

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

080112

「翼」「氣」用「試」—氣球直升機的起起落落

學校名稱：屏東縣屏東市前進國民小學

作者： 小六 劉武玟 小六 鄭姿婷	指導老師： 黃啟晉 薛雅純
-------------------------	---------------------

關鍵詞：反作用力、扇片

摘要

一下子就吸引許多人目光的飛行玩具——氣球直升機，是我們這次科展研究的主題。

透過實驗設計與研究，我們發現影響氣球直升機飛行的因素有很多，我們整理出三個面向，包含氣球、扇片、吸管。可想而知氣球越大會使得飛行更久更高；在扇片面向上，使用A4紙包覆、用3個梯形(或圓弧形)的扇片、設定偏折40度角也能增加飛行時間與高度；扇片內的吸管彎曲90度以及使用扁狹狀的出氣孔也對飛行時間與高度有正面影響。若能掌握這些正面的影響變因，相信氣球直升機一定會讓人愛不釋手。

壹、研究動機

台南古都的安平老街除了有各式美食小吃以外，更有許多有趣的童玩，戳戳樂、打彈珠、竹蜻蜓、打陀螺等，讓我們覺得樂趣無窮，這次我們買了名為「氣球直升機」的玩具來玩，但同樣都是這家童玩店賣的氣球直升機，我和妹妹的飛行狀況差異頗大，妹妹的可以順利向上升起，我的常常會掉落下來而在地面上打轉。於是，趁著這次校內科展的機會，我們想要好好研究以了解這個富有科學原理與秘密的「氣球直升機」到底如何往上飛以及如何飛得更好？相信是一個有趣的過程，也能開拓我們的科學探究之行。

【相關單元】翰林六下第八冊第1單元力與運動

貳、研究目的

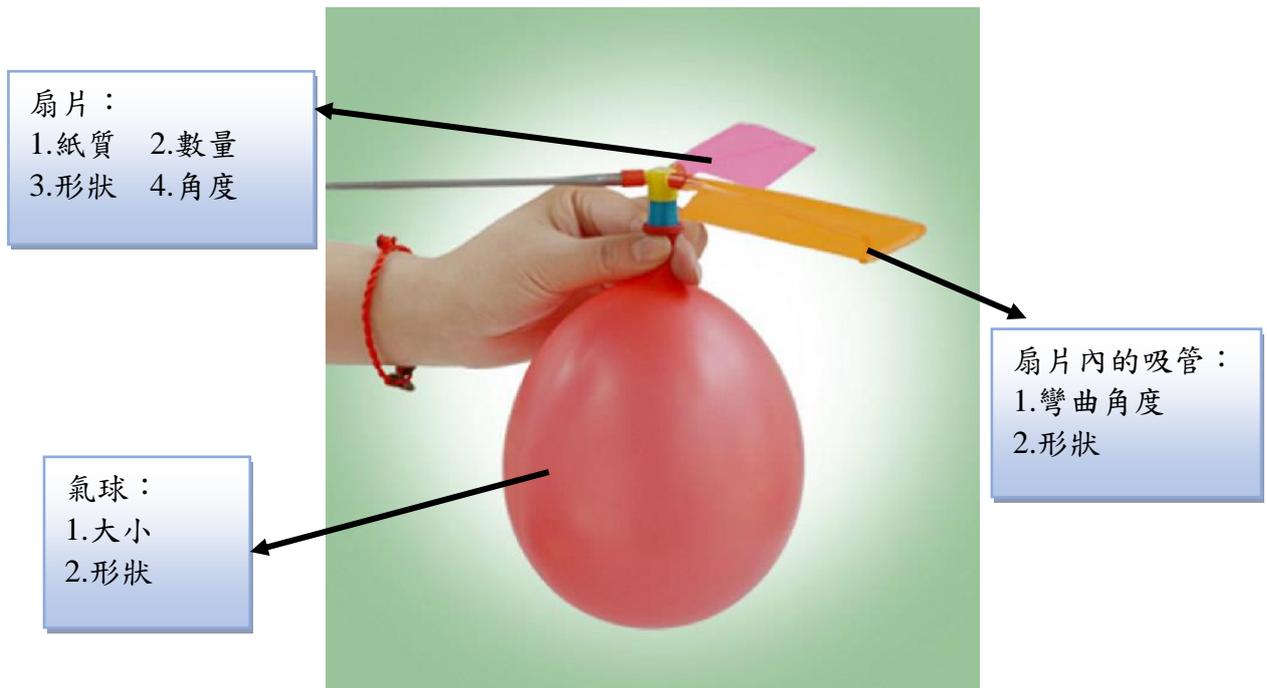
- 一、探討氣球的大小與形狀對於飛行時間、高度與穩定度之影響。
- 二、探討扇片的紙質、數量、形狀與角度對於飛行時間、高度與穩定度之影響。
- 三、探討扇片內吸管彎曲角度對與飛行時間、高度與穩定度之影響。
- 四、探討扇片出氣口徑的形狀及對於飛行時間、高度與穩定度之影響。

參、研究設備及器材

氣球直升機玩具、熱熔槍、熱熔膠條、粗吸管(12mm)、可彎折吸管(6mm)、剪刀、美工刀、各式紙張、氣球、膠帶、打氣筒、雙面膠

肆、研究過程或方法

一、研究變因與實驗器材示意圖



圖片來源：<http://www.kepu.gov.cn/index/products/toys/201405/W020140509352034893753.jpg>

由上面的示意圖可以知道，本研究把可能影響氣球直升機飛行的各項變因，羅列成三種層面共 8 項因素，在實驗時，我們僅改變其中一項視為操作變因，其餘各項變因則維持不變視為控制變因，觀察應變變因（飛行時間、飛行高度與穩定度）的結果。

二、飛行原理探討

氣球直升機的升起與牛頓第三定律-作用力反作用力有關。

當氣球內的氣體經過三通管沿著三個螺旋機翼的方向吹出而向後排出氣體，被排出的氣體產生反作用力作用在三個機翼上，使得機翼產生向前的力，三個機翼受到向前的力量而造成一個力矩，力矩能夠使物體旋轉運動，螺旋槳就會沿著相同方向轉動，整個氣球直升機就會像直升機般地飛起來！

三、各項變因之初始條件設定

如上所述，實驗為符合科學精神，當設定其中一項為操縱變因時，若未詳述其他控制變因，則其餘變因的初始條件即為下表所示。

氣球	直升機扇片	扇片內的吸管
大小：5 吋	紙質：A4	彎曲角度：70 度
形狀：圓形	數量：3 片	形狀：扁狹
	形狀：梯形	
	角度：20 度	

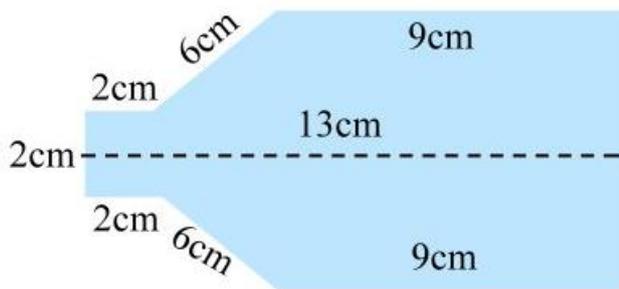
四、應變變因與觀測說明

- ① 飛行時間：指鬆開氣嘴後計時開始，直至氣球耗盡氣體而開始掉落時，結束計時。測量飛行時間以碼表為工具，進行測定。
- ② 飛行高度：從發射台上標定起飛位置（設定為 0 公尺），依據直升機在最高位置觀測後得知。
- ③ 飛行穩定度：發射台下標定出四象限，將氣球直升機置於原點上發射後，紀錄氣球直升機落下時結束位置。

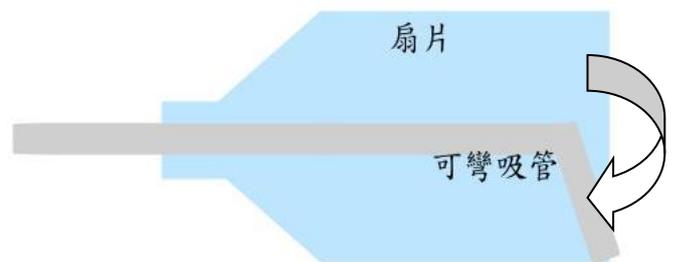
其他：氣球直升機雖有簡易上手的益智樂趣，但並不是每一次釋放都能夠順利升空。本次實驗數據為了不影響平均值，故在觀測中若遇到飛行失敗（無法升空），則不記該次數數據，以利後續討論與結論推測。

