

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 物理科

最佳團隊合作獎

030104

看你飛多久—火焰木種子滯空的奧秘

學校名稱：南投縣立宏仁國民中學

作者： 國二 陳昱雯 國二 林于真 國一 董懿萱	指導老師： 鄭君達
---	------------------

關鍵詞：翅膀面積、空氣阻力、重心

看你飛多久

—火焰木種子滯空的奧秘

摘要

尋找用風來傳播種子的植物，探討種子部分與翅膀部分的質量黃金比例為目的，討論種子翅膀面積、質量、重心位置等因素對種子滯空時間、飛行距離的影響，我們用校園中常見的紫葳科(Bignoniaceae)火焰樹屬(*Spathodea*)的火焰木(*Spathodea campanulata*)植物，撿取種子進行實驗。

我們發現隨著翅膀面積的增大，種子在空中停留的時間也跟著變久，飛行的距離也跟著變長，但不是無限制的變久、變長。實驗結果顯示，翅膀的面積增加成 4 倍時，有最久的滯空時間與最長的飛行距離。

利用第一次的實驗結果，我們選取 4 倍翅膀面積的模擬種子，進行重心位置的改變對滯空時間的影響。發現當種子置於翅膀的中央時，有較久的滯空時間，可能是當重心位於翅膀的中央時，有最大的下降截面積，有最久的滯空時間。

壹、研究動機

灰褐色的蒴果迸裂，露出了小巧可愛的種子，且有著透明的薄膜翅膀，讓風帶著它們到處去旅行，尋找自己的新家。從樹上掉落下來的火焰木種子隨風飄揚，有時高、有時低，佈滿了整個湛藍的天空，美不勝收的景色引發了我們的好奇心，究竟它能飛的多高、能飛的多遠、飛多久？如果將它的翅膀面積變大或縮小，使種子所受的空氣浮力與空氣阻力改變，又將會發生什麼不可思議的事情呢？而種子重心位置的變化又會對滯空時間的長短造成怎樣的改變呢？而在空氣阻力與浮力的影響下，又會對火燄木種子的自由掉落有何影響？一連串的問題憋在心中很不舒服，所以我們針對大家所提出的問題，尋求老師的協助，在老師的指導下，我們展開了一連串有趣且系統化的實驗，用我們的好奇心與努力去尋找這些問題的答案。

貳、研究目的

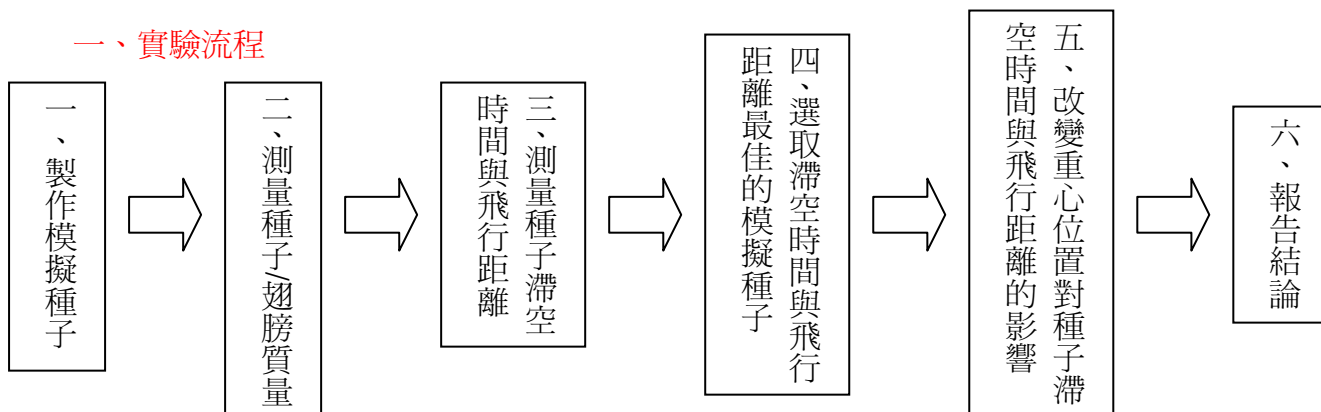
- 一、計算火焰木種子部分與翅膀部分的質量比例。
- 二、探討火焰木種子和不同大小翅膀的模擬種子，哪個飛行滯空能力較佳？
- 三、探討模擬種子的不同翅膀面積及不同質量，在空中滯留的時間長短。
- 四、探討火焰木種子和不同大小翅膀的模擬種子，哪個飛行距離較遠？
- 五、探討火焰木模擬種子的種子部分與翅膀部分的質量黃金比例。
- 六、探討模擬種子的重心改變，對滯空時間造成的影響。

