

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

080122

凌空而降的玩具

學校名稱：臺東縣臺東市卑南國民小學

作者：	指導老師：
小四 李俊億	蘇姿穎
小四 侯帛邑	楊文玲
小四 黃堉誠	
小四 洪量煒	
小四 徐婉綺	
小四 楊亞勳	

關鍵詞：紙蜻蜓

凌空而降的玩具

摘要

本主題由一本科學雜誌中提及的各種紙玩具，發覺「紙蜻蜓」造型的玩具能夠在空中停留最久的時間；並進一步採相同大小、重量的紙蜻蜓，如何藉由改良各部位的特徵而延長在空中停留的時間。經探討螺旋槳的長度、機身兩側往內摺的寬度、機尾翹起的長度以及螺旋槳的造型變化，實驗螺旋槳長度 8 公分、機身左右兩側向內摺 0.9 公分、機尾往外翹起 1 公分的情況下，發現紙蜻蜓能夠在空中停留的時間最久。

壹、研究動機

組長小億因為調皮，被老師處罰必須研讀哥白尼的科學雜誌，並要製作雜誌內指導的科學作品，其中有一單元內容是介紹各式各樣造型的紙玩具，它們在空中飛舞的姿態，和在空中停留的時間都不一樣，讓小億感到很有趣。恰巧！在操場上看到桃花心木種子落下，像螺旋槳一般在空中轉動。綜合以上兩點，激發了我們的研究興趣，於是，我們想了解不同設計的紙片，它的飛舞姿態會如何受到空氣流動的影響；也希望能夠經由實驗，發展出一架可以在空中停留時間最長的「冠軍紙蜻蜓」！

相關單元：空氣和風(康軒，三上)

貳、研究目的

- 一、認識不同造型的紙片在空中的飛舞姿態。
- 二、了解影響紙蜻蜓在空中停留時間的因素。
- 三、製作能在空中停留時間最長的紙蜻蜓。

參、研究設備及器材

- 一、圖畫紙：將四開圖畫紙裁切成三十二等份，每一等份大小相同，以確保重量相同。
- 二、美工刀、剪刀：用來裁切圖畫紙和不同造型製作上的切割工作。
- 三、尺：切割時力求精準，會用尺先測量。
- 四、碼表：測量不同造型的紙片在空中停留的時間。

肆、研究過程或方法

一、實驗地點與方式

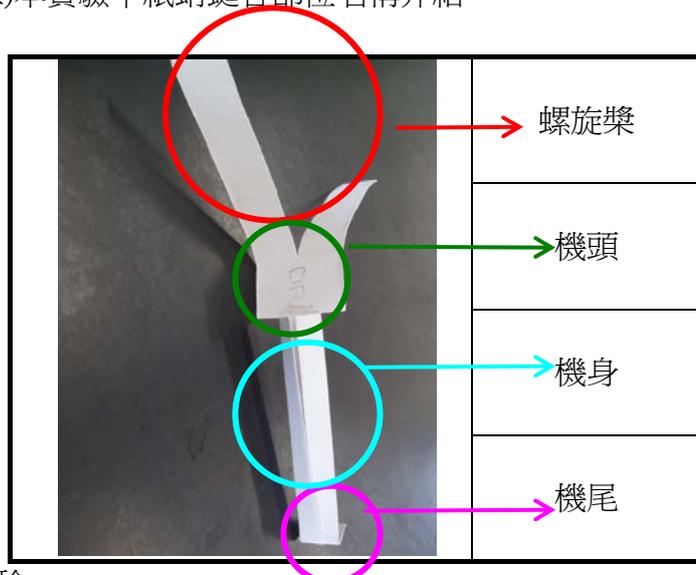
(一)實驗地點：本校活動中心，由二樓施放，施放高度離地面四公尺。

實驗前確認門、窗緊閉，排除「風力」的影響。

(二)實驗方式：由施放同學位於活動中心二樓，手持紙蜻蜓，由位於活動中心一樓的同學喊「三、二、一、放」，並且以施放同學手離開紙蜻蜓至紙蜻蜓碰地為止，以碼表計時。



(三)本實驗中紙蜻蜓各部位名稱介紹：



二、實驗一

- (一)參考哥白尼兒童雜誌第 191 期中「從天而降的玩具」，仿作其中四種造型，再加上自己想的一種造型，總共有五種造型。
- (二)製作的過程中，維持每一種造型的重量相同，除了紙張的大小一樣之外，因為有些造型需要黏貼，因此，我們在每一個造型上都黏上長度與寬度相等的雙面膠。
- (三)組員共六人分成三組(A 組、B 組和 C 組)，每一組製作一號機到五號機，共五種造型。
- (四)到不會受到風力影響的活動中心進行實驗。
- (五)從距離地面等距離的高度施放各種造型的紙片，並將停留在空中的時間記錄下來。

三、實驗二

- (一)經由實驗一，我們知道紙蜻蜓的造型能在空中停留的時間最久。
- (二)固定紙蜻蜓機身的長度為 9.5 公分，機身兩側各往同一面內摺 1 公分。
- (三)改變紙蜻蜓螺旋槳剪開的長度，分別為：2 公分、3 公分、4 公分、5 公分、6 公分、7 公分、8 公分和 9 公分；並將它們由 Z-1 到 Z-9 命名。
- (四)到不會受到風力影響的活動中心進行實驗。
- (五)從距離地面等距離的高度施放各種造型的紙蜻蜓，並將停留在空中的時間記錄下來。

四、實驗三

- (一)經由實驗一，我們知道紙蜻蜓的造型能在空中停留的時間最久。
- (二)固定紙蜻蜓機身的長度為 9.5 公分，螺旋槳剪開的長度為 7 公分。
- (三)改變機身兩側往內摺的距離，分別往內摺：0.5 公分、0.7 公分、0.9 公分、1.1 公分和 1.3 公分；並將它們由 G-1 到 G-5 命名。
- (四)到不會受到風力影響的活動中心進行實驗。
- (五)從距離地面等距離的高度施放各種造型的紙蜻蜓，並將停留在空中的時間記錄下來。

五、實驗四

- (一)經由實驗一，我們知道紙蜻蜓的造型能在空中停留的時間最久。
- (二)固定紙蜻蜓機身的長度為 9.5 公分，機身兩側各往同一面內摺 1 公分，螺旋槳剪開的長度為 7 公分。
- (三)正式實驗前，我們曾經自行設計改造紙蜻蜓的造型，有一位組員將機身的尾部(機

- 尾)往上摺，發現這樣有助於增加紙蜻蜓在空中停留的時間；於是，把這項改變加入本次實驗中。
- (四)改變紙蜻蜓機尾往上翹的高度，分別為：1 公分、1.5 公分、2 公分、2.5 公分、3 公分；並將它們由 A-1 到 A-5 命名。
 - (五)到不會受到風力影響的活動中心進行實驗。
 - (六)從距離地面等距離的高度施放各種造型的紙蜻蜓，並將停留在空中的時間記錄下來。