五、自製氣球直升機

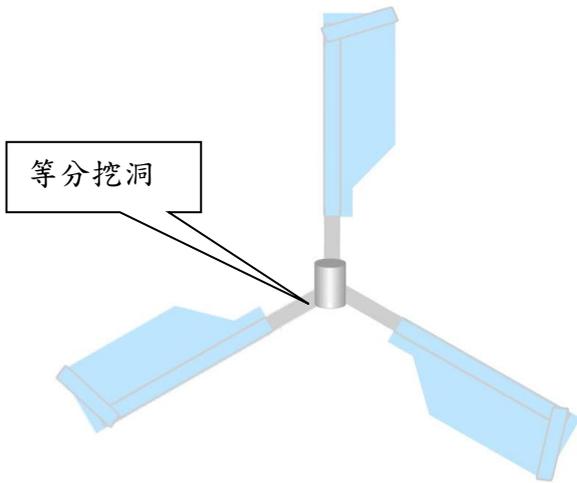
1. 設計圖—氣球直升機



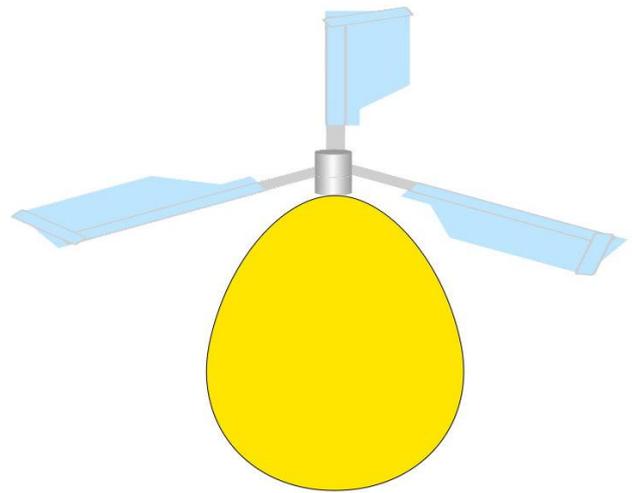
扇片設計圖



扇片與吸管的組裝



3 個扇片與氣嘴組裝示意圖



組裝連結氣球

2.經由多次的飛行與改造後，可從這些試誤操作中學到有以下幾點是成功起飛的關鍵：

- A.所有接縫處不可漏氣
- B.包覆在扇片的材料-紙張，不可過多皺褶或折痕，以免無法推動空氣
- C.扇片應該在同一個水平面，且應均分吸管的圓弧面以保持重心平衡
- D.扇片的黏合利用透明膠帶的效果較膠水佳
- E.操作熱熔槍盡量把膠條打成薄薄的一層，避免厚度太多（影響重心分布）
- F.氣球與氣嘴使用橡皮筋捆緊最為簡便，可以綁緊也方便更換氣球
- G.同顆氣球經過 2-3 次使用後，若發現消氣後發生形變代表氣球彈性不佳，重新更換

[研究一] 操縱變因設定為氣球層面

實驗一：本實驗以購置的玩具作為實驗器材，分別以 3 吋、5 吋、9 吋之氣球大小作為操縱變因，觀察氣球直升機飛行時間、高度與穩定度的情況。

- 1.每次使用新氣球前，先進行充氣試飛，確保實驗器材有效可行。
- 2.實驗進行 7 次，採去頭去尾方式求平均值，利於消除偏差值。
- 3.實驗中，若發現氣球爆破或明顯失效，則更換相同大小的氣球並重新觀測數據。

實驗二：本實驗仍以購置的玩具作為實驗器材，分別以圓形、長條形、愛心形之氣球形狀作為操縱變因，觀察氣球直升機飛行時間、高度與穩定度的情況。

- 1.每次使用新氣球前，先進行充氣試飛，確保實驗器材有效可行。
- 2.實驗進行 7 次，採去頭去尾方式求平均值，利於消除偏差值。
- 3.實驗中，若發現氣球爆破或明顯失效，則更換相同大小的氣球並重新觀測數據。

思考點：氣球直升機的飛行動力主要由氣球提供，故在研究一的面向上即思考以氣球的各項可能變因做研究之，但為了突破氣球直升機的飛行關鍵，原有氣球直升機的玩具已不敷使用，因為沒辦法再細分出可能的研究變因。我們決定參考網路上相關的文獻，進行氣球直升機的自製，藉此找出更多的研究變因進行研究，而發展出研究二與研究三的各项實驗。另外也考慮到自製氣球直升機的可能風險，包含有總重量過重、密合處漏氣、接頭鬆脫等問題，在以下實驗中，進行試誤自製，確認有飛行效果後再進行數據的量測，避免影響真實性。

[研究二] 操縱變因設定為直升機扇片層面

實驗三：本實驗以自製的氣球直升機作為實驗器材，把各種不同的紙質作為直升機扇片的材料，分別用日曆紙、月曆紙、圖畫紙、海報紙、A4紙（Double A, 80磅）、書法用紙作為操縱變因，觀察氣球直升機飛行時間、高度與穩定度的情況。

- 1.進行扇片包覆時，若有過多的摺痕則重新製作，避免對飛行效果造成影響。
- 2.所有不同紙質的扇片包覆完畢後，與其餘部件組裝起來進行秤重，了解本體重量。
- 3.其餘方法同實驗一（試飛、去頭去尾求平均、氣球飛行的一致性）。

實驗四：本實驗持續以自製的氣球直升機作為實驗器材，針對實驗三的結果，挑選飛行效果最佳的紙質（A4紙），作為扇片包覆的材料，進行飛機扇片數量為操縱變因的實驗，扇片數量設定為2個扇片、3個扇片與4個扇片，觀測氣球直升機的飛行時間、高度與穩定度的情況。

- 1.進行扇片包覆時，若有過多的摺痕則重新製作，避免對飛行效果造成影響。
- 2.製作兩個扇片時，可利用粗細管上的藍色對稱線統一於右側方進行打洞，保持兩個扇片的對稱均分；另外在水平高度上，利用直尺標定出距離吸管口1公分的距離，保持兩個扇片的水平一致。製作四個扇片時，再利用粗吸管上另一組白色的對稱線，其餘同上說明。
- 3.製作三個扇片時，為達準確的對稱等分，將吸管立在白紙上並畫出吸管口的大小，利用量角器量出120度角後，重新立起吸管，標定出扇片的三條等分點。
- 4.其餘測量方法同實驗一（試飛、去頭去尾求平均、氣球飛行的一致性）。

實驗五：本實驗持續以自製的氣球直升機作為實驗器材，針對實驗三與實驗四的結果，挑選飛行效果最佳的紙質（A4紙），作為扇片包覆的材料，挑選3個扇片為主，進

行以飛機扇片形狀為操縱變因的實驗，扇片形狀設定為4種（長方形、三角形、梯形、圓弧形，如下圖），觀測氣球直升機的飛行時間、高度與穩定度的情況。

- 1.進行扇片包覆時，若有過多的摺痕則重新製作，避免對飛行效果造成影響。
- 2.如實驗四的方法，注意3個扇片的水平高度與對稱等分。
- 3.四種扇片形狀，先利用電腦軟體畫出樣版後進行複製，確保扇片形狀相同。
- 4.依照樣板將各種不同形狀的扇片製作完畢並進行組裝測試。
- 5.其餘測量方法同實驗一（試飛、去頭去尾求平均、氣球飛行的一致性）。

扇片為長方形	
扇片為三角形	
扇片為梯形	
扇片為圓弧形	

實驗六：本實驗持續以自製的氣球直升機作為實驗器材，針對實驗三、實驗四與實驗五的結果，挑選飛行效果最佳的紙質（A4紙）作為扇片包覆的材料，挑選3個扇片作為主要裝置，挑選梯形作為飛機扇片的形狀，進行以飛機扇片偏折角度為操縱變因的實驗，扇片偏折角度定為10度、20度、30度、40度，最後觀測氣球直升機的飛行時間、高度與穩定度的情況。

- 1.進行扇片包覆時，若有過多的摺痕則除重新製作，避免對飛行效果造成影響。

- 2.如實驗四的方法，注意3個扇片的水平高度與對稱等分。
- 3.做好扇片在進行組裝時需要設定上述4種角度進行密合，將氣嘴平放於桌面上，透過量角器量出扇片平面與桌面之夾角，確認偏折角度後固定黏合，依序組裝剩餘扇片與其他角度的扇片。
- 4.其餘測量方法同實驗一（試飛、去頭去尾求平均、氣球飛行的一致性）。

思考點：做完直升機扇片層面的一系列實驗後，我們繼續思考是否還有其他可能變因，於是想到是否被扇片包覆著的吸管上也有可能呢？

〔研究三〕操縱變因設定為扇片內的吸管層面

實驗七：本實驗持續以自製的氣球直升機作為實驗材料，以扇片內所包覆的**吸管彎曲角度**作為操作變因，吸管為可彎吸管具有一定的彎折性，可彎曲超過90度，本次實驗選擇四個彎曲角度（60度、70度、80度、90度），觀測氣球直升機的飛行時間、高度與穩定度的情況。