參、研究設備及器材

		
一、電子天平	二、碼表	三、溫濕度計
		
四、塑膠袋	五、剪刀、膠水	六、筆、尺、圓規
		
七、電風扇	八、捲尺	

肆、研究過程或方法

一、實驗流程



(一) 製作模擬種子

A、決定翅膀形狀：
等腰梯形



B、決定等腰梯形的邊長
比例：上底：下底：高
2.4 : 3 : 1.5



C、製作不同大小
的塑膠翅膀



D、在塑膠翅膀的上
底中點貼上已除去
火焰木種子

B、等腰梯形塑膠翅膀製法：

先畫上底，再作上底的中垂線，在中垂線上取
規格長度即為高，再作原中垂線的垂直線（平
行上底），在此垂直線上取規格長度即為下底。

D、沿塑膠翅膀的中垂線，貼上已除去薄膜翅膀的
火焰木種子，種子的尖端對著上底的中點。



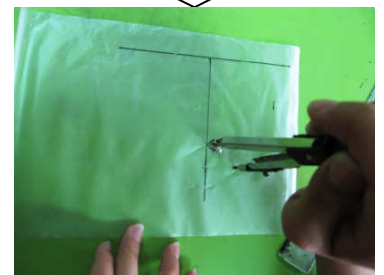
B-1 先畫上底



B-2 做上底的中垂線



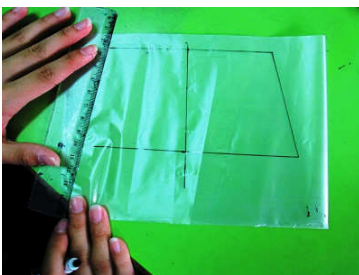
B-3 在中垂線上取高



B-4 再做原中垂線的垂直線



B-5 在此垂直線上取下底



B-6 再連結兩腰



B-7 剪下模擬翅膀



B-8 模擬翅膀半成品



D-1 在上底中點貼上種子



D-2 模擬翅膀完成品

(二) 計算種子部分/翅膀部分質量與測量種子滯空時間

A、收集火焰木的種子



B、測量火焰木種子（包含種子與翅膀）的總質量



C、計算火焰木種子部分與翅膀部分的質量比例



D、測量火焰木種子和不同大小翅膀模擬種子的滯空時間

C、先秤量種子的總質量，再用剪刀剪去薄膜翅膀，再秤量剩餘種子部分質量。用種子的總質量減去種子部分質量即為翅膀部分質量。

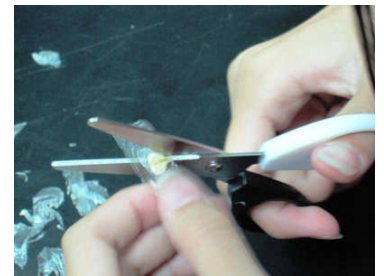
D、將火焰木種子和不同大小翅膀的模擬種子，從高空 3F（距地面高度為：11 m 50 cm）丟下，測量其到達地面的時間。



A-1 收集火焰木的種子



B-1 秤量種子的總質量



C-1 剪去薄膜翅膀



D-1 製作模擬種子翅膀



C-3 秤量種子部分質量



C-2 火焰木種子



D-2 模擬種子成品

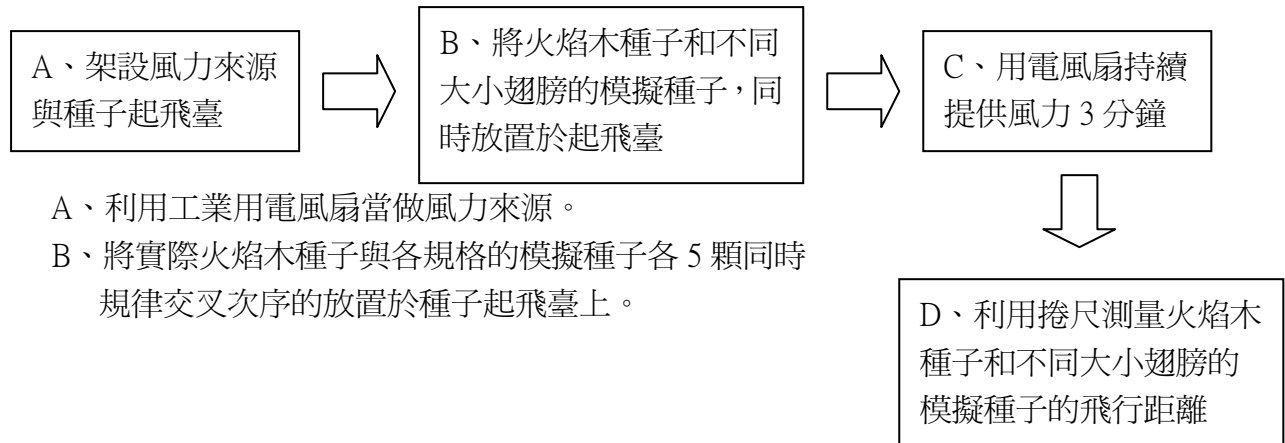


D-3 實際種子與各規格的模擬種子



D-4 將種子從高空 3F 丟下

(三) 測量種子飛行距離



A-1 架設種子起飛臺



B-1 將種子放置於起飛臺

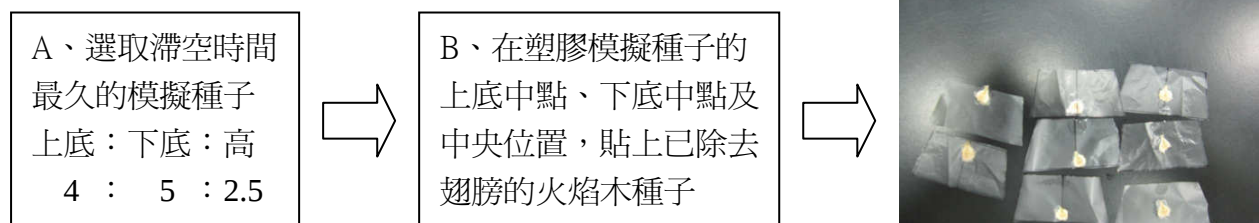


C-1 持續提供風力



D-1 用捲尺測量飛行距離

(四) 改變重心位置對滯留時間的影響



B-1、塑膠翅膀的上、下底中垂線的中點，即為中央位置。

B-2、在塑膠模擬翅膀的上底中點、下底中點及中央位置貼上已除去薄膜翅膀的火焰木種子，且種子的尖端對著上底方向。



伍、研究結果

一、計算火焰木種子總質量及種子部分、翅膀部分的質量比例（質量單位：克）。

次數	種子顆數	種子總質量	單顆種子質量	除去翅膀部份的種子總質量	單顆除去翅膀部份的種子質量	翅膀部分的總質量	單片翅膀的質量	翅膀對種子的質量比
A	47	0.163	0.003468	0.132	0.002809	0.031	0.000660	0.234848
B	50	0.171	0.003420	0.138	0.002760	0.033	0.000660	0.239130
C	58	0.175	0.003017	0.143	0.002466	0.032	0.000552	0.223776
D	62	0.211	0.003403	0.171	0.002758	0.040	0.000645	0.233918
E	66	0.218	0.003303	0.177	0.002682	0.041	0.000621	0.231638
F	59	0.179	0.003034	0.144	0.002441	0.035	0.000593	0.243056
G	50	0.169	0.003380	0.136	0.002720	0.033	0.000660	0.242647
H	60	0.208	0.003467	0.169	0.002817	0.039	0.000650	0.230769
平均	56.5	0.187	0.003312	0.151	0.002681	0.036	0.000630	0.234973

