

樹叉爲什麼不會飛——回旋鏢的飛行研究

高小組物理科第一名

台北縣柑林國民小學

作者：潘錫位、鍾光勇

指導教師：邱重賢

一、研究動機

「爲什麼樹叉不會飛？」我們是標準的卡通迷，每天下午回家第一件事情就是先看卡通影片，前些時候有一部「科學小飛俠」的卡通影片裡面的小飛俠用一種武器，很像注音符號中的「ㄨ」，但是威力無窮一丟出去不但惡魔黨壞人死光，而且武器還會自動的飛回來呢！於是我就自己鋸下一個和那武器一模一樣的樹叉用力一丟，噢！它只會往前飛，卻不會回來呀！請教老師這個奇怪的問題後，老師說那武器「回旋鏢」是澳洲土人用來殺獵物用的，「但是爲什麼會飛而且會回來呢？」其中的道理只好大家來研究了。

二、研究問題

- (一)市面上及同學們所有的回旋鏢的構造如何？
- (二)回旋鏢的雙數以及變形的回旋鏢對飛行的影響？
- (三)雙雙回旋鏢的夾角對飛行的影響？
- (四)雙雙回旋鏢雙長度對飛行的影響？
- (五)怎樣正確的使用回旋鏢？
- (六)回旋鏢飛行的原理怎樣？

三、研究器材

- (一)三合板、壓克力板、酒精燈、電熱線。
- (二)計時馬表，皮尺。

四、研究過程

問題一：市面上賣的和同學們所有的回旋鏢有那些？構造如何？

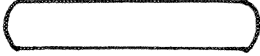
研究方法：首先我們調查同學們所有的回旋鏢，以及體育用品社、商店所賣的回旋鏢，然後加以統計結果。

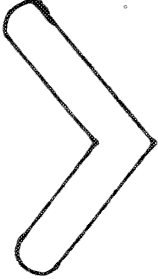
問卷調查結果：共發出了問卷 400 份收回 347 份，表示有回旋鏢的共有 58 人，由這 58 人統計得知，回旋鏢材料以塑膠最多，共 54 人，佔 93 %，型式則全部為雙雙型，雙雙型長度都是等長，而夾角則以 110 度為最多（ 57 % ）其次為 120 度（ 28 % ）再次為 100 度（ 15 % ），由統計中劃出了回旋鏢的構造圖，形狀大小都如圖一。

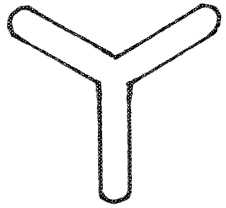
問題二：回旋鏢的雙數對飛行有什麼影響？

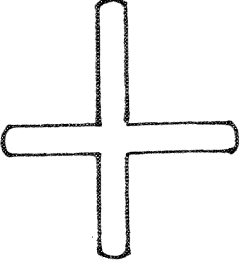
研究方法：比較法。我們請同學們自行設計了各式各樣的回旋鏢。（如設計圖）經過選擇以後，大概可分成單雙型、雙雙型、三雙型及四雙型，並請同學依照各種不同的設計，做出了實物，並且分別試驗。

實驗(一)：

		
單 雙 型	實 驗	結 果
	飛 行 時 間	3 秒
	返 回 起 點 距 離	不 返 回
	逆 強 風 飛 行	2.4 秒
	順 強 風 飛 行	4 秒
堅 固 程 度	使用 100 次 未 壞	

		
雙 雙 型	實 驗	結 果
	飛 行 時 間	6.2 秒
	返 回 起 點 距 離	0.8 公 尺
	逆 強 風 飛 行	2.6 秒
	順 強 風 飛 行	7.1 秒
堅 固 程 度	使用 100 次 未 壞	

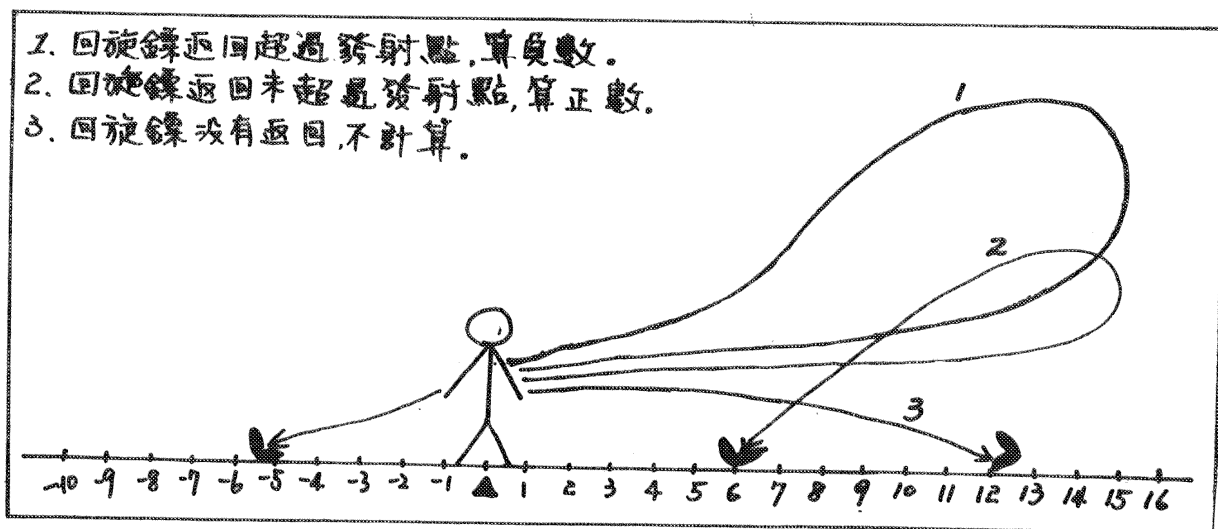
		
三 雙 型	實 驗	結 果
	飛 行 時 間	4.5 秒
	返 回 起 點 距 離	3.4 公 尺
	逆 強 風 飛 行	2.7 秒
	順 強 風 飛 行	3.6 秒
堅 固 程 度	使用 78 次 斷 裂	

