (6*12)
98 cm <sup>2</sup> (7*14)
128 cm <sup>2</sup> (8*16)



2) 在離地 250 cm 的高度，用紙種子發射器發射紙種子

3) 記錄紙種子從離開發射器到接觸地面的時間，共進行 15 次測試，計算平均值。

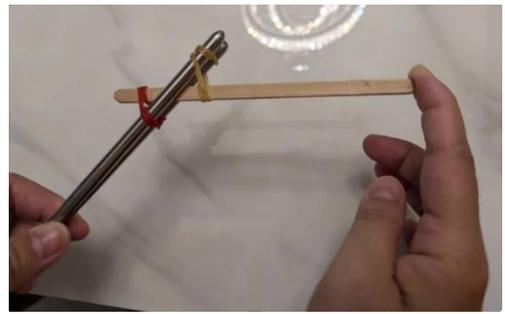
4) 繪製折線圖觀察不同表面積對落地時間的影響。

### 5. 紙種子發射器：

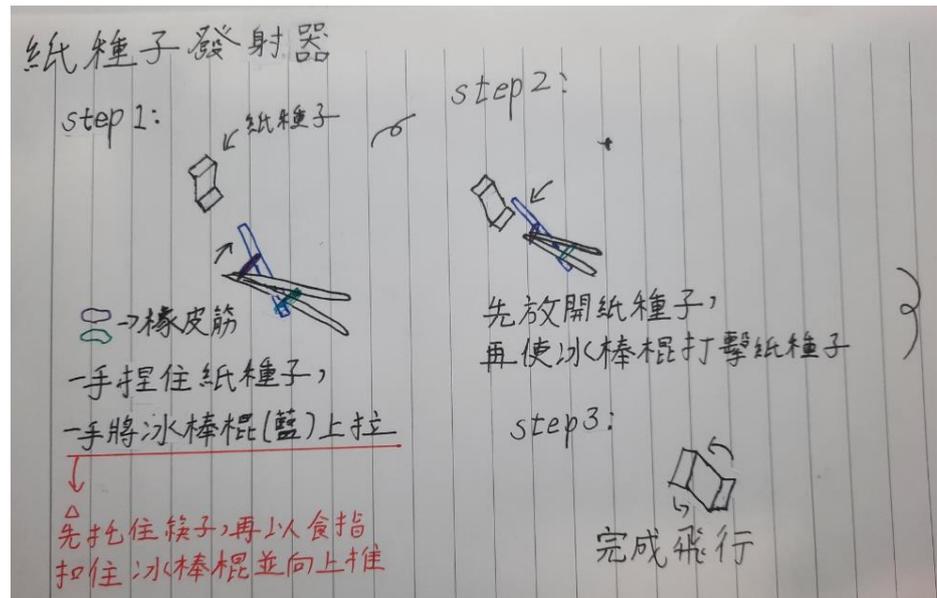
為了確保每次使紙種子旋轉的力道相同，將製作一個以橡皮筋彈力發射的發射器。冰棒棍、鐵筷和橡皮筋為材料。以鐵筷當作握把，冰棒棍則和鐵筷接在一起，用橡皮筋捆住後放開。瞬間往下彈的力道足以使紙種子於最高處開始旋轉，且每次進行實驗時彈射



的力道相仿。讓紙種子能從最高處開始旋轉是因為若不先提供動力，紙種子會從半空中才開始旋轉，而導致每次開始旋轉的地方都不相同。這可能使每次的實驗結果有許多誤差，因此在最高處提供動力能解決這一問題，而橡皮筋發射器則是讓紙種子每次所受的力道相同。



## 6. 發射方法如下：



## 7. 控制變因：

### 1) 紙種子：

- 厚度：確保所有紙張厚度相同，避免因厚度不同影響重量或空氣阻力。
- 摺痕形狀：所有紙種子的摺疊方式（如角度、平整度）保持一致，避免因摺疊不規範導至轉方式不同。

### 2) 橡皮筋發射器：

- 橡皮筋拉伸範圍：每次發射前，使用刻度標記，確保橡皮筋的拉伸距離固定，以提供相同的動能。
- 固定點：檢查橡皮筋與發射器的固定點，避免因發射器結構鬆動影響紙種子的旋轉。