- （一）將種子總質量除於種子顆數即為單顆種子質量。
- （二）先秤量種子的總質量，再用剪刀剪去薄膜翅膀，再次秤量剩餘種子部分質量。
用種子的總質量減去種子部分的質量即為翅膀部分的質量。
- （三）將除去翅膀部份的種子總質量除於種子顆數，即為單顆除去翅膀部份的種子質量。
- （四）將翅膀部分的總質量除於種子顆數即為單片翅膀的質量
- （五）再計算翅膀對種子的質量比例為「**翅膀：種子= 0.234973：1**」

二、不同大小翅膀的模擬種子其翅膀面積比率。

（長度單位：公分、面積單位：平方公分、）

規格	上底	下底	高	面積	面積比率
A	2	2.5	1.25	2.81	1
B	4	5	2.5	11.25	4
C	6	7.5	3.75	25.31	9
D	8	10	5	45.00	16
E	10	12.5	6.25	70.31	25
F	12	15	7.5	101.25	36
G	14	17.5	8.75	137.81	49
H	2.4	3	1.5	4.05	1.44

- （一）等腰梯形翅膀面積=（上底+下底）× 高 ÷ 2
- （二）以**A規格**的模擬翅膀面積為基準，定其面積為「**1倍**」。
- （三）以各規格的翅膀面積除於**A規格**的翅膀面積即為**面積比率**。

三、不同大小翅膀的模擬種子其質量比率（質量單位：克）。

規格	模擬翅膀片數	模擬翅膀總質量	單片模擬翅膀質量	質量比率	貼上種子的模擬種子總質量	單片貼上種子的模擬種子質量	種子加塑膠模擬翅膀的模擬種子總質量比率
A	20	0.071	0.003550	1	0.125	0.006231	1
B	20	0.291	0.014550	4.10	0.345	0.017231	2.77
C	20	0.633	0.031650	8.92	0.687	0.034331	5.51
D	20	1.161	0.058050	16.35	1.215	0.060731	9.75
E	20	1.752	0.087600	24.68	1.806	0.090281	14.49
F	20	2.534	0.126700	35.69	2.588	0.129381	20.76
G	20	3.436	0.171800	48.39	3.490	0.174481	28.00
H	20	0.101	0.005050	1.42	0.155	0.007731	1.24

- （一）模擬翅膀總質量除於模擬翅膀片數即為單片模擬翅膀質量。
- （二）以**A規格**的模擬翅膀質量為基準，定其質量為「**1倍**」。
- （三）以各規格的翅膀質量除於**A規格**的翅膀質量即為**質量比率**。
- （四）將模擬翅膀貼上已除去薄膜翅膀的火焰木種子即完成模擬種子。
- （五）將貼上種子的模擬種子總質量除於模擬種子片數即為單片貼上種子的模擬種子質量。
- （六）以**A規格**的模擬翅膀+種子質量為基準，定其總質量為「**1倍**」。
- （七）以各規格的模擬種子質量除於**A規格**的模擬種子質量即為**模擬種子的總質量比率**。

四、火焰木種子和不同大小翅膀的模擬種子的滯空時間（單位：秒）

規格	種子	A	B	C	D	E	F	G	H
面積倍率		1	4	9	16	25	36	49	1.44
總次數	100	100	100	100	100	100	100	100	100
總平均	17	13	19	16	15	16	14	13	13
次數	8	11	10	11	9	8	8	15	11
眾數	14	10	18	15	11	11	10	12	12
次數	12	19	12	15	14	12	14	16	16
中位數	15	12	18	15	14	14	13	13	12
次數	6	12	12	15	9	8	10	15	16
最大值	49	56	33	37	54	53	57	28	24
最小值	6	7	10	9	7	6	7	7	8

- （一）將實際火焰木種子與不同大小翅膀的模擬種子，分別實驗**100次**。
- （二）於實驗數據中進行統計分析，計算滯空時間的**總平均秒數、眾數、中位數、最大與最小秒數**。
- （三）再統計出**總平均秒數、眾數、中位數**之滯空時間秒數出現的次數。