六、實驗五

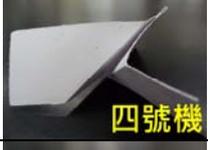
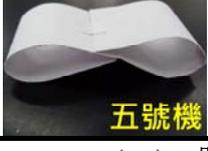
- (一)經由實驗一，我們知道紙蜻蜓的造型能在空中停留的時間最久。
- (二)固定紙蜻蜓機身的長度為 9.5 公分，機身兩側各往同一面內摺 1 公分，螺旋槳剪開的長度為 7 公分。
- (三)在長七公分的螺旋槳上設計不同的造型。分別有：「Z」字形、頭成尖狀、斜小三角形、斜大三角形、「S」字形、摺三次、一個拱形、兩個拱形和「W」字形；並將它們由 F-1 到 F-9 命名。
- (四)到不會受到風力影響的活動中心進行實驗。
- (五)從距離地面等距離的高度施放各種造型的紙蜻蜓，並將停留在空中的時間記錄下來。

七、實驗六

- (一)經由實驗二到實驗五，我們找出紙蜻蜓分別在螺旋槳剪開的長度、機身往內摺的寬度、機尾往上翹的長度和螺旋槳的造型，各方面最優秀的成績表現。
- (二)將實驗二到實驗五中各得到第一名的造型融入一架紙蜻蜓中，完成這次實驗的冠軍號。
- (三)將冠軍號分為冠軍一號和冠軍二號，它們的差異在於機尾翹起的方向。冠軍一號是機尾往內摺(與機身兩側往內摺相同方向)，而冠軍二號則是機尾向外摺(與機身兩側往內摺相反方向)。
- (四)每個組員都製作兩架紙蜻蜓，分別以名字中的一個字命名為「□冠一」和「□冠二」。
- (五)到不會受到風力影響的活動中心進行實驗。
- (六)從距離地面等距離的高度施放各種造型的紙蜻蜓，並將停留在空中的時間記錄下來。

伍、研究結果

一、實驗一

造型與特徵	命名	試飛次數(秒)									平均	名次
		A 組			B 組			C 組				
		一	二	三	一	二	三	一	二	三		
 一號機	一號機	2.68	2.27	2.53	2.44	2.68	2.92	1.68	2.03	1.94	2.35	4
 二號機	二號機	2.58	2.77	2.9	1.97	2.46	2.12	2.86	2.81	2.59	2.56	2
 三號機	三號機	2.33	3.19	2.5	3.04	3.42	2.9	2.14	2.31	2.21	2.67	1
 四號機	四號機	2.05	1.61	2.51	2.48	2.11	1.91	2.6	2.38	2.66	2.26	5
 五號機	五號機	1.73	2.25	2.47	2.96	2.84	1.9	2.33	2.9	2.88	2.47	3

(一)一號機的飛行方式是上、下翻轉，名次為第四名。

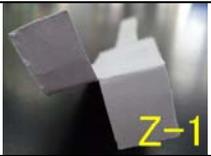
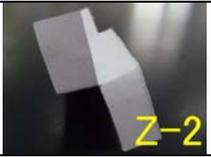
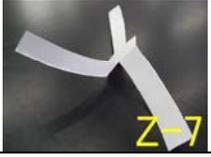
(二)二號機並沒有特定的飛行模式，翻轉的部份紙片捲成的水滴型位，且飛行時不定向，在空中左右搖晃，名次為第二名。

(三)三號機以上方螺旋槳的部份與地面垂直，螺旋槳以 360 度旋轉，是在空中停留時間最久的。

(四)四號機同樣以上方螺旋槳的部份與地面垂直，螺旋槳以 360 度旋轉，但機身在飛行時黏貼的雙面膠容易分離，因此是最快掉落地面的機型。

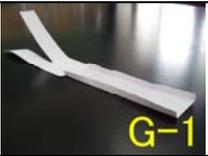
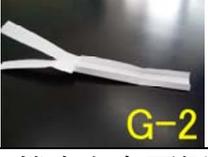
(五)五號機是上、下翻轉的，翻轉的速度很快，名次為第三名。

二、實驗二

造型與特徵	命名	試飛次數(秒)										平均	名次
		一	二	三	四	五	六	七	八	九	十		
 Z-1	z-1	1.51	1.89	1.9	1.69	2.03	2.15	2.01	2.35	2.41	2.19	2.01	7
螺旋槳剪開 2 公分													
 Z-2	z-2	1.92	1.01	2.01	1.81	1.54	1.83	1.62	1.87	1.85	1.85	1.73	8
螺旋槳剪開 3 公分													
 Z-3	z-3	2.08	2.17	2.06	1.86	2.23	2.09	1.87	2.23	2.39	2.03	2.1	6
螺旋槳剪開 4 公分													
 Z-4	z-4	2.29	2.68	2.37	2.3	2.59	2.43	2.1	2.5	2.38	2.23	2.39	5
螺旋槳剪開 5 公分													
 Z-5	z-5	2.9	2.48	2.67	2.82	2.86	2.73	2.59	2.57	2.66	2.86	2.71	4
螺旋槳剪開 6 公分													
 Z-6	z-6	3.52	3.03	2.83	2.99	3.54	2.83	3.1	2.95	3.57	3.1	3.15	3
螺旋槳剪開 7 公分													
 Z-7	z-7	3.49	3.13	3.27	3.69	3.56	3.02	3.65	3.72	3.64	3.31	3.45	1
螺旋槳剪開 8 公分													
 Z-8	z-8	3.48	3.77	3.49	3.67	3.73	3.1	2.92	2.61	3.32	2.13	3.22	2
螺旋槳剪開 9 公分													

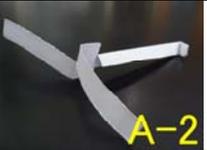
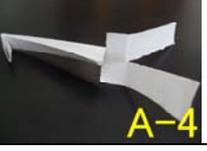
- (一)因爲 Z-1、Z-2、Z-3 和 Z-4 螺旋槳的部分比較短，導致機頭的部分過大、過重，飛行時螺旋槳都不會轉，整架紙蜻蜓直接落地。
- (二)Z-5 和 Z-7 的性能雖然有比 Z-1、Z-2、Z-3 和 Z-4 好一點，但螺旋槳的長度還是太短，仍會影響它們停留在空中的時間。
- (三)Z-7 和 Z-8 螺旋槳的長度分別爲 8 公分和 9 公分，紙蜻蜓在空中轉動，且停留的時間分居第一名和第二名。
- (四)Z-8 螺旋槳剪開 9 公分，導致機頭部分太短，實驗至第六次起，機頭和機身連接的部分變得很脆弱，飛行時由於連接處快要斷裂，而整架紙蜻蜓在空中倒置。

三、實驗三

造型與特徵	命名	試飛次數(秒)										平均	名次
		一	二	三	四	五	六	七	八	九	十		
 G-1 機身左右兩側翹起 0.5 公分	G-1	2.39	2.25	2.69	2.07	3.19	2.79	3.09	2.75	2.13	2.13	2.55	4
 G-2 機身左右兩側翹起 0.7 公分	G-2	2.73	2.68	2.8	3.21	3.01	3.01	2.59	2.97	2.8	3.08	2.89	3
 G-3 機身左右兩側翹起 0.9 公分	G-3	2.73	3.22	3.2	3.09	2.73	3.11	3.03	3.05	2.55	3.35	3.01	1
 G-4 機身左右兩側翹起 1.1 公分	G-4	2.25	3.32	3.19	3.01	2.76	2.53	3.07	3.07	3.15	2.86	2.92	2
 G-5 機身左右兩側翹起 1.3 公分	G-5	2.99	2.61	2.38	2.41	3.23	2.51	2.14	2.37	2.2	2.3	2.51	5