### 3) 環境條件：

- 空氣濕度：濕度可能影響紙張的質地，選擇在濕度穩定的環境中進行實驗。
- 背景氣流：使用風速儀確認實驗場地的氣流穩定性，避免微弱的氣流對實驗造成偏差。

### 4) 操作方式：

- 紙種子放置角度：每次發射時，確保紙種子放置在發射器上的角度完全一致。
- 測試人員：統一由同一人操作發射器或計時，避免因個人操作習慣導致誤差。

### 5) 計時：

- A. 計時器：使用精確的計時器，提升記錄的準確性。
- B. 計時方式：同時使用錄影輔助判斷，減少手動計時的主觀誤差。

8. 操縱變因：紙的表面積。

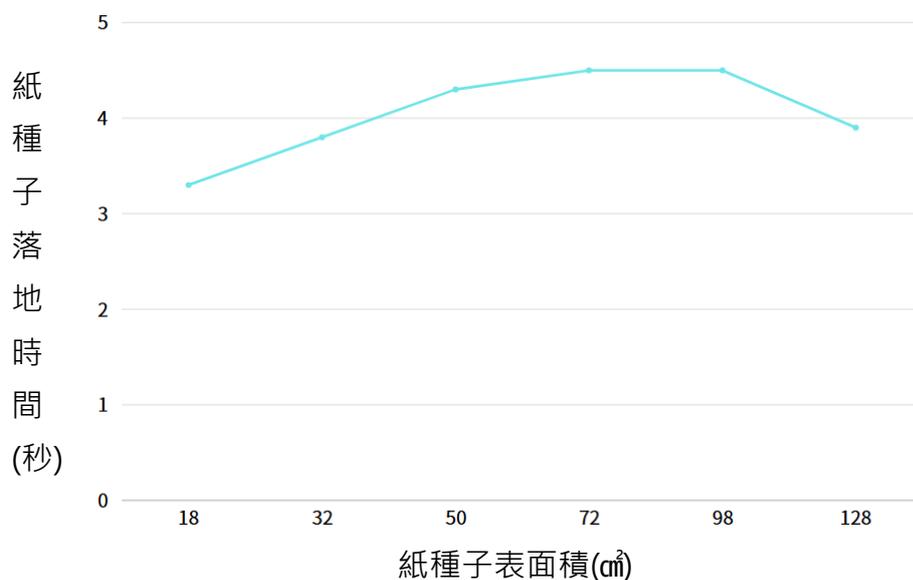
9. 應變變因：落地所需的時間。

**【實驗數據】**

面積(㎝) 實驗次數	1	2	3	4	5	6	7	8
對照組(18)	3.34	3.25	3.33	3.70	2.96	3.01	3.50	3.47
實驗組(32)	3.77	4.08	4.22	3.44	3.96	3.47	3.45	3.79
實驗組(50)	4.27	4.25	4.28	4.48	4.32	4.44	2.25	4.33
實驗組(72)	4.86	4.32	4.23	4.13	3.94	4.61	4.76	4.73
實驗組(98)	4.35	4.27	4.51	4.21	4.42	4.35	4.69	4.67
實驗組(128)	4.39	3.77	4.03	4.29	3.90	3.32	3.39	3.70

面積(㎝) 實驗次數	9	10	11	12	13	14	15	平均
對照組(18)	3.26	3.31	3.17	3.87	3.28	3.55	3.43	3.3
實驗組(32)	3.42	3.69	3.74	4.11	3.83	3.57	3.92	3.8
實驗組(50)	4.21	4.36	4.42	4.26	4.17	4.55	4.28	4.3
實驗組(72)	4.62	4.87	4.25	4.49	4.76	4.61	4.48	4.5
實驗組(98)	4.34	4.58	4.88	5.02	4.72	4.91	4.37	4.5
實驗組(128)	3.86	4.13	4.09	3.84	3.92	3.41	4.18	3.9

**【折線圖】**



## 五、結論與生活應用

### 1. 討論與分析

- 1) 表面積過小 (如  $3\text{ cm}^2$ ) 時，阻力不足，紙種子下降速度快。
- 2) 表面積增加時 (如  $4\sim 6\text{ cm}^2$ )，紙種子與空氣接觸增大，阻力提升，落地時間延長。
- 3) 表面積過大 (如  $8\text{ cm}^2$ ) 時，旋轉不穩，可能因重力與阻力失衡導致下降速度加快。
- 4) 根據實驗數據，最佳表面積範圍約為  $5\sim 7\text{ cm}^2$ ，此範圍內的紙種子落地時間最長且穩定。

### 2. 應用

實驗透過探討表面積對紙種子飛行(流體力學)的影響，因此會應用於以下地方：

- 1) 降落傘的原理與種子的飄落相似，增大表面積可以減緩下降速度。翅果因為大表面積能夠旋轉降落，類似於降落傘或旋的設計。
- 2) 風力發電機的葉片設計可參考種子的空氣動力學，能夠在空氣中飄浮更久，這類設計也能被應用於高效風能利用。
- 3) 某些紙飛機或風動玩具的設計靈感來自自然界的種子，如有些旋轉落下的紙飛機模仿種子翅果，以減緩下降速度。

### 3. 未來展望

如果有機會，我將持續研究表面積對種子飛行的影響，並進一步探討重量、重心、翼面乘載等因素，以及不同飛行方式的種子特性，進行更全面的分析。透過對紙種子的研究，我希望引申出流體力學等相關知識，深化對自然界種子擴散機制的理解。

### 4. 結論

本實驗探討了紙種子與空氣的接觸面積對其落地時間的影響，證實了表面積與飛行穩定性及阻力之間的平衡關係。結果顯示，表面積並非越大越好，最佳表面積範圍約為  $72\text{ cm}^2$  至  $98\text{ cm}^2$ ，在此範圍內，紙種子能夠維持穩定的旋轉運動並延長滯空時間。表面積過小時，由於阻力不足，下降速度過快；而表面積過大時，紙種子可能因穩定性下降導致飛行不穩，落地時間縮短。本研究提供了模擬自然界風力傳播種子的簡單方法，亦可為教學活動提供創新實驗設計，未來可進一步探索其他影響飛行特性的因子，如翼面乘載、形狀及重心。

## 六、參考資料

1. 神奇！紙飛機久不墜落科學解密。引自：  
<https://www.ttv.com.tw/drama12/NewsScience/view.asp?id=113700>
2. 紙飛機加上一塊板子可能不墜落 你覺得是真還是假。引自：  
<https://www.youtube.com/watch?v=27VX8eqqh14>
3. 風力傳播-種子世界館-農業知識入口網。引自：  
<https://kmweb.moa.gov.tw/subject/subject.php?id=26254>