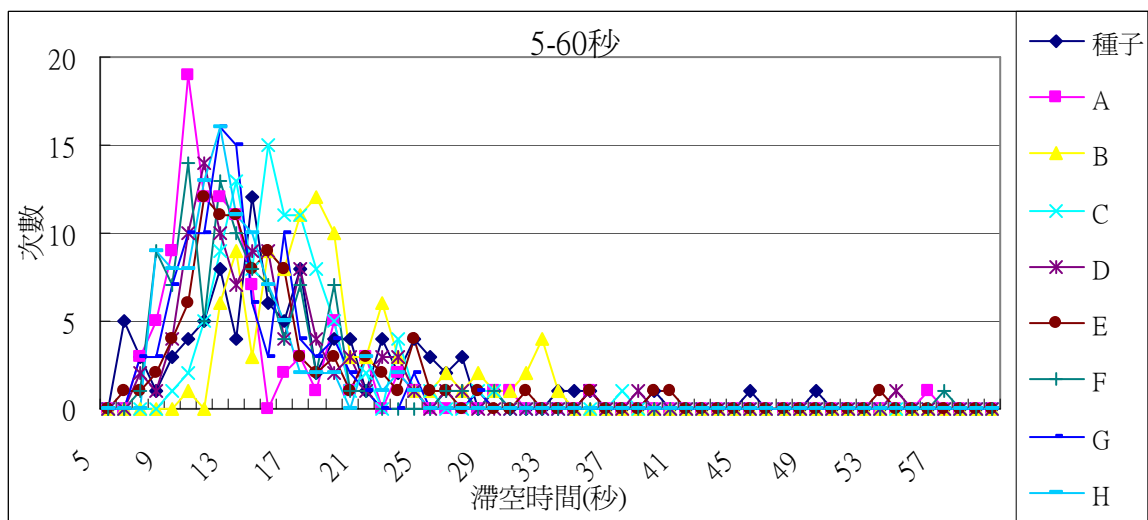


圖5-1 總滞空時間折線圖

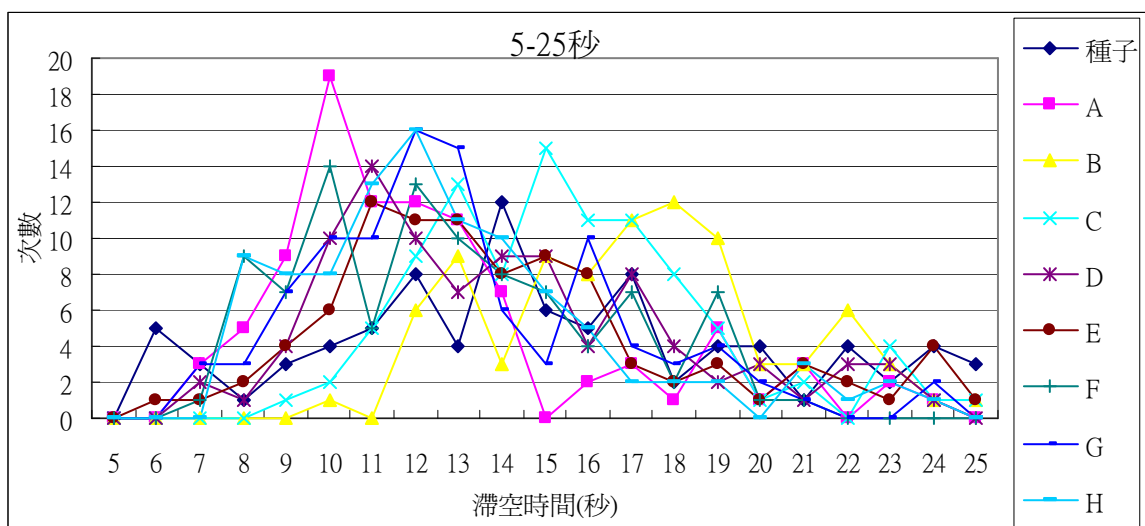


圖5-2 滞空時間5~25秒區間放大折線圖

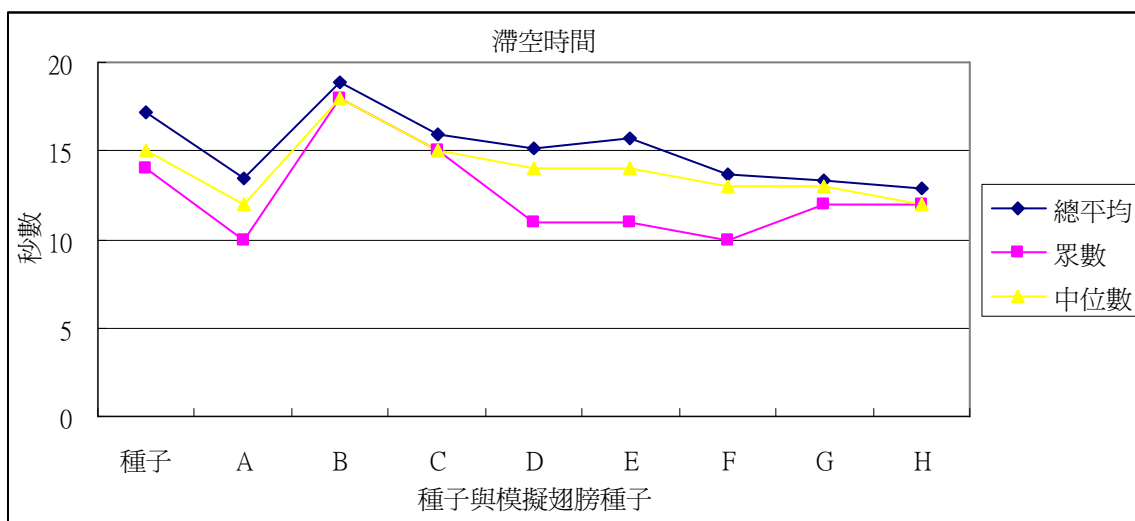


圖5-3 火焰木種子和不同大小翅膀的模擬種子的滞空時間折線圖

五、火焰木種子和不同大小翅膀的模擬種子的飛行距離（單位：公尺）

規格	種子	A	B	C	D	E	F	G	H
面積倍率		1	4	9	16	25	36	49	1.44
總次數	50	50	50	50	50	50	50	50	50
總平均	3.11	3.27	4.10	3.69	2.99	2.52	2.53	2.45	3.05
中位數	3.16	3.45	4.12	3.71	2.94	2.43	2.54	2.43	2.91
最大值	3.92	4.34	5.78	4.89	3.56	3.54	3.91	3.89	3.98
最小值	2.36	2.34	2.98	2.67	2.52	1.59	1.34	1.79	2.16