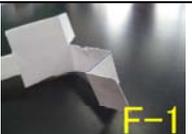
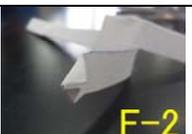
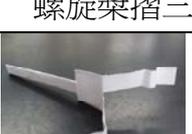
- (一)G-1 機身兩側往內摺的距離為 0.5 公分，對機身的大小沒什麼改變，導致飛行時會整架紙蜻蜓倒置。
- (二)G-5 機身兩側往內摺的距離為 1.3 公分，所以往內摺的部份比機身剩下的部分還要大，且兩側內摺的部分重疊，G-5 實驗時都是沒有轉動，直接墜落。
- (三)G-3、G-4 和 G-2 往內摺的距離較適宜，因此，分別得到第一、二、三名。
- (四)結果發現，往內摺的兩側不要摺得太小，也不要重疊太多，否則都會影響紙蜻蜓在空中停留的時間。

四、實驗四

造型與特徵	命名	試飛次數(秒)										平均	名次
		一	二	三	四	五	六	七	八	九	十		
 A-1 機尾翹起 1 公分	A-1	3.25	3.49	3.2	3.07	3.31	2.94	3.08	3.14	2.93	3.05	3.15	1
 A-2 機尾翹起 1.5 公分	A-2	3.42	3.03	3.07	3.2	3.23	2.68	3.34	3.37	2.65	3.21	3.12	2
 A-3 機尾翹起 2 公分	A-3	2.43	2.44	2.84	2.88	2.67	3.13	3.17	3.16	2.91	3.27	2.89	4
 A-4 機尾翹起 2.5 公分	A-4	2.49	2.98	2.33	3.44	2.93	2.53	3	2.97	3.2	2.85	2.87	5
 A-5 機尾翹起 3 公分	A-5	2.42	2.64	2.53	3.08	2.99	3.11	2.62	3.41	3.3	3.03	2.91	3

- (一)A-1 和 A-2 機尾往上翹的長度分別為 1 公分和 1.5 公分，並不會因翹起的長度太多而影響紙蜻蜓的飛行，反而能夠幫助平衡紙蜻蜓，增加其在空中停留的時間。所以，這兩架紙蜻蜓分別得到第一名和第二名。
- (二)A-3、A-4 和 A-5 機尾往上翹的長度過長，導致紙蜻蜓飛行時重心不穩，而有搖晃的情形。
- (三)紙蜻蜓飛行前，先整理螺旋槳的部份，將兩片螺旋槳往上翹起約三十度，則可以增加其在空中停留的時間。

五、實驗五

造型與特徵	命名	試飛次數(秒)										平均	名次
		一	二	三	四	五	六	七	八	九	十		
 F-1 螺旋槳「Z」字形	F-1	2.05	1.95	2.01	1.83	2.06	2.11	2.06	2.31	2.23	2.16	2.08	6
 F-2 螺旋槳頭成尖狀	F-2	3.16	3.49	2.9	3.09	3.19	2.96	2.94	3.72	3.01	2.87	3.13	1
 F-3 螺旋槳斜小三角形	F-3	1.95	2.2	2.06	1.76	2.31	2.38	2.03	2.16	2.24	2.17	2.13	4
 F-4 螺旋槳斜大三角形	F-4	1.88	1.63	2.1	1.52	2.1	1.61	1.85	2.13	1.96	1.84	1.86	9
 F-5 螺旋槳「S」字形	F-5	2.08	2.12	2.09	2.19	2.43	1.88	2.31	1.98	2.14	1.99	2.12	5
 F-6 螺旋槳摺三次	F-6	1.9	2.18	2.02	2.13	2.09	1.87	2.21	2.31	1.91	1.99	2.06	7
 F-7 螺旋槳一個拱形	F-7	2.64	2.25	2.13	2.55	2.57	2.4	2.19	2.45	2.31	2.54	2.4	2
 F-8 螺旋槳兩個拱形	F-8	2.32	2.74	1.99	2.42	2.2	2.44	2.91	2.3	2.2	2.14	2.37	3
 F-9 螺旋槳「W」字形	F-9	2.13	1.83	1.99	1.96	1.91	2.24	2.17	2.29	1.99	1.99	2.05	8

- (一)F-2、F-3 和 F-4 都在螺旋槳的部份摺出三角形，但摺得大小不同，摺得越大掉下來的速度就越快。F-2 在空中的停留時間最久，因為螺旋槳部份摺的三角形最小。
- (二)F-1、F-6 和 F-9 的螺旋槳部分都摺成直角，不論次數多少，這類的紙蜻蜓都轉一下就掉下來了。
- (三)F-7 和 F-8 都將螺旋槳摺成拱形，它們的表現也不錯，分別得到第二、三名。
- (四)F-5 實驗時，螺旋槳完全沒有轉動，整架紙蜻蜓直接墜地。
- (五)F-2 是本實驗的最高分，在空中停留時間的平均數 3.13 秒，卻低於實驗二中 Z-6（螺旋槳都不摺）的平均數 3.15 秒。可見在螺旋槳上變形對於紙蜻蜓在空中停留的時間並無幫助。

六、實驗六

造型與特徵	命名	試飛次數(秒)										平均	總平均
		一	二	三	四	五	六	七	八	九	十		
  機尾向內摺	億冠一	3.13	3.2	3.13	3.01	3.29	3.06	3.81	3.28	3.17	3.32	3.24	3.35
	勳冠一	3.11	2.67	2.95	3.57	3.04	3.13	3.51	3.32	3.49	3.48	3.23	
	邑冠一	3.5	3.57	3.53	3.53	3.47	3.59	3.51	4	3.53	3.36	3.56	
	誠冠一	3.54	3.34	3.56	3.17	3.29	4.04	3.45	3.26	3.89	3.51	3.51	
	綺冠一	3.64	3.33	3.68	3.4	3.37	3.47	3.3	3.52	3.53	3.27	3.45	
	煒冠一	2.67	2.88	3.11	3.21	3.15	3.19	3.03	3.2	3.43	3.47	3.13	

造型與特徵	命名	試飛次數(秒)										平均	總平均
		一	二	三	四	五	六	七	八	九	十		
  機尾向外摺	億冠二	3.13	3.95	3.33	3.13	3.49	3.28	3.26	3.28	3.67	3.25	3.38	3.54
	勳冠二	3.48	3.58	3.6	3.43	3.46	3.57	4.16	3.47	3.09	3.18	3.5	
	邑冠二	3.58	3.6	3.43	3.67	3.64	3.53	3.53	3.93	3.8	3.32	3.6	
	誠冠二	3.62	3.66	3.82	3.69	3.59	4.03	3.73	3.49	3.38	3.41	3.64	
	綺冠二	3.02	3.42	3.35	3.3	3.78	3.7	3.33	3.17	3.13	3.53	3.37	
	煒冠二	3.66	3.35	3.67	3.67	3.99	3.63	3.93	3.89	3.48	4.03	3.73	