- 1.進行扇片包覆時，若有過多的摺痕則除重新製作，避免對飛行效果造成影響。
- 2.為確保吸管在飛行時的彎曲角度不變，進行扇片紙張包覆前，把吸管彎折至設定角度後，於兩旁黏貼膠布使更加穩定。
- 3.其餘測量方法同實驗一（試飛、去頭去尾求平均、氣球飛行的一致性）。

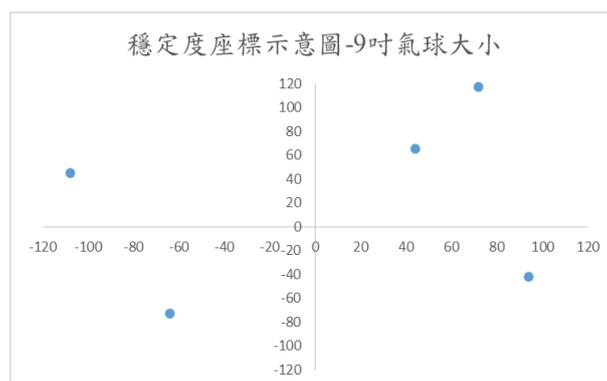
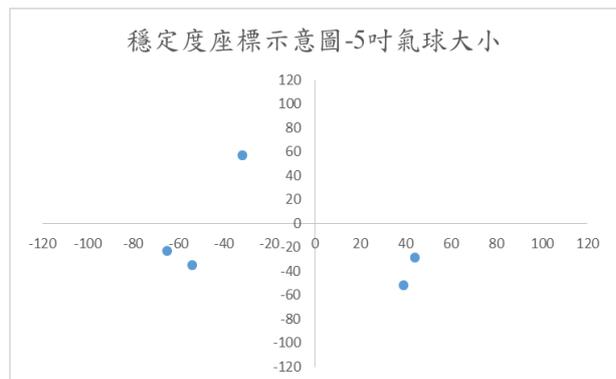
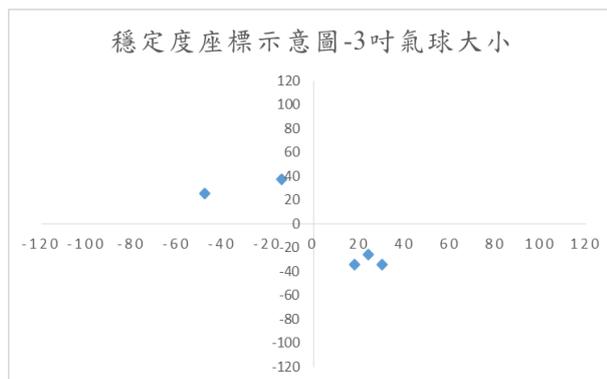
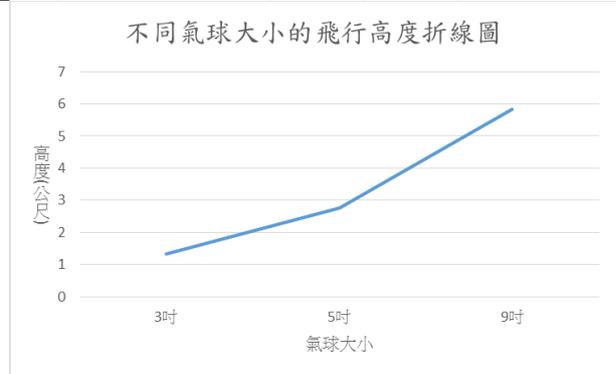
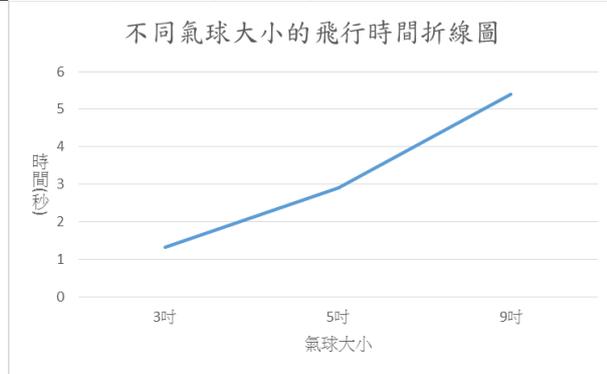
實驗八：本實驗持續以自製的氣球直升機作為實驗器材，以**扇片出氣孔形狀**作為操縱變因，由於吸管不易塑型，本次實驗僅以壓扁後的吸管與正常的吸管作為兩種不同形狀的出氣孔，以6mm的可彎吸管來自製氣球直升機，觀測氣球直升機的飛行時間、高度與穩定度的情況。

- 1.進行扇片包覆時，若有過多的摺痕則除重新製作，避免對飛行效果造成影響。
- 2.吸管塑形不易，壓扁後的吸管不久仍回復圓形，故製作時先以燕尾夾夾住20分鐘，使其維持長時間的扁狹狀。
- 3.市面上有4mm的彎折吸管，但因為長度不夠所以不適合作為扇片，避免過短的扇片造成飛行效果的差異，殊為可惜。
- 4.其餘測量方法同實驗一（試飛、去頭去尾求平均、氣球飛行的一致性）。

伍、研究結果

(一) 實驗一結果：

	氣球大小 3 吋			氣球大小 5 吋			氣球大小 9 吋		
	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)
第 1 次	1.2	1.5	30,-34	2.8	2.6	44,-29	5.2	5.8	-108,45
第 2 次	1.3	1.4	-14,37	3.3	2.8	-65,-23	5	5.7	-64,-73
第 3 次	1.2	1.2	24,-66	2.7	3	-54,-35	5.6	5.9	44,65
第 4 次	1.5	1.2	18,-34	2.8	2.7	-32,57	5.4	6.1	72,117
第 5 次	1.4	1.4	-48,25	2.9	2.7	39,-52	5.8	5.6	94,-42
平均	1.32	1.34		2.9	2.76		5.4	5.82	

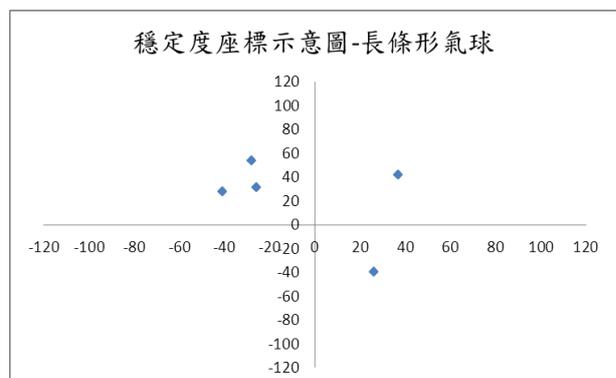
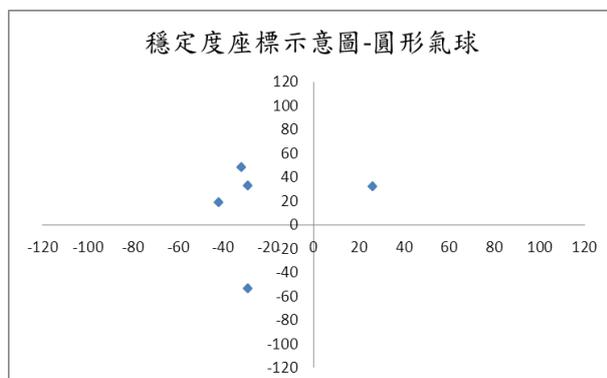
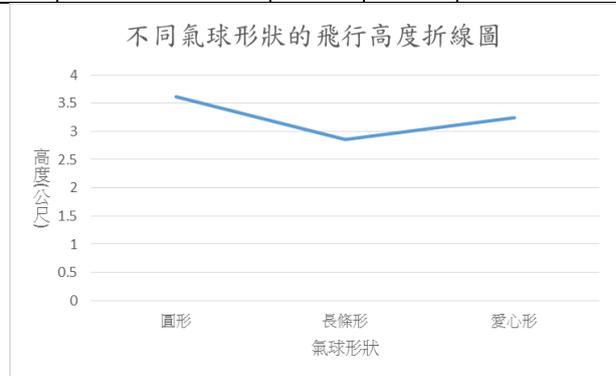
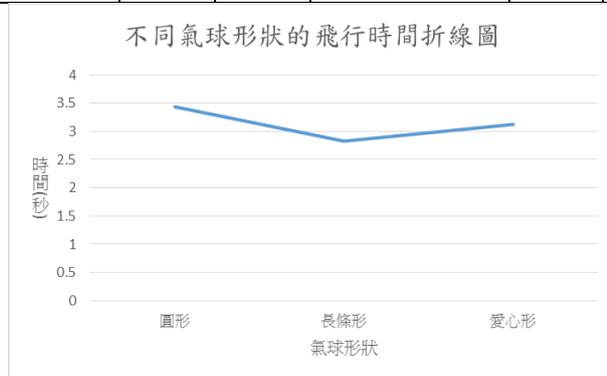