（一）將實際火焰木種子與不同大小翅膀的模擬種子，分別實驗**50次**。

（二）於數據中進行統計分析，計算飛行距離的**總平均距離、中位數、最大與最小距離**。

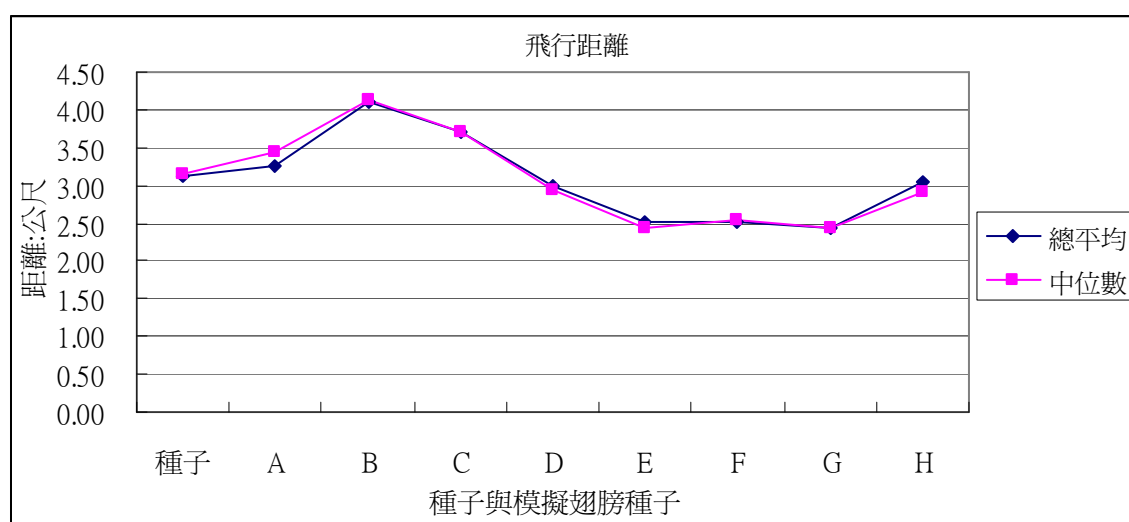


圖5-4 火焰木種子和不同大小翅膀的模擬種子的飛行距離折線圖

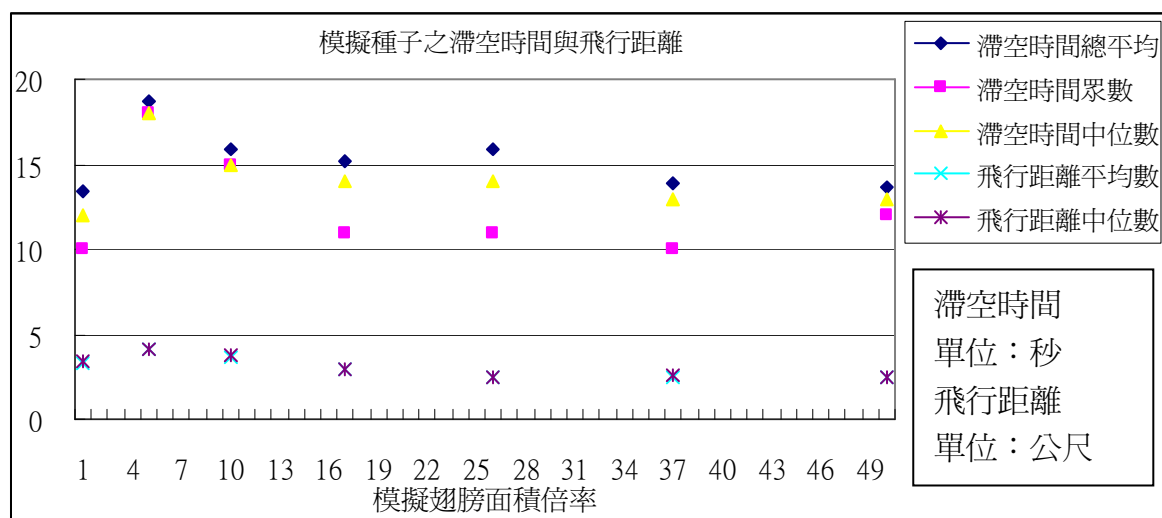


圖5-5 不同大小翅膀的模擬種子的滞空時間與飛行距離分布圖

六、重心位置不同之模擬種子的滯空時間（單位：秒）

模擬種子規格（上底：下底：高＝4cm：5cm：2.5cm）

規格	B-1 種子於上底	B-2 種子於中央	B-3 種子於下底
總次數	100	100	100
總平均	19	23	22
次數	13	11	14
眾數	18	23	21
次數	12	11	11
中位數	19	21	21
次數	13	10	11
最大值	31	45	43
最小值	12	16	14

- （一）將重心位置不同的模擬種子，分別進行滯空實驗**100次**。
- （二）於實驗數據中進行統計分析，計算滯空時間的**總平均秒數、眾數、中位數、最大與最小秒數**。
- （三）再統計出**總平均秒數、眾數、中位數之滯空時間秒數出現的次數**。