- (一)由實驗二至實驗五分別測量出紙蜻蜓各部位在空中停留時間最久的數據，並將各數據融入實驗六冠軍號的製作；發現冠軍號在空中停留時間都有不錯的表現。
- (二)冠軍號的機尾往外摺(與機身兩側往內摺相反方向)在空中停留時間的表現，更優於往內摺(與機身兩側往內摺相同方向)的表現。
- (三)冠軍號的機尾往外摺開始飛行時就能平順、優雅的落下；而機尾往外摺的紙蜻蜓，在剛開始飛行時會稍微搖晃一下，平衡後才會開始落下。

陸、討論

- 一、由實驗一發現紙蜻蜓造型的「三號機」在空中停留的時間最長。
- 二、依實驗一的「三號機」進行研究，發現螺旋槳剪開 8 公分的紙蜻蜓在空中停留的時間最長（實驗二）；機身左右兩側翹起 0.9 公分的紙蜻蜓在空中的停留時間最長（實驗三）；機尾翹起 1 公分的紙蜻蜓在空中的停留時間最長（實驗四）。
- 三、紙蜻蜓飛行前，先整理螺旋槳的部份，將兩片螺旋槳往上翹起約三十度，則可以增加其在空中停留的時間。
- 四、在實驗五中發現螺旋槳特色為頭成尖狀的紙蜻蜓載空中的停留時間最長，但與實驗二比較，發現在螺旋槳上變形對於紙蜻蜓在空中停留的時間無幫助。
- 五、由實驗二至實驗五找出最優的條件：固定螺旋槳長度 8 公分、機身左兩側向內摺 0.9 公分、機尾翹起 1 公分的情況，製作冠軍號。發現機尾往外摺的紙蜻蜓能夠在空中停留的時間最久。

柒、結論

- 一、在紙片相同大小及重量的條件下，紙蜻蜓的造型相較於其他設計，能夠在空中停留較長的時間。
- 二、紙蜻蜓的螺旋槳長度太短幾乎不旋轉，過長的話卻會導致機頭部分脆弱，影響飛行的穩定度，因此，以略長（剪開 8 公分）為最優。
- 三、紙蜻蜓飛行前，如果能將螺旋槳往上翹起約三十度，將可以增加其在空中停留的時間。
- 四、紙蜻蜓機身的部分，若兩側向內摺的寬度過寬，會導致一面重量太重；若向內摺的寬度過窄，就好像沒有摺一樣，紙蜻蜓反而會螺旋槳在下、機身在上。所以，機身往內摺的寬度以適中最佳，稍微重疊一點即可。
- 五、我們利用將機身尾端摺出機尾的方式來穩定紙蜻蜓的重心，發現機尾的長度不用太長便可以達到效果；如果機尾摺太長的話，重心會偏低，紙蜻蜓便會劇烈搖晃後快速落下。
- 六、機尾反摺的方向，以往外摺優於往內摺，因為這樣可以平衡機身兩邊的重量。
- 七、在螺旋槳的部分不需要過多的變化，只要保持最單純的長方形，就可以在在空中停留長久的時間。

捌、參考資料及其他

- 王純姬等著(2008)。自然與生活科技(三上)。台北市：康軒文教事業。
- 賴貞秀等著(2000)。從天而降的玩具。哥白尼，45~48。
- 郭騰元(2000)。創意的科學玩具。台北市：牛頓開發教科書公司。
- 顏碧仙、林金英(1995)。新編光復科學圖鑑—自然科學實驗。台北市：光復書局。