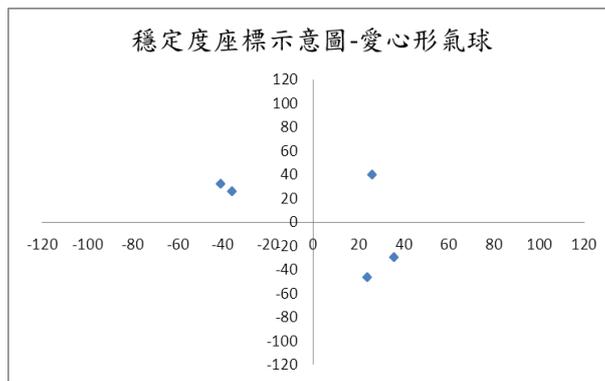
☞ 實驗討論：

1. 在本實驗中可以發現，氣球大小對於飛行時間、飛行高度佔有絕對的影響性，從不同氣球大小的飛行時間與飛行高度折線圖可以看出，氣球越大則時間與高度越多。
2. 由於氣球直升機的飛行動力，完全來自於氣球內的氣體噴出產生的反作用力，當噴出的氣體時間與長久時，則能帶動扇片旋轉的時間也越久，造成飛行時間與高度的增加。
3. 從穩定度座標來看，在空中飛行的時間愈久，離原點（飛行起點）越是遠。推測可能受限於空氣中的微弱氣流的偏移或是本身扇片旋轉不夠均衡的關係。

(二) 實驗二結果：(補充三種氣球形狀的體積)

	氣球形狀-圓形			氣球形狀-長條形			氣球形狀-愛心形		
	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)
第 1 次	3.8	3.8	-32,48	2.9	2.5	-41,28	3.4	3.1	-41,32
第 2 次	3.4	3.4	-29,-54	3.1	2.8	37,42	3.2	3.1	24,-47
第 3 次	2.8	3.8	-42,19	2.7	2.9	-26,31	3.1	3.4	-36,26
第 4 次	3.5	3.6	26,32	2.9	3.1	-28,54	3	3.3	36,-30
第 5 次	3.7	3.5	-29,33	2.5	3	26,-40	2.9	3.3	26,40
平均	3.44	3.62		2.82	2.86		3.12	3.24	





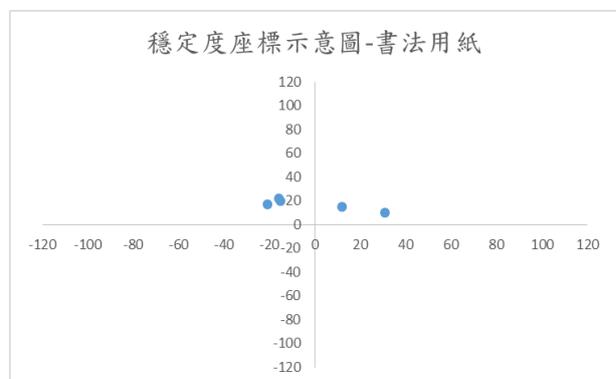
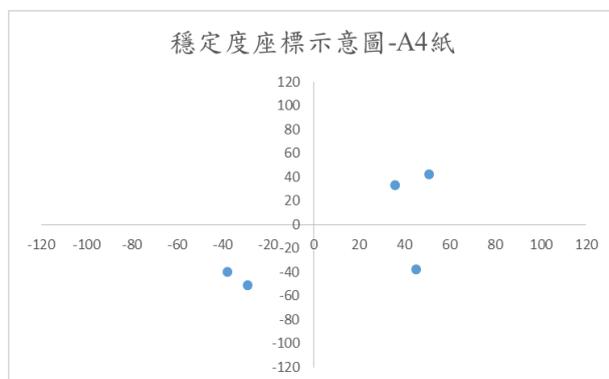
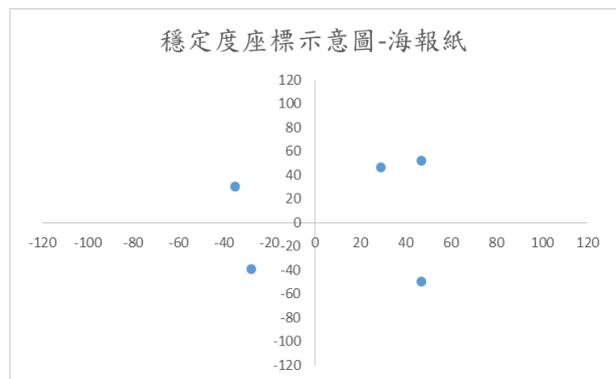
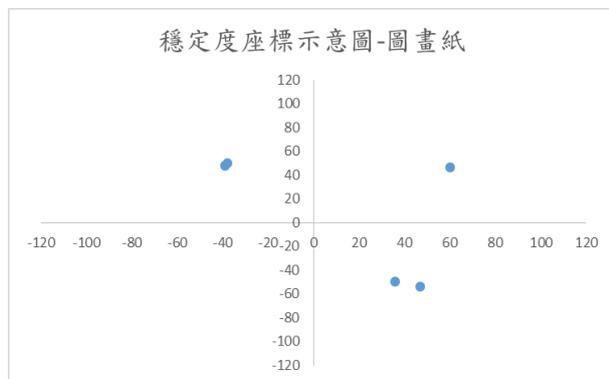
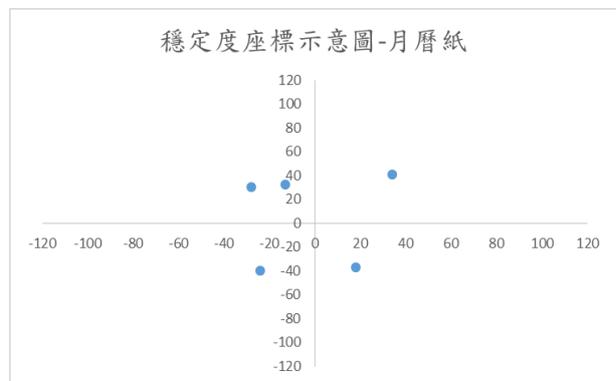
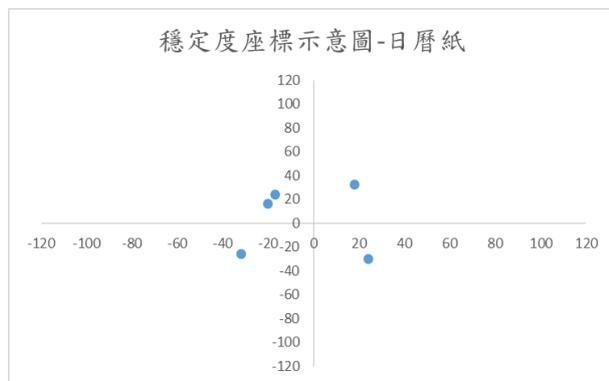
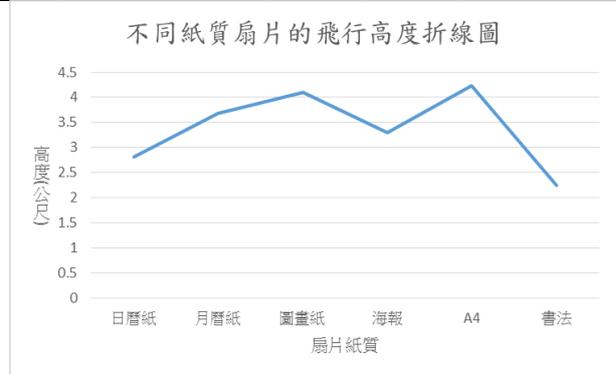
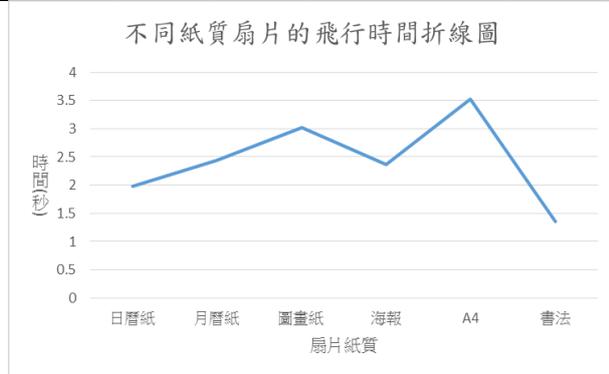
☞ 實驗討論：