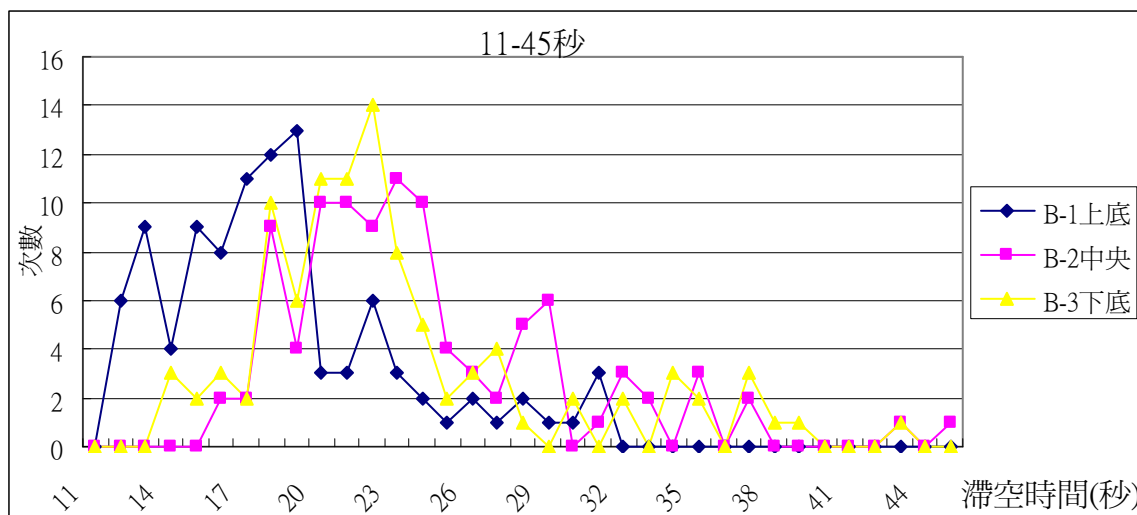


圖5-6 重心位置不同之模擬種子的滯空時間折線圖

陸、討論

- 一、在這次實驗中，我們討論用圓形、矩形、心形、等腰梯形來製作火焰木種子的模擬翅膀，最終我們**決定採用與火焰木種子翅膀最相似的等腰梯形來製作火焰木種子的模擬翅膀**。
- 二、接下來是決定等腰梯形的邊長比例，我們便實際量測火焰木種子的邊長大小，經統計與分析後，得到**火焰木種子的實際大小為上底：2.4cm、下底：3.0cm、高：1.5cm，即H規格的模擬種子**。
- 三、利用與真實火焰木種子相等的H規格模擬種子進行實驗，比較真實火焰木種子與模擬種子的滯空時間與飛行距離的差異。

- 四、爲了不影響模擬火焰木種子的重量，我們討論用紙還是塑膠袋比較不會影響模擬火焰木種子的重量，我們發現利用**材質較輕的塑膠袋對模擬種子重量的影響較小**。
- 五、因單顆種子總質量、單片模擬翅膀均非常輕，更何況是已除去薄膜翅膀的火焰木種子，故利用多顆種子、多片模擬翅膀同時秤重，再用總質量除於顆數、片數，即可求得單顆種子、單片翅膀的質量。
- 六、爲減少外在環境對種子滯空時間與飛行距離的影響，在進行滯空實驗時，種子丟下的順序是：**真實種子 → A → B → C → D → E → F → G → H → 真實種子…重複循環**。進行飛行距離實驗時，則將真實種子與各規格模擬種子，**同時置放於種子起飛臺，且交叉次序排列，使各規格的種子均出現在起飛臺的各個位置上，可實驗到不同的風力條件下的飛行距離**。
- 七、爲讓實驗結果較爲正確，及有足夠的數據進行統計分析。我們進行多次的實驗，滯空實驗：真實火焰木種子加八種不同規格的模擬種子，各進行100次實驗，共進行**900次**實驗。飛行距離實驗：則各進行50次，共進行**450次**實驗。重心位置改變對滯空時間的影響實驗，種子於上底中點、下底中點、中央位置，三種情況各進行100次實驗，共進行**300次**實驗。進行了三個類型的實驗，**共進行1650次實驗**。並利用循環排列的方式，來減少外界環境的影響，並紀錄實驗時的氣溫與溼度。
- 八、進行種子飛行距離的實驗中，要**使風力來源單純化，只有人爲風源而無自然風源，我們必須等候一個無風晴朗的好天氣，並選擇無天然風力干擾的場所進行實驗**。而種子滯空實驗，因採用重複循環丟下的方式，有無天然風力的影響較小，只需晴朗的天氣即可。
- 九、在進行飛行距離的實驗中，我們發現，如果種子被電風扇吹向兩側，通常飛行距離很短，於是我們去請教老師。老師表示可能是**兩側的風力較弱**，所以飛行距離不如預期，老師也提出兩種解決辦法，**其一是製作風洞，將風力集中並進行整流；其二則進行大量實驗，同時吹送真實種子與各規格模擬種子，且交叉次序排列，使各規格的種子均出現在起飛臺的每個位置上，最後我們選擇利用第二種方法進行飛行距離實驗，也得到較正確的數據**。
- 十、我們將實驗數據與老師共同討論時，也提出我們的疑惑，爲什麼模擬種子翅膀的增大，卻無法增加其滯空時間呢？老師卻反問我們一個問題：「觀察真實的火焰木種子與塑膠袋模擬翅膀種子有什麼不一樣？」。沒錯就是：「**真實火焰木種子的翅膀挺直平整、不彎曲。而塑膠袋模擬翅膀卻會隨著翅膀的增大，而會產生彎曲的現象。**」從高空往下掉落的過程中，可能因塑膠翅膀的彎曲，減少其下降截面積，降低其空氣阻力，甚至因翅膀的增大，而增加其質量，導致滯空時間的縮短。

柒、結論

- 一、原本我們以爲模擬種子的翅膀愈大，其滯空時間應該愈久，但實驗結果卻不是如此。當**模擬種子翅膀增爲4倍時，卻有最久的滯空時間與飛行距離。而翅膀面積增爲9倍～25倍時，有次佳的滯空時間，而當翅膀面積增爲36倍～49倍時，卻有最差的滯空時間**。