附錄

附錄一：實驗方式照片

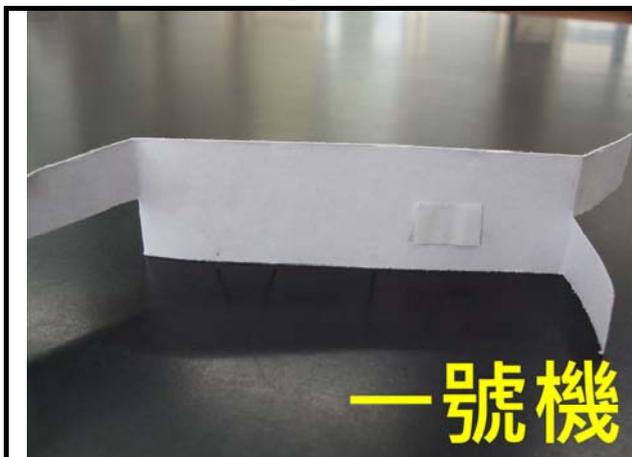


施放同學位於活動中心二樓，手持紙蜻蜓。



位於活動中心一樓的同學以碼表計時。

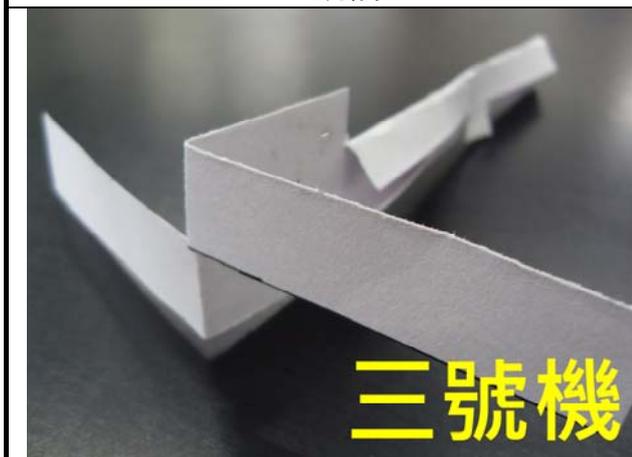
附錄二：實驗一各玩具造型



一號機



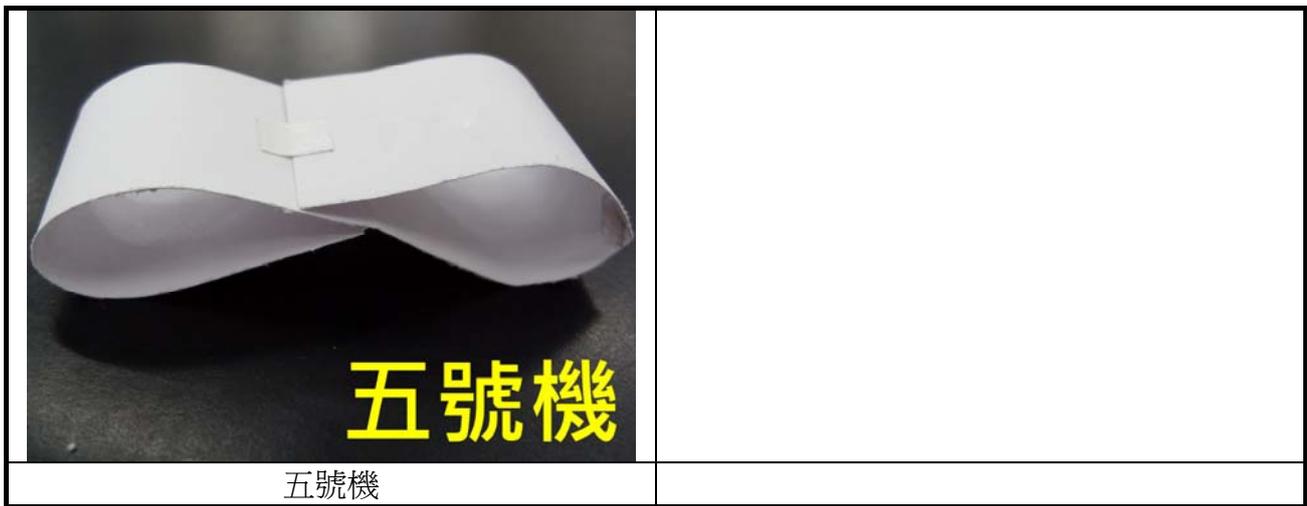
二號機



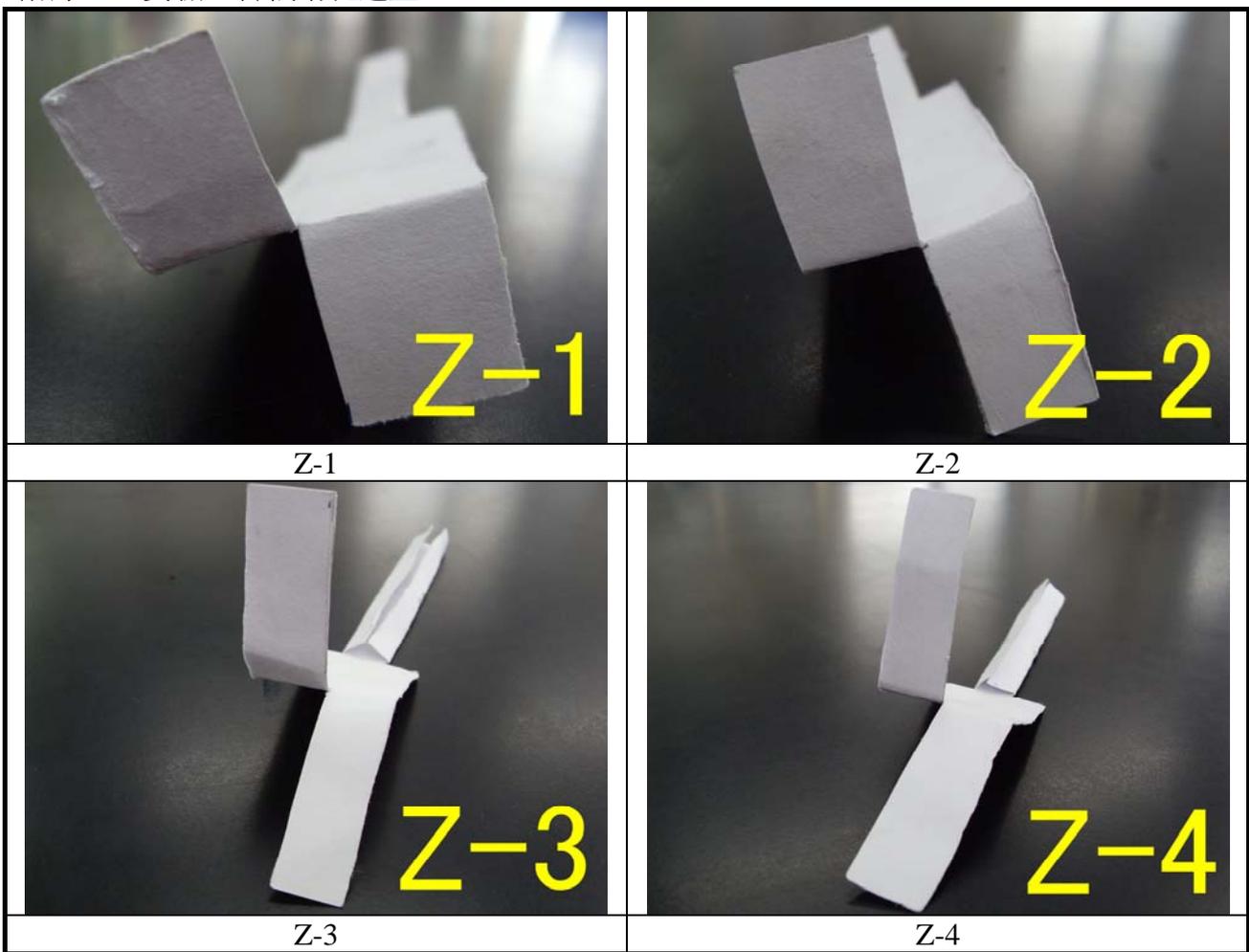
三號機

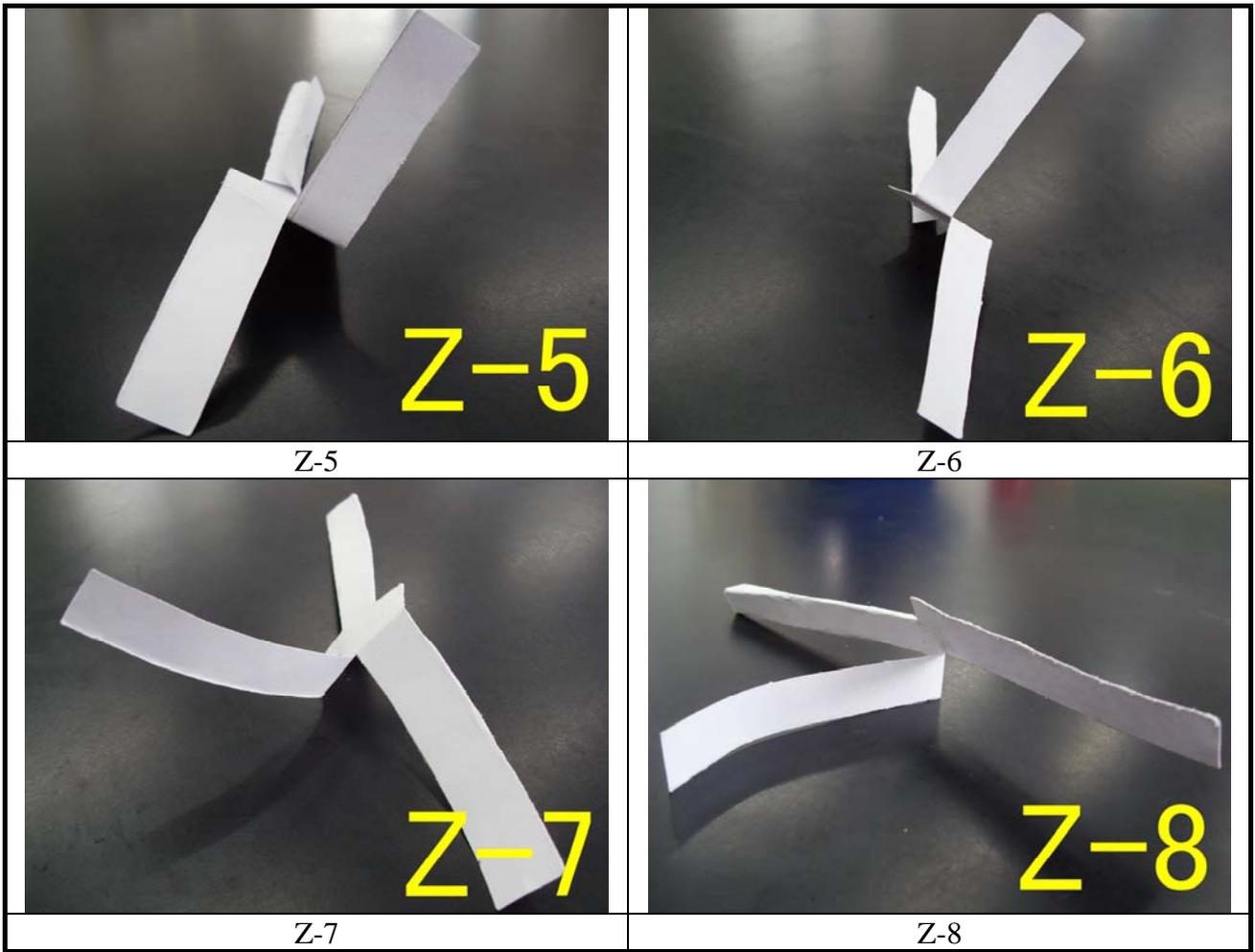