1. 觀察長條形氣球的飛行狀態時，我們發現到長條形汽球升空速度較快，但當氣球內的氣體耗盡時就會掉下來。推測可以這麼快的升空可能與噴氣速度快有關係，也就是說長條形的氣球內所受的平均壓力較大，導致空氣快速被排出。相對而言，圓形與愛心形的氣球直升機升空速度就沒這麼快，卻相對在空中較久。
2. 從飛行時間與飛行高度的折線圖上也可發現，長條形的氣球直升機在飛行時間與飛行高度沒有圓形與愛心形多。
3. 從穩定性的象限座標圖來看，三者似乎在穩定度的表現可說差不多的。

(三) 實驗三結果：

	扇片紙質-日曆紙			扇片紙質-月曆紙			扇片紙質-圖畫紙		
	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)
第 1 次	1.8	2.4	18,32	2.4	3.4	34,41	3.2	4.2	47,-54
第 2 次	2.1	2.8	24,-30	2.6	3.9	18,-37	3.3	4.3	-38,50
第 3 次	2.3	3.2	-17,24	2.4	3.8	-28,30	2.6	3.7	-39,48
第 4 次	1.8	3.1	-20,16	2.3	3.7	-24,-40	2.9	4.5	60,46
第 5 次	1.9	2.6	-32,-26	2.5	3.6	-13,32	3.1	3.8	36,-50
平均	1.98	2.82		2.44	3.68		3.02	4.1	
	扇片紙質-海報紙			扇片紙質-A4 紙			扇片紙質-書法用紙		
	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)
第 1 次	2.5	3.5	47,-50	3.5	4.5	45,-38	1.2	2.3	12,15
第 2 次	2.2	3.1	-35,30	3.4	4.3	51,42	1.3	2.1	-21,17
第 3 次	2.3	3.4	29,46	3.6	4.3	-38,-40	1.4	2.4	-15,20

第 4 次	2.1	3.3	-28,-39	3.4	4.2	-29,-51	1.5	2.1	31,10
第 5 次	2.7	3.2	47,52	3.7	3.9	36,33	1.4	2.3	-16,22
平均	2.36	3.3		3.52	4.24		1.36	2.24	

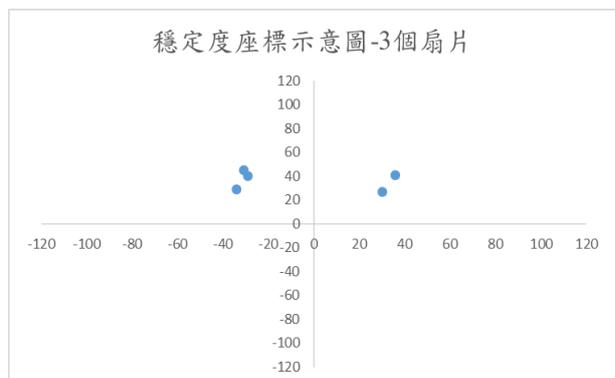
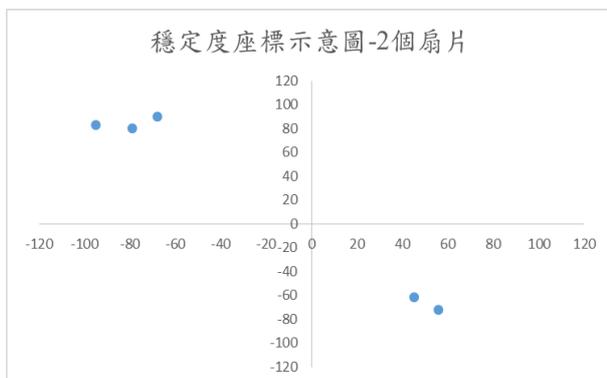
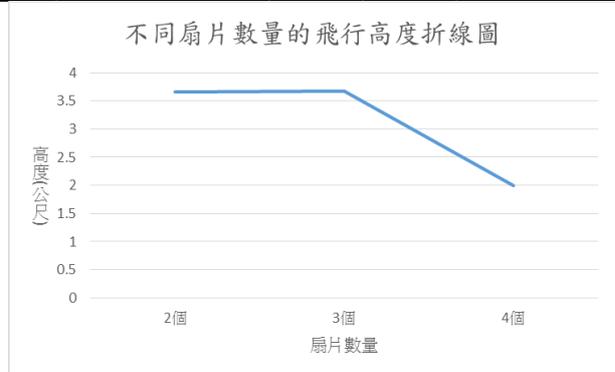
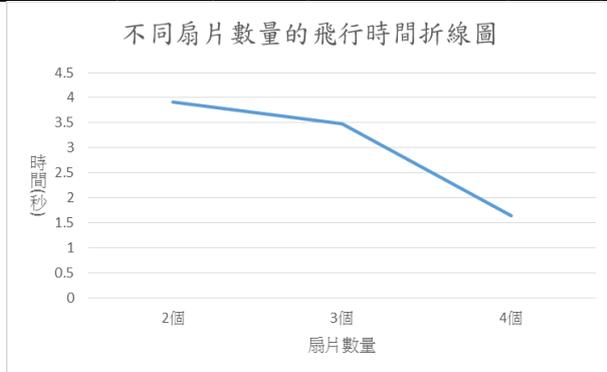


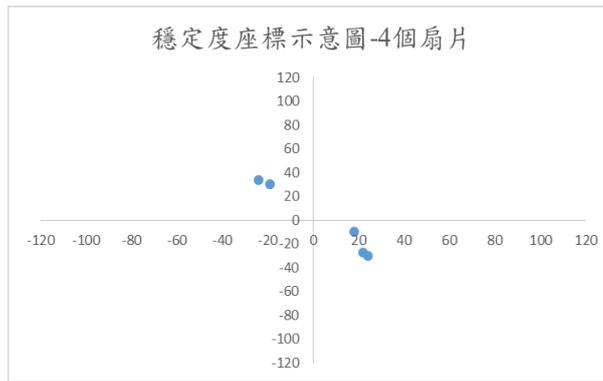
☞ 實驗討論：

1. 在扇片紙質的實驗中可以發現，各項紙質飛出來的效果有所差異，飛行時間與高度表現最好的是 A4 紙張，依序是圖畫紙、月曆紙與海報紙、日曆紙、書法用紙。推測可能與本體的總重量以及紙張的緊緻度有關連，若紙張越是緊緻帶動空氣的效果就越佳，反之紙張越是鬆軟則空氣不易給予扇片反作用力。
2. 在穩定度的表現上，效果依序為日曆紙與書法用紙離圓點最接近，圖畫紙、海報紙與 A4 紙離圓點最偏遠。

(四) 實驗四結果：

	扇片數量-2 個扇片			扇片數量-3 個扇片			扇片數量-4 個扇片		
	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)
第 1 次	4.2	3.5	45,-62	3.5	3.8	36,41	1.6	1.9	18,-10
第 2 次	3.8	3.7	56,-72	3.4	3.9	-31,45	1.8	1.8	22,-27
第 3 次	3.7	3.6	-95,83	3.6	3.6	-29,40	1.4	2	-19,30
第 4 次	4	3.5	-79,80	3.3	3.5	-34,29	1.9	2.1	24,-30
第 5 次	3.9	4	-68,90	3.6	3.6	30,27	1.5	2.2	-24,34
平均	3.92	3.66		3.48	3.68		1.64	2	