- 二、飛行距離實驗中，以**4倍模擬翅膀種子飛的較遠，9倍~25倍模擬翅膀種子的飛行距離則持續縮短，而25倍~49倍模擬翅膀種子則有相同的飛行距離。**
- 三、和真實種子相同大小翅膀的H規格模擬種子與真實火燄木種子做比較，H規格模擬種子有較短的滯空時間，與相等的飛行距離。而真實火燄木種子部分與翅膀部分的質量比例為「**翅膀：種子=0.234973：1**」。H規格模擬種子的種子部分與翅膀部分的質量比例為「**翅膀：種子=1.883625：1**」，相較之下，**H規格模擬種子有一樣大的翅膀，但卻有較大的質量，故產生較短的滯空時間。**
- 四、B規格模擬種子邊長（上底：下底：高=4 cm：5 cm：2.5 cm，面積=11.25 cm²），其種子部分與翅膀部分的質量比例為「**翅膀：種子=5.427079：1**」，是我們此次實驗的塑膠袋模擬翅膀種子**質量黃金比例**，因有著最久的滯空時間與最長的飛行距離。
- 五、以B規格模擬種子與真實種子進行比較，發現**滯空時間多延長3秒，增加13%。飛行距離多飛了1公尺，增加25%。**
- 六、利用質量黃金比例的B規格模擬種子，進行種子重心位置改變時對滯空時間的影響，實驗的結果如我們所預料的，**當種子重心位於中央時，有最久的滯空時間。而當種子重心位於上底時，會有最短的滯空時間。**推測其原因是**當重心位於中央時，有最大的下降截面積，而產生最大的空氣阻力，滯空時間最久。而當種子重心位於上底一較短邊長時，會有最小的下降截面積，較小的空氣阻力，滯空時間變得最短。**
- 七、檢討與進步：
- （一）因塑膠材質的模擬翅膀雖然有著質量較輕的優點，但因質地較軟而從高空掉落時，有時會產生彎曲的現象，會縮小其下降截面積，使滯空時間縮短。故需改進質地較軟的問題，**選擇質地硬、不彎曲且質量輕的材料**，來做模擬種子的翅膀。
- （二）此次實驗我們選擇的模擬翅膀面積倍率分別為：1倍、4倍、9倍、16倍、25倍、36倍、49倍，**倍率間距愈來愈大，較難推算其趨勢。故應控制其面積倍率，有其穩定且適當的間距，易推算其趨勢。**
- （三）進行飛行距離的實驗時，老師曾建議兩種辦法：利用**風洞整流實驗與交叉排列種子實驗**。我們選擇利用第二種「交叉排列種子同時吹風的實驗方式」，雖然有獲得較正確的實驗結果，但老師的建議：「製作風洞整流風力」，卻吸引我們想要去實驗，看這兩種方式對種子的飛行距離有何差異？

捌、參考資料及其他

- 一、郭重吉、江武雄、吳天芳、張惠博、張文華、蔡衡(2009)・1-4 加速度・國中自然與生活科技，(第五冊24-31頁)・台南・南一文教。
- 二、林英智、李清勝、黃能堂、張永達、蔡尚芳(2009)・6-5浮力・國中自然與生活科技，(第四冊167-174頁)・台北・康軒文教。
- 三、楊勝任、葉富雅(2002)・台灣具翅種子，(27頁)・屏東・國立屏東科技大學森林系。
- 四、高森登志夫、古失一穗(2003)・種子-種子的傳播方式(6-11頁)・台北・台灣英文雜誌社有限公司。

五、實驗數據

(一) 火焰木種子和不同大小翅膀的模擬種子的滯空時間（出現次數）

秒數	種子	A	B	C	D	E	F	G	H
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	5	0	0	0	0	1	0	0	0
7	3	3	0	0	2	1	1	3	0
8	1	5	0	0	1	2	9	3	9
9	3	9	0	1	4	4	7	7	8
10	4	19	1	2	10	6	14	10	8
11	5	12	0	5	14	12	5	10	13
12	8	12	6	9	10	11	13	16	16
13	4	11	9	13	7	11	10	15	11
14	12	7	3	8	9	8	8	6	10
15	6	0	9	15	9	9	7	3	7
16	5	2	8	11	4	8	4	10	5
17	8	3	11	11	8	3	7	4	2
18	2	1	12	8	4	2	2	3	2
19	4	5	10	5	2	3	7	4	2
20	4	1	3	1	3	1	1	2	0
21	1	3	3	2	1	3	1	1	3
22	4	0	6	0	3	2	0	0	1
23	2	2	3	4	3	1	0	0	2
24	4	1	1	1	1	4	0	2	1
25	3	0	1	1	0	1	0	0	0
26	2	0	2	0	1	1	1	0	0
27	3	0	1	0	1	0	1	0	0
28	0	0	2	1	0	1	0	1	0
29	1	1	1	1	0	0	1	0	0
30	0	1	1	0	0	0	0	0	0
31	0	0	2	0	0	1	0	0	0
32	0	0	4	0	0	0	0	0	0
33	1	0	1	0	0	0	0	0	0
34	1	0	0	0	0	0	0	0	0
35	1	1	0	0	1	1	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	1	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	1	0	0	0	0
39	1	0	0	0	0	1	0	0	0
40	0	0	0	0	0	1	0	0	0

秒數	種子	A	B	C	D	E	F	G	H
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	1	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	1	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	1	0	0	0
54	0	0	0	0	1	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	1	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	0	1	0	0
58	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0

規格	種子	A	B	C	D	E	F	G	H
面積倍率		1	4	9	16	25	36	49	1.44
總次數	100	100	100	100	100	100	100	100	100
總平均	17	13	19	16	15	16	14	13	13
次數	8	11	10	11	9	8	8	15	11
眾數	14	10	18	15	11	11	10	12	12
次數	12	19	12	15	14	12	14	16	16
中位數	15	12	18	15	14	14	13	13	12
次數	6	12	12	15	9	8	10	15	16
最大值	49	56	33	37	54	53	57	28	24
最小值	6	7	10	9	7	6	7	7	8

(二) 火焰木種子和不同大小翅膀的模擬種子的飛行距離 (單位：公尺)