四號機

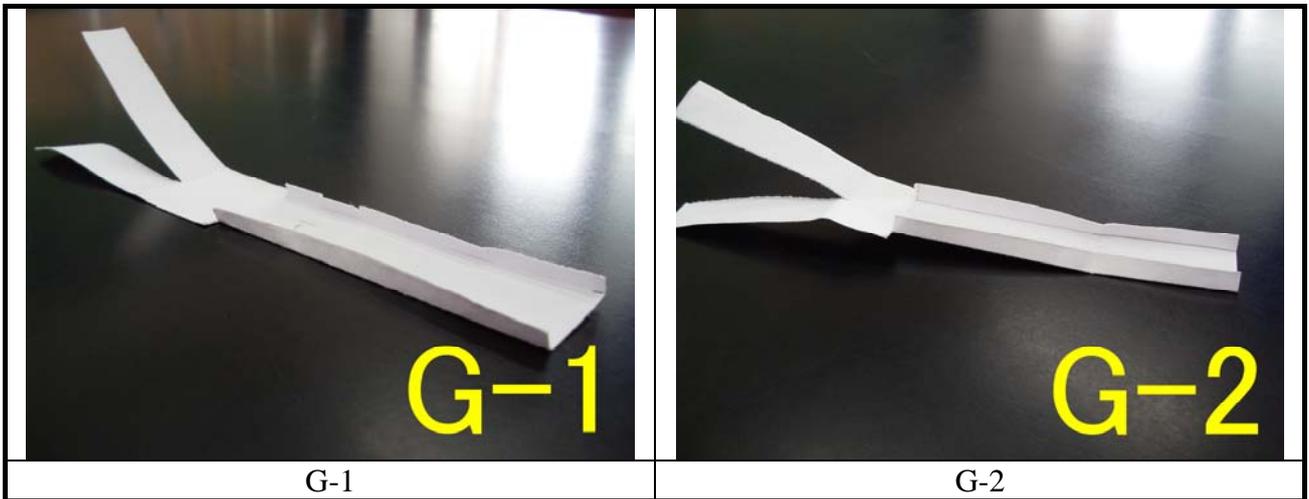


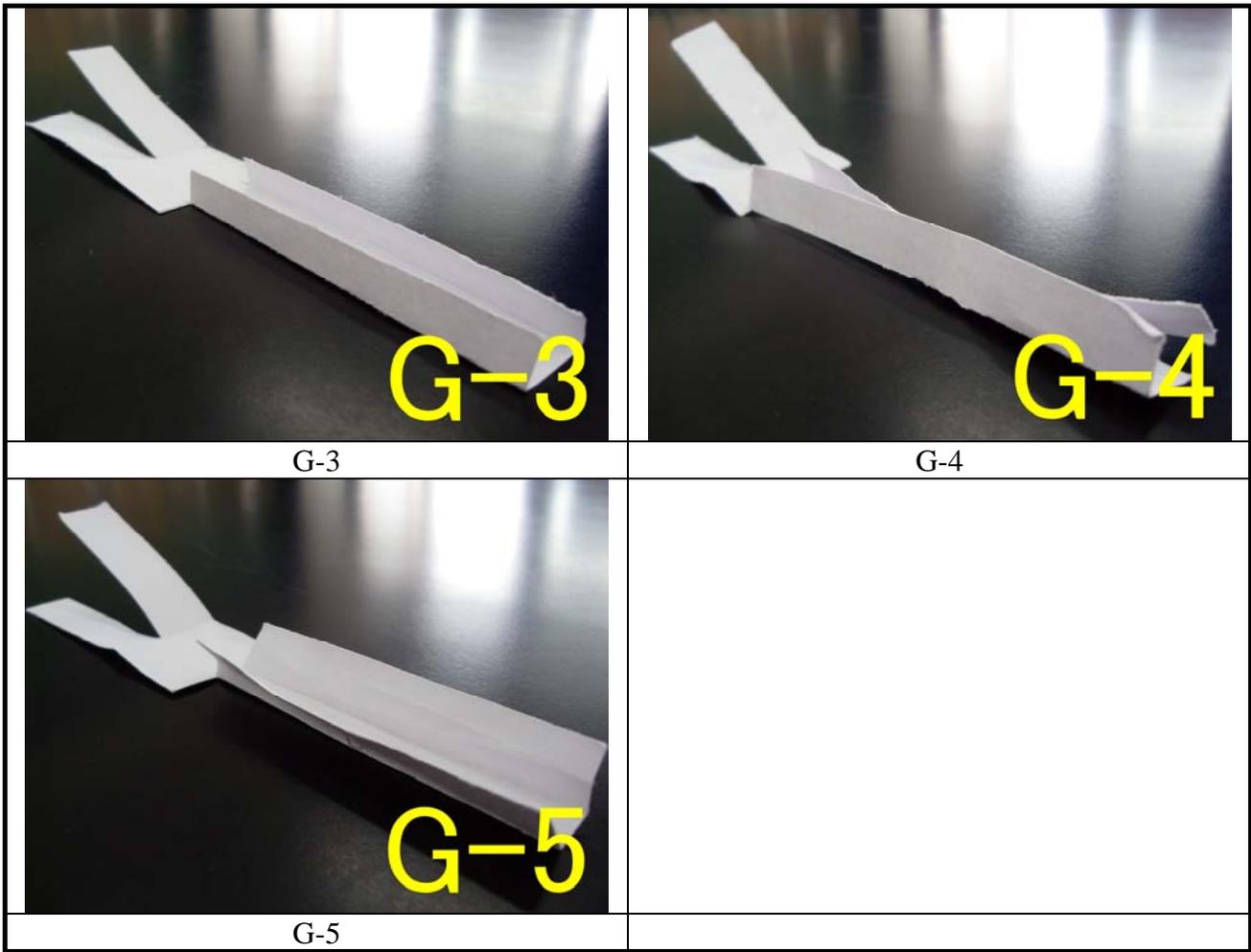
附錄三：實驗二各紙蜻蜓造型



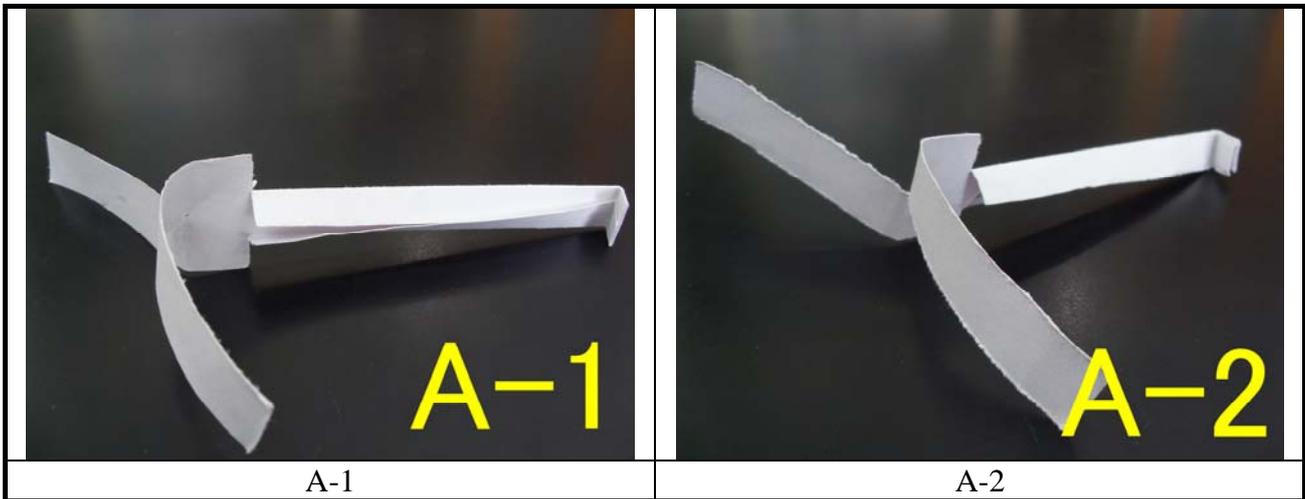


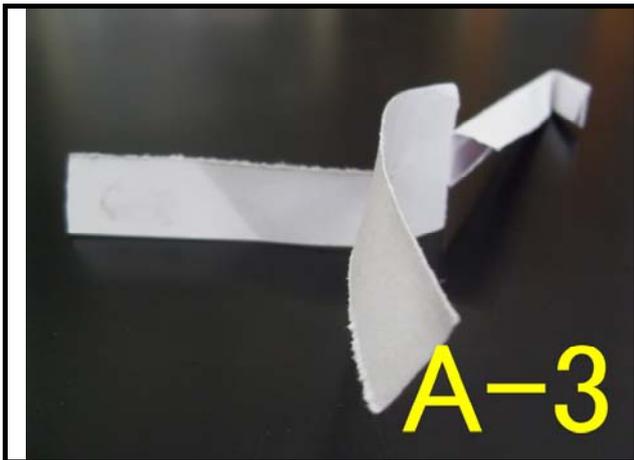
附錄四：實驗三各紙蜻蜓造型



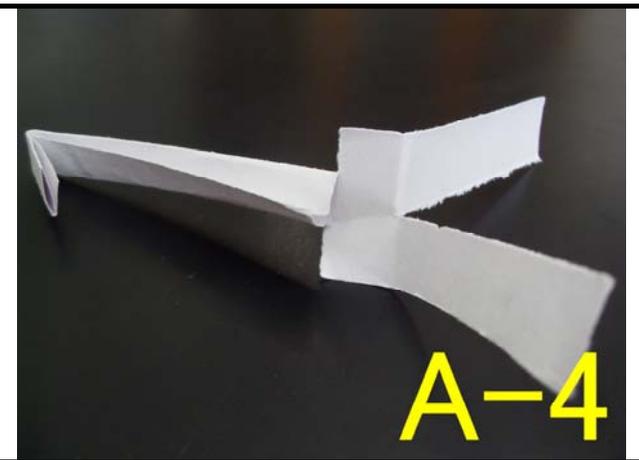


附錄五：實驗四各紙蜻蜓造型