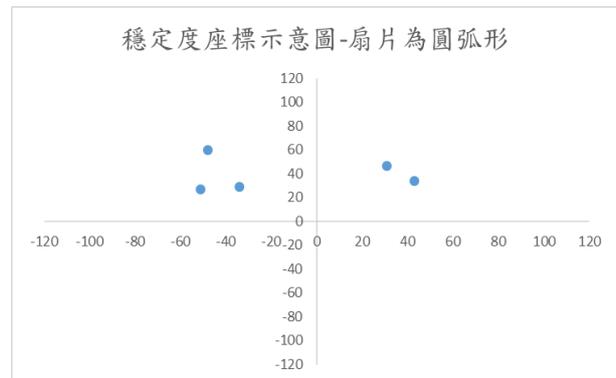
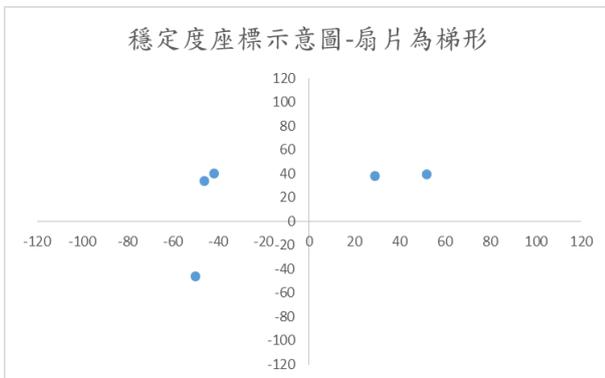
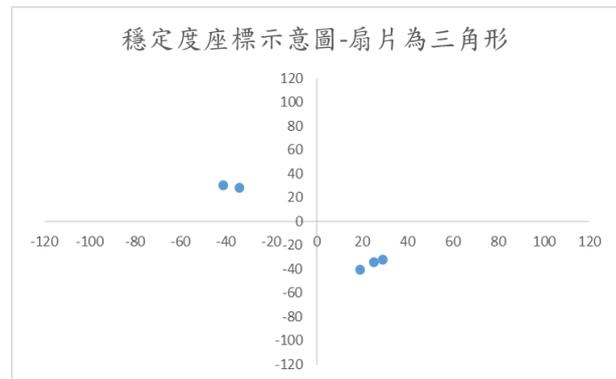
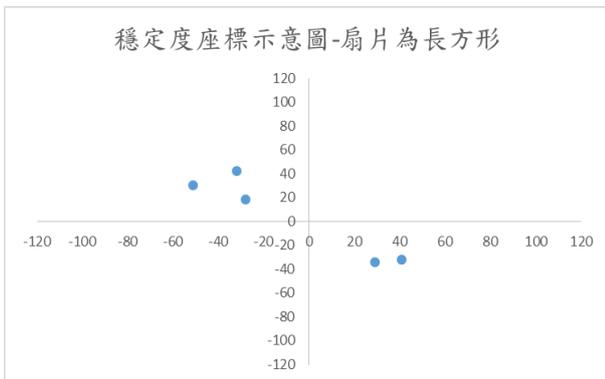
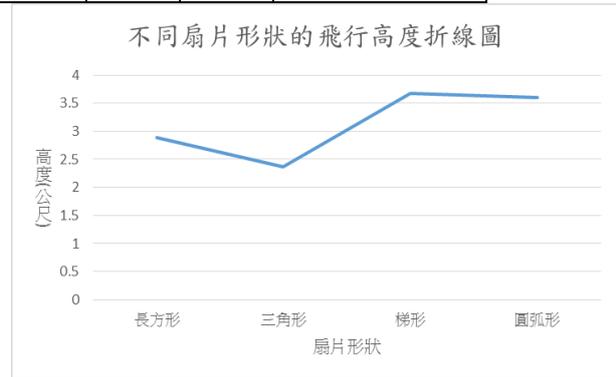
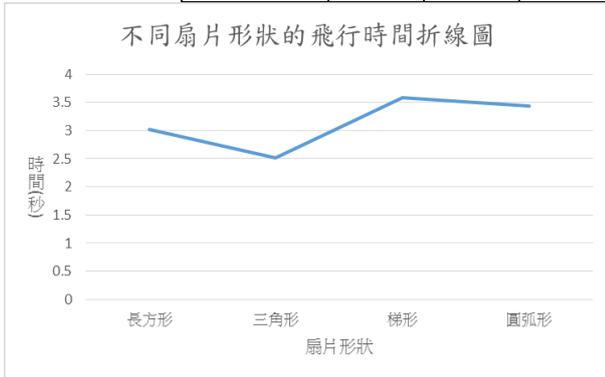
☞ 實驗討論：

1. 在 2 個扇片的氣球直升機中，飛行時間與高度的表現上最好，但在穩定度的表現上最差，這可從其飛行過程中看出整體重心偏移甚多，也就是說兩個扇片要保持重心較為不易。
2. 在 3 個扇片的氣球直升機中，飛行時間與高度略遜於 2 個扇片的情況，但在穩定度上的表現比 2 個扇片的情況好很多。
3. 在 4 個扇片的氣球直升機中，飛行時間與高度較不理想，但穩定度表現佳。可能是因為沒辦法飛得較高，所以整體偏移不多。

(五) 實驗五結果：

	扇片形狀-長方形			扇片形狀-三角形		
	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)
第 1 次	2.8	2.8	-32,42	2.5	2.5	29,-32
第 2 次	2.9	2.9	-28,18	2.3	2.4	19,-41
第 3 次	3.3	3	-51,30	2.7	2.4	-34,28
第 4 次	3.1	3	41,-32	2.6	2.2	-41,30
第 5 次	3	2.7	29,-34	2.5	2.3	25,-34
平均	3.02	2.88		2.52	2.36	
	扇片形狀-梯形			扇片形狀-圓弧形		
	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)
第 1 次	3.5	3.5	52,39	3.4	3.8	-51,27
第 2 次	3.6	3.9	-46,34	3.5	3.4	31,46
第 3 次	3.4	3.7	-50,-46	3.6	3.6	-34,29
第 4 次	3.8	3.5	29,38	3.3	3.7	-48,60

第 5 次	3.6	3.8	-42,40	3.4	3.5	43,34
平均	3.58	3.68		3.44	3.6	



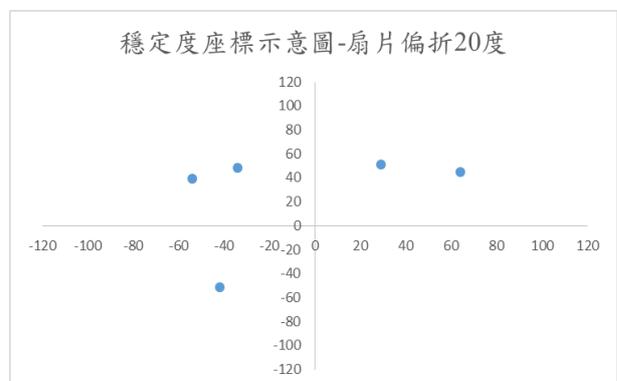
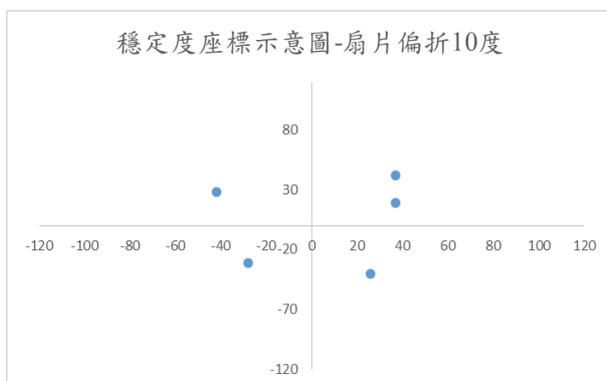
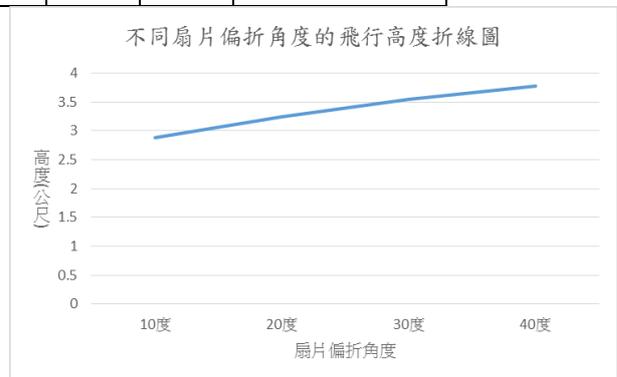
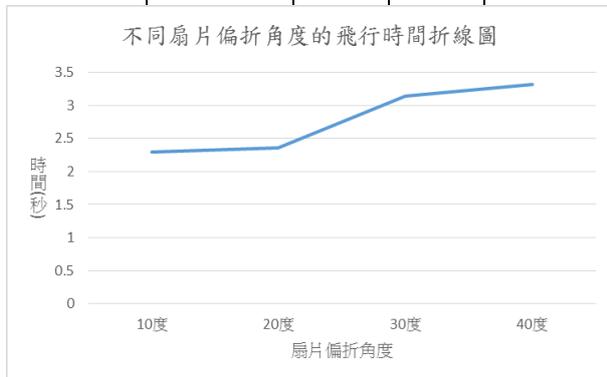
☞ 實驗討論：

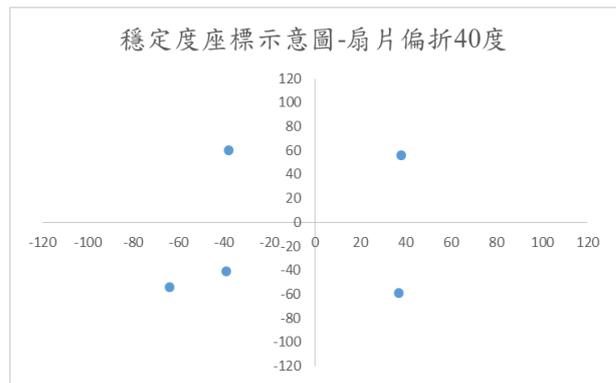
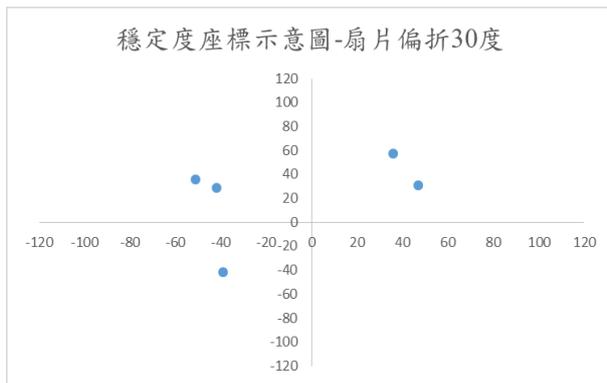
1. 梯形與圓弧形的扇片，其飛行時間與高度表現最佳，而在長方形與三角形的扇片飛行效果次之。
2. 在穩定度的表現上也稍有差異，梯形與圓弧形離圓點稍遠，長方型與三角形則離圓點較近一些。