次別	種子	A	B	C	D	E	F	G	H
1	3.36	4.23	4.34	3.45	3.13	2.35	2.54	2.33	3.23
2	3.16	3.35	4.21	4.12	3.43	2.87	2.67	2.87	3.41
3	2.94	3.55	3.68	3.67	3.29	3.14	3.23	2.13	3.98
4	3.92	4.13	4.24	2.82	2.83	3.01	3.13	1.98	2.57
5	3.45	2.43	5.11	3.45	2.83	3.12	2.93	2.45	2.91
6	2.83	3.75	4.22	3.65	2.84	3.54	3.65	2.19	2.72
7	2.36	3.65	4.01	3.86	3.14	3.49	3.91	1.87	2.78
8	2.78	4.34	5.34	3.78	3.26	2.58	2.12	2.78	3.25
9	2.93	2.56	4.32	3.92	3.56	2.13	2.01	3.89	3.87
10	2.51	2.34	3.23	4.83	2.93	1.93	1.54	3.12	2.81
11	3.19	3.77	3.56	3.71	2.94	2.43	2.93	2.45	2.16
12	2.91	2.59	3.22	3.76	2.52	2.18	1.34	2.12	3.18
13	3.30	2.43	2.98	2.94	2.94	1.73	1.54	2.43	3.71
14	2.65	3.33	3.76	2.67	3.16	1.59	2.45	2.34	2.78
15	2.49	2.98	4.12	3.83	3.01	1.93	2.34	1.79	3.72
16	3.46	2.65	4.69	3.67	2.93	2.73	2.83	2.45	2.43
17	3.91	3.45	3.76	3.94	2.79	2.15	2.34	1.83	2.57
18	2.82	3.52	3.35	3.49	2.61	2.91	2.56	2.35	3.15
19	3.51	3.54	5.78	3.72	2.54	2.19	2.35	2.78	2.91
20	3.92	2.76	3.49	4.89	3.19	2.43	2.13	2.76	2.91
21	2.94	3.55	3.98	3.67	3.29	3.14	3.23	2.13	3.98
22	2.83	3.75	4.22	3.65	2.74	3.54	3.65	2.19	2.72
23	2.93	2.66	4.32	3.92	3.56	2.13	2.01	3.89	3.87
24	2.91	2.59	3.22	3.76	2.52	2.18	1.34	2.12	3.18
25	2.49	2.98	4.12	3.83	3.01	1.93	2.34	1.79	3.72
26	2.82	3.52	3.25	3.49	2.91	2.91	2.56	2.35	3.15
27	3.16	3.35	4.21	4.12	3.43	2.87	2.67	2.87	3.41
28	3.45	2.53	5.11	3.15	2.83	3.12	2.93	2.45	2.91
29	2.62	4.34	5.34	3.78	3.26	2.58	2.12	2.78	3.25
30	3.19	3.77	3.56	3.71	2.94	2.43	2.93	2.45	2.16
31	2.65	3.33	3.56	2.67	3.16	1.59	2.45	2.34	2.78
32	3.91	3.45	3.76	3.94	2.79	2.15	2.34	1.83	2.57
33	3.92	2.86	3.49	4.89	3.19	2.43	2.13	2.76	2.91
34	3.36	4.23	4.34	3.45	3.13	2.35	2.54	2.33	3.23
35	3.92	4.13	4.24	2.82	2.83	3.01	3.13	1.98	2.57
36	2.44	3.65	4.01	3.26	3.14	3.49	3.91	1.87	2.78
37	2.51	2.34	3.23	4.83	2.93	1.93	1.54	3.12	2.81

次別	種子	A	B	C	D	E	F	G	H
38	3.30	2.43	2.98	2.94	2.94	1.73	1.54	2.43	3.71
39	3.46	2.65	4.69	3.67	2.93	2.73	2.83	2.45	2.43
40	3.51	3.54	5.78	3.72	2.54	2.19	2.35	2.78	2.91
41	2.83	3.75	4.22	3.65	2.74	3.54	3.65	2.19	2.72
42	2.49	2.98	4.12	3.83	3.01	1.93	2.34	1.79	3.72
43	3.45	2.53	5.11	3.45	2.83	3.12	2.93	2.45	2.91
44	2.77	3.33	3.76	2.67	3.16	1.59	2.45	2.34	2.78
45	3.36	4.23	4.34	3.45	3.13	2.35	2.54	2.33	3.43
46	2.67	2.44	3.23	4.83	2.93	1.93	1.54	3.12	2.61
47	3.51	3.54	5.78	3.72	2.84	2.49	2.65	2.78	3.21
48	3.45	2.43	5.11	3.15	2.83	3.12	2.93	2.45	2.91
49	3.18	3.54	3.23	4.83	2.93	1.93	1.54	3.12	2.81
50	2.82	3.52	3.35	3.49	2.91	2.91	2.86	2.35	3.15

規格	種子	A	B	C	D	E	F	G	H
面積倍率		1	4	9	16	25	36	49	1.44
總次數	50	50	50	50	50	50	50	50	50
總平均	3.11	3.27	4.10	3.69	2.99	2.52	2.53	2.45	3.05
中位數	3.16	3.45	4.12	3.71	2.94	2.43	2.54	2.43	2.91
最大值	3.92	4.34	5.78	4.89	3.56	3.54	3.91	3.89	3.98
最小值	2.36	2.34	2.98	2.67	2.52	1.59	1.34	1.79	2.16

(三) 重心位置不同之模擬種子的滯空時間(單位：秒)

模擬種子規格(上底：下底：高=4cm：5cm：2.5cm)(出現次數)

秒數	B-1 上底	B-2 中央	B-3 下底	規格	B-1 種子於 上底	B-2 種子於 中央	B-3 種子於 下底
5	0	0	0				
6	0	0	0	總次數	100	100	100
7	0	0	0	總平均	19	23	22
8	0	0	0	次數	13	11	14
9	0	0	0	眾數	18	23	21
10	0	0	0	次數	12	11	11
11	0	0	0	中位數	19	21	21
12	6	0	0	次數	13	10	11
13	9	0	0	最大值	31	45	43
14	4	0	3	最小值	12	16	14
15	9	0	2				

秒數	B-1 上底	B-2 中央	B-3 下底
16	8	2	3
17	11	2	2
18	12	9	10
19	13	4	6
20	3	10	11
21	3	10	11
22	6	9	14
23	3	11	8
24	2	10	5
25	1	4	2
26	2	3	3
27	1	2	4
28	2	5	1
29	1	6	0
30	1	0	2
31	3	1	0
32	0	3	2
33	0	2	0
34	0	0	3
35	0	3	2
36	0	0	0
37	0	2	3
38	0	0	1
39	0	0	1
40	0	0	0
41	0	0	0
42	0	0	0
43	0	1	1
44	0	0	0
45	0	1	0

【評語】 030104

- 1.設計不同形狀及重量的種子，觀察最佳的飛行時間與形狀，重量的關係，有明確的實驗結果，且具科學研究精神。
- 2.此題目曾數度出現在科展，創意性不足。參賽者應學習先收集相關文獻及資料。