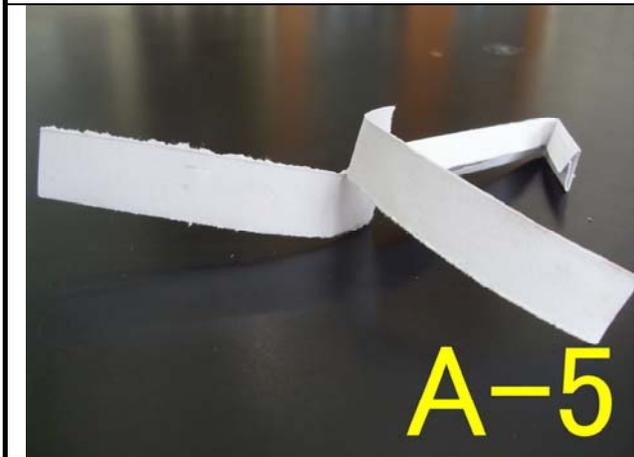




A-3



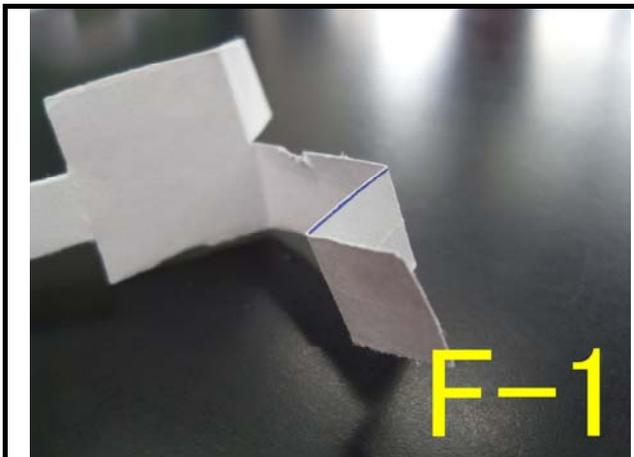
A-4



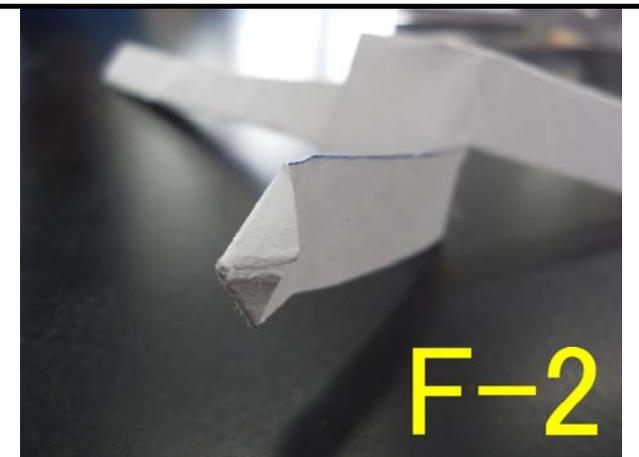
A-5



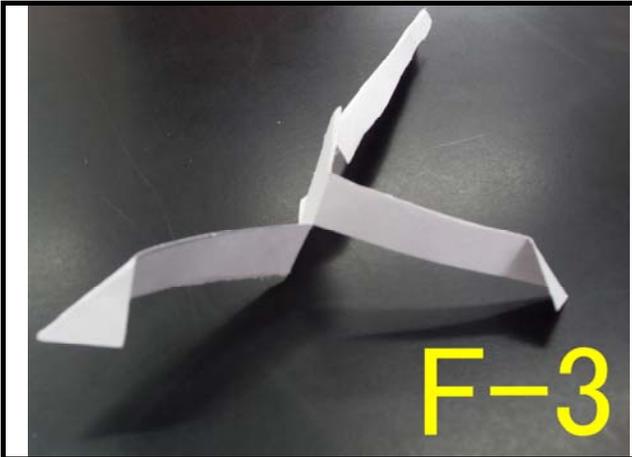
附錄六：實驗五各紙蜻蜓造型



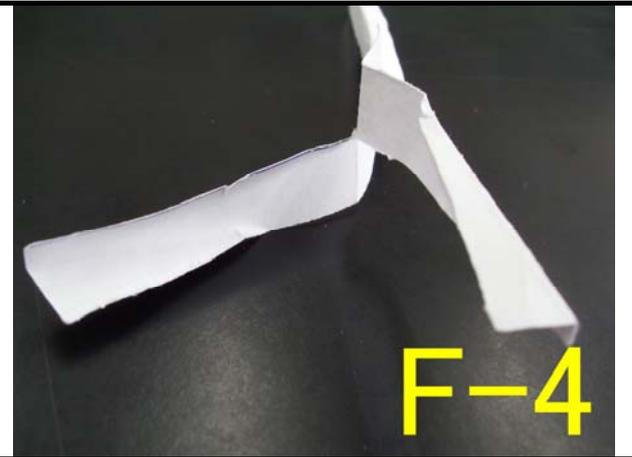
F-1



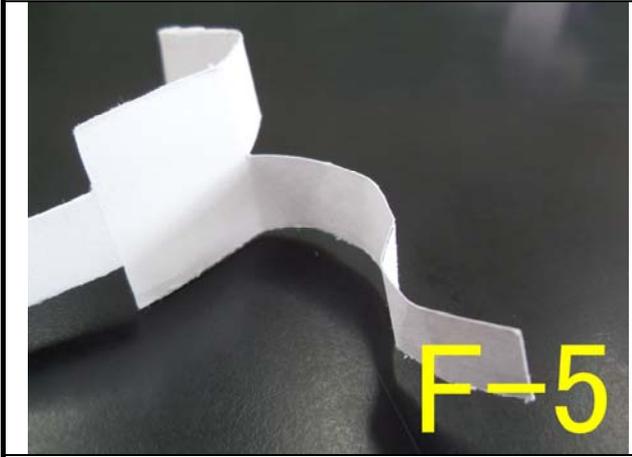