(六) 實驗六結果：

	扇片角度-偏折 10 度			扇片角度-偏折 20 度		
	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)

第 1 次	2.4	3.1	-54,39	3.2	3.6	-51,36
第 2 次	2.5	3	64,45	3.4	3.7	47,31
第 3 次	2.4	2.8	29,51	3	3.5	-39,-42
第 4 次	2.3	2.6	-34,48	3.2	3.3	36,57
第 5 次	2.2	2.9	-42,-51	2.9	3.6	-42,29
平均	2.36	2.88		3.14	3.54	
	扇片角度-偏折 30 度			扇片角度-偏折 40 度		
	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)
第 1 次	3.4	3.9	-64,-54	2.3	3.3	37,42
第 2 次	3.3	3.7	-38,60	2.2	3.4	-28,-31
第 3 次	3.2	3.6	-39,-41	2.1	3.1	-42,28
第 4 次	3.4	3.8	38,56	2.5	3.2	37,19
第 5 次	3.3	3.9	37,-59	2.4	3.2	26,-40
平均	3.32	3.78		2.3	3.24	



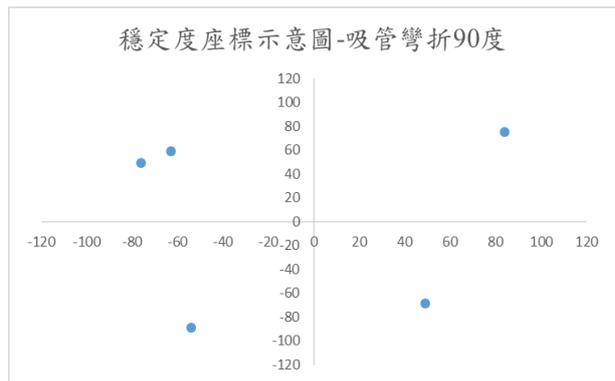
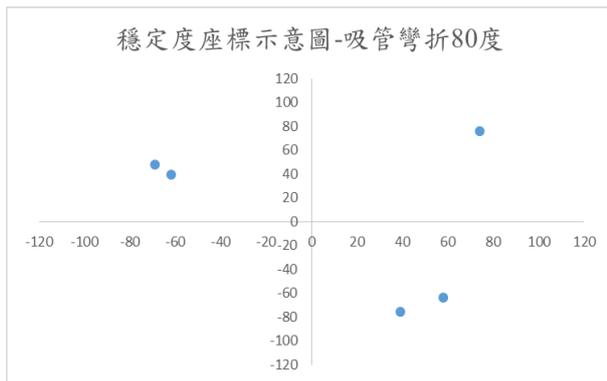
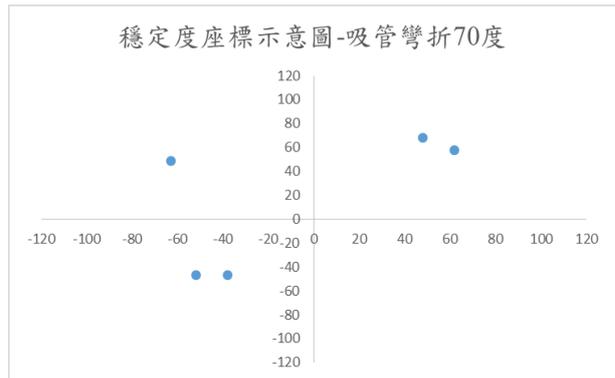
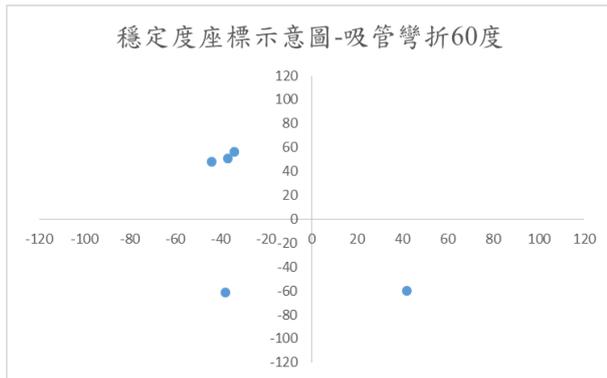
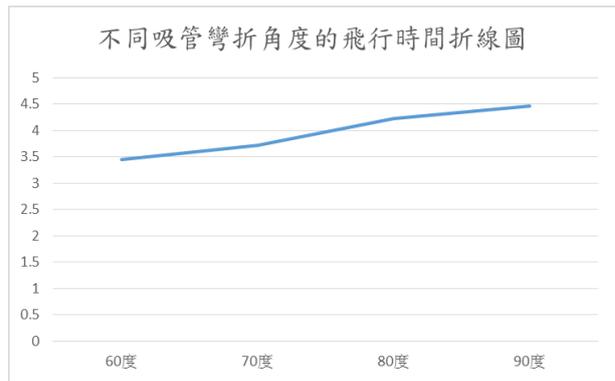
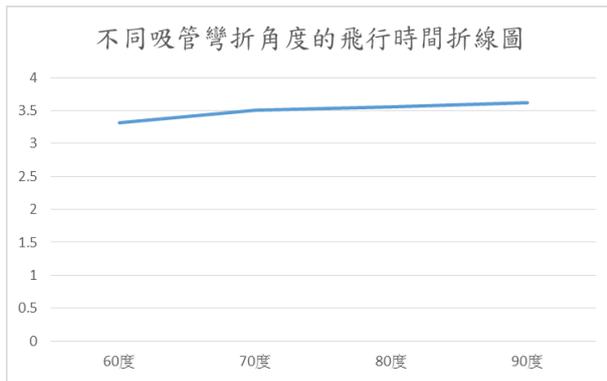


☞實驗討論：

1. 從飛行時間與飛行高度可以判斷，扇片偏折 40 度比偏折 10 度有更好的飛行效果。
2. 推測這樣的飛行結果，可能是因吸管越垂直於地面則所提供給氣球升空的垂直向上力量越大。
3. 在穩定度的表現上，飛行的時間與高度越多時，則偏離圓點的情況愈嚴重。

(七) 實驗七結果：

	吸管彎曲角度：60 度			吸管彎曲角度：70 度		
	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)
第 1 次	3.4	3.5	42,-60	3.5	3.8	48,68
第 2 次	3.2	3.6	-37,51	3.7	3.7	-63,49
第 3 次	3.3	3.4	-44,48	3.4	3.9	-52,-47
第 4 次	3.5	3.3	-38,-61	3.5	3.6	-38,-47
第 5 次	3.2	3.4	-34,56	3.4	3.6	62,58
平均	3.32	3.44		3.5	3.72	
	吸管彎曲角度：80 度			吸管彎曲角度：90 度		
	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)
第 1 次	3.6	4.2	74,76	3.4	4.5	84,75
第 2 次	3.4	4.3	-69,48	3.6	4.6	-76,49
第 3 次	3.2	4.1	-62,39	3.9	4.5	-63,59
第 4 次	3.8	4.2	39,-76	3.4	4.4	49,-69
第 5 次	3.8	4.3	58,-64	3.8	4.3	-54,-39
平均	3.56	4.22		3.62	4.46	