F-2



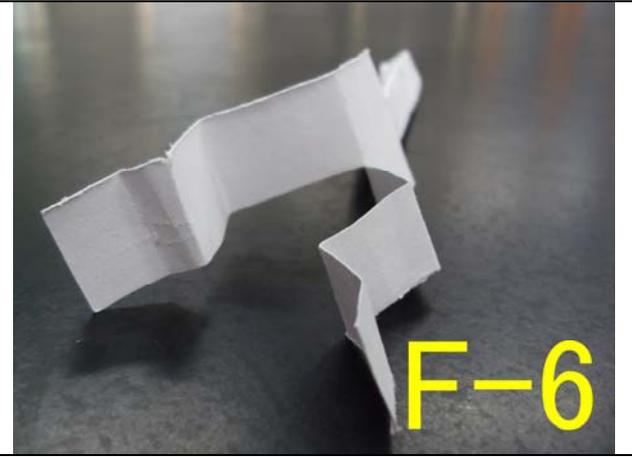
F-3



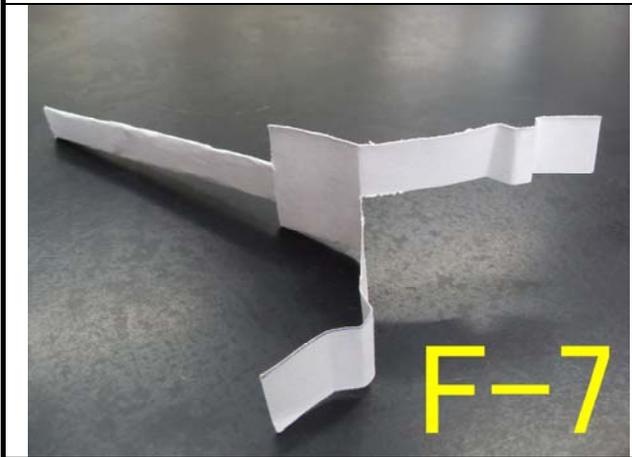
F-4



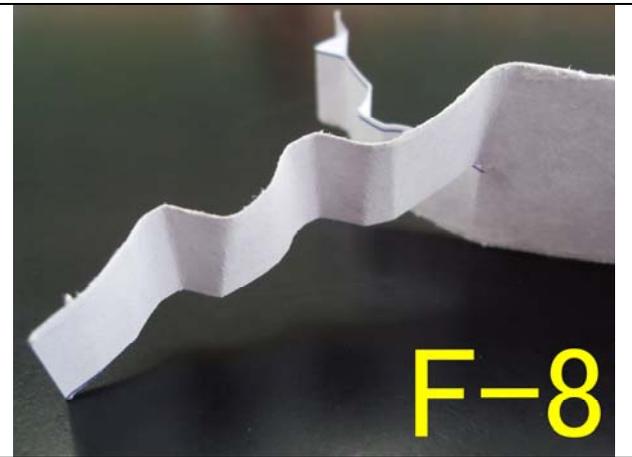
F-5



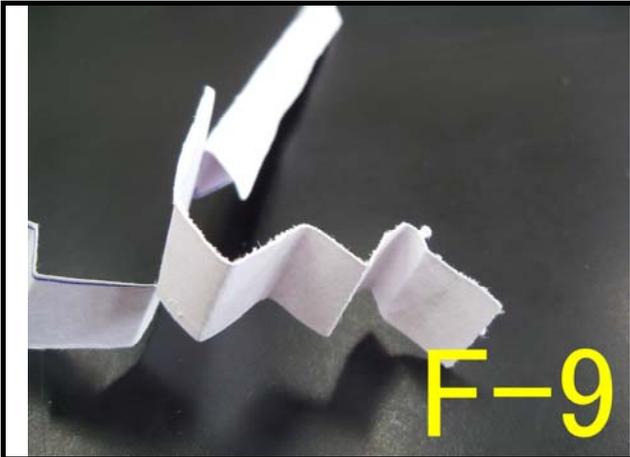
F-6



F-7



F-8



F-9

【評語】 080122

科學目的及實驗過程簡潔明瞭，唯由於實驗變因控制的不夠確實，使得結論稍顯薄弱，可再加強。