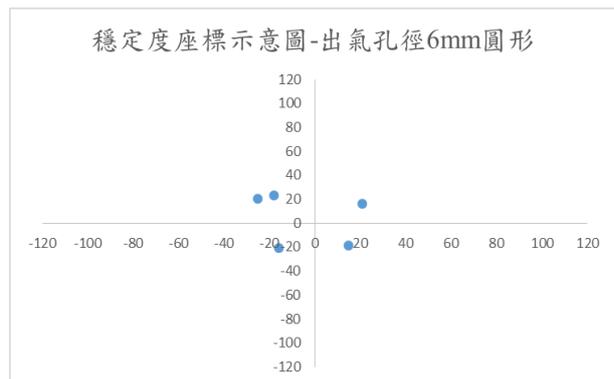
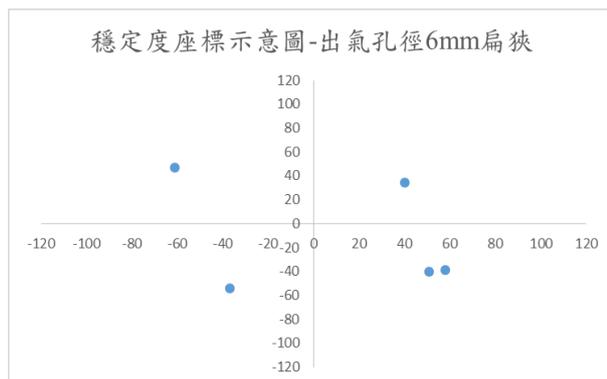
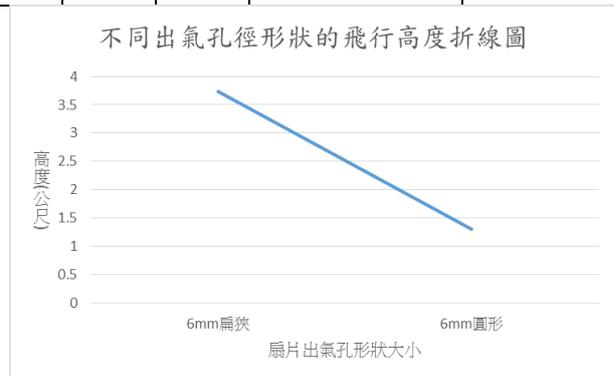
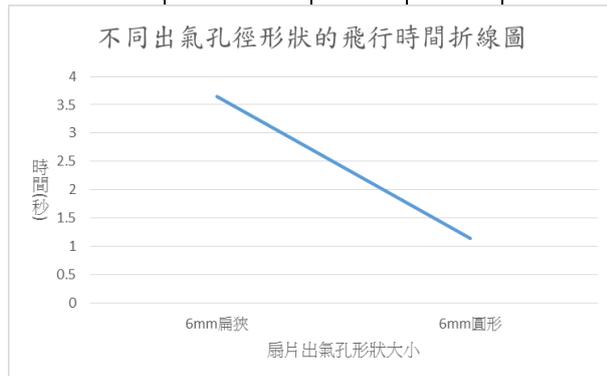
☞ 實驗討論：

1. 吸管彎折角度中，彎折角度 90 度的飛行時間與飛行高度效果最佳。依序是 80 度、70 度與 60 度。
2. 推測可能原因是因為，吸管彎折角度越垂直地面，則提供給扇片的反作用力越大，造成飛行時間與飛行高度越多。
3. 在穩定度的實驗結果當中，也可以從圖上發現彎折 90 度的偏移最多，彎折 60 度的偏移最少。

(八) 實驗八結果：

	扇片出氣孔-6mm/扁狹			扇片出氣孔-6mm/圓形		
	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)	時間 (秒)	高度 (尺)	穩定度 (象限座標)

第 1 次	3.4	4.1	58,-39	1.2	1.5	15,-19
第 2 次	3.6	3.7	-61,47	1.1	1.2	21,16
第 3 次	3.8	3.6	-37,-54	0.9	1.3	-18,23
第 4 次	3.7	3.5	40,34	1.3	1.4	-16,-21
第 5 次	3.7	3.8	51,-40	1.2	1.1	-25,20
平均	3.64	3.74		1.14	1.3	



實驗討論：

- 在 6mm 扁狹的飛行時間與飛行高度皆比 6mm 圓形較佳，推測三個吸管在扁狹狀的情況下所受的反作用力仍可帶動本體向上飛升，且因為是扁狹狀空氣排出速度不快，所以在空中較為耐久。
- 在 6mm 圓形的飛行時間與飛行高度皆比 6mm 較差，推測三個吸管因為空氣排出速度過快，所以無法在空中持續較久的時間。

陸、討論

一、從【實驗一】氣球大小為操縱變因的實驗中發現

(一)氣球越大，飛行時間與高度越多。

(二)飛行時間與高度越多，則穩定度越不佳，偏離起飛原點越多。

二、從【實驗二】氣球形狀為操縱變因的實驗中發現

(一)長條形氣球內的壓力較大，所以排氣速度較快，使得氣球直升機能迅速升空。

(二)圓形與愛心形的氣球之飛行效果差不多。

(三)三種形狀的穩定度表現相差無幾。

三、從【實驗三】包覆扇片的紙質為操縱變因的實驗中發現

(一)各種不同的紙張有不同的飛行效果，綜合飛行時間與飛行高度的實驗結果，飛行效果最好的是 A4 紙張，接下來是圖畫紙、月曆紙與海報紙、日曆紙、書法用紙。

(二)氣球直昇機因扇片轉動而飛升起來，若扇片包覆的紙張不夠硬挺時所帶動空氣的效果不佳，自然變飛不久、飛不高了。

(三)穩定度的表現上，日曆紙與書法用紙最佳（因飛不高也飛不遠），圖畫紙、海報紙與 A4 紙離圓點最偏遠。

四、從【實驗四】扇片數量為操縱變因的實驗中發現

度相差不多。

(二)2 個扇片的飛行穩定度最差，可能是因為在空中停留較久的緣故。

(三)4 個扇片的飛行時間與飛行高度最差，但可能因為在空中停留時間最短，所以穩定度最好。

五、從【實驗五】扇片形狀為操縱變因的實驗中發現

(一)梯形與圓弧形的扇片有較佳的飛行時間與飛行高度，相較而言則為長方型與三角形。

(二)在穩定度的表現上，梯形與圓弧形因飛得較久較遠，所以偏離較多，反之在長方形與三角形的情況則不同。

六、從【實驗六】扇片偏折角度為操縱變因的實驗中發現

(一)扇片偏折 40 度的飛行時間與飛行高度表現最好，再來分別是 30 度、20 度與 10 度。

(二)關於上述結果，可能是因為扇片偏折 40 度所提供給氣球升空的垂直向上力量愈大。

(三)當飛行時間與飛行高度越多，整體的偏移穩定度就越差，所以扇片偏折 40 度的最差，反之扇片偏折 10 度因為飛不高、飛不遠，所以離原點較近。

七、從【實驗七】吸管彎折角度為操縱變因的實驗中發現

(一)吸管彎折 90 度的飛行時間與高度最多，彎折 60 度最少。此可能與所提供的扇片的垂直反作用力大小有關。

(二)吸管彎折 90 度的情況下，穩定度最差。反之吸管彎折 60 度的穩定度最好。

八、從【實驗八】扇片出氣孔形況為操縱變因的實驗中發現

(一)6mm 扁狹狀的吸管具有較佳的飛行時間與飛行高度，推測與吸管內的排氣速度有關。

(二)飛得較高與較久的 6mm 扁狹狀氣球直升機，穩定度較差。

柒、結論

一、從實驗結果中，我們發現影響氣球直升機飛行的因素主要有：

氣球層面的因素：氣球大小

扇片層面的因素：扇片紙質、扇片數量、扇片形狀、扇片偏折角度

扇片內的吸管：彎曲角度、出氣孔形狀

二、氣球愈大所提供的反作用力時間越長，所以飛行時間與高度越多。

三、扇片使用 A4 紙包覆、3 個梯形(或圓弧形)的扇片、設定偏折 40 度角也能增加反作用力的時間，使得飛行時間與高度增加。

四、扇片內的吸管彎曲 40 度以及使用扁狹狀的出氣孔也能提供更多的反作用力，而使得飛行時間與高度增加。

五、綜觀本次科展實驗，我們一開始認為氣球是最會影響飛行時間與飛行高度的重要變因，但做完實驗後發現，扇片與吸管也有許多因素可以影響所飛行的時間與高度(兩者合計 6 個變因)。

六、氣球直升機的玩法也因這些變因的影響而有不同的玩樂目的，例如，若想要做出飛行時間越久與飛行高度越高的氣球直升機，則可以採用上述的有效變因，則可大大提升這項飛行玩具的樂趣；若想要穩定控制的話，則需適當調配這些變因，使得飛行的樂趣仍在但也能有效掌握氣球直升機的降落位置。

七、關於穩定度的數據，幾乎都呈現飛的時間越久或是飛的距離越高，就會產生較遠的落點位置，我們想到說如果能繼續在直升機的扇片上裝設第二層的機翼，或許對於氣流與重心的穩定能有所幫助，這就需要再多花時間進行研究了，也是我們之後可以繼續努力的研究方向。

捌、參考資料及其他

1. I can fly. http://sf.wfjh.kh.edu.tw/module/power/workUpload/2012_613502.pdf

2. zfang 的小玩意/旋轉吧~氣球直昇機 <http://zfang.tc.edu.tw/318.html>

3. 97 年教育部中小學科學教育計劃專案補助成果

<http://cse.ncue.edu.tw/sec/upload1/%E8%BC%95%E9%AC%86%E6%95%99%E5%89%B5%E6%84%8F.pdf>

【評語】 080112

實驗設計合宜，表達清楚，若在分析氣球直升機的落點與穩定度、飛行高度可以有更精確的控制變因更佳；另質量與飛行面積可以加以深入探討。