		
四 雙 型	實 驗	結 果
	飛 行 時 間	4.7 秒
	返 回 起 點 距 離	4.2 公 尺
	逆 強 風 飛 行	2.1 秒
	順 強 風 飛 行	4.9 秒
堅 固 程 度	使用 54 次 斷 裂	

結果分析：由實驗中，我們發現回旋鏢的飛行和雙數的增多並沒有關係，在以上4種型式當中，以雙雙型飛得最好，而單雙型的當我們用力擲出時，就像一根木頭一樣，一去不回，在返回起點，（發射地點）的比較中，發現只有雙雙型的平均數是負的。（超過發射點）。

回旋鏢的製作過程說明：如照片所附。（略）


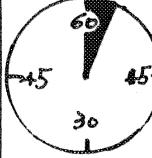


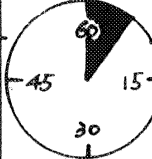


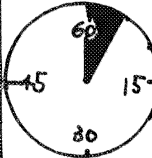

距離測量的標準：



實驗二：變形回旋鏢的飛行。

形狀	重量	飛行時間的記錄			圖	返回起點距離的記錄			圖
1.	一四三克	4.4	3.9	4.2		1.3	2.8	(2.4)	
		4.5	4.2	4.0		1.7	(1.1)	(1.6)	
		4.7	4.3	4.3		1.1	(1.8)	2.7	
		平均	4.3秒			平均	0.7 缺		
2.	一九七克	2.7	2.6	2.6		x	x	x	
		2.4	2.0	2.8		x	x	x	
		2.7	2.6	2.5		x	x	x	
		平均	2.6秒			平均	沒有返回 不計算		
3.	一六八克	2.6	2.5	2.5		x	x	x	
		2.7	2.8	2.6		x	x	x	
		2.7	2.8	2.8		x	x	x	
		平均	2.7秒			平均	沒有返回 不計算		

※“()”者為回旋鏢返回時，超過發射點，算負數。

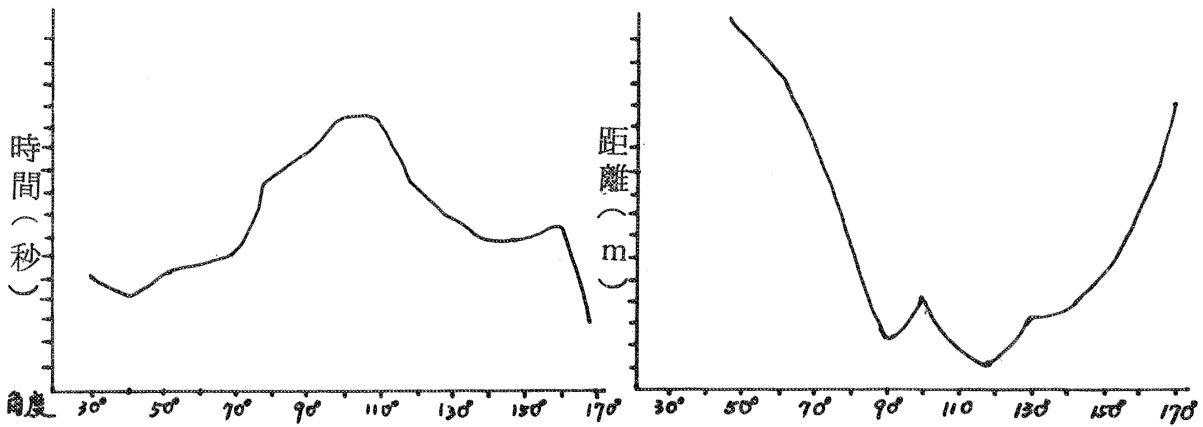
形狀	重量	飛行時間的記錄			返回起點距離的記錄				
4. 	一五五克	3.5	3.3	3.7		7.6	7.3	9.7	
		3.7	3.6	3.5		8.2	7.3	7.6	
		3.3	3.5	3.2		5.4	8.8	6.2	
		平均	3.5秒			平均	7.1公尺		
5. 	一八七克	5.6	5.4	4.9		(2.4)	(3.1)	(1.2)	
		6.1	5.6	5.7		(2.8)	(2.6)	(3.7)	
		5.6	5.8	5.8		(1.7)	(2.6)	(3.1)	
		平均	5.6秒			平均	(2.6公尺)		
6. 	一五四克	4.2	4.4	4.6		1.7	5.4	3.6	
		4.6	4.5	4.0		4.2	2.5	5.1	
		4.1	4.3	4.3		2.8	3.3	4.4	
		平均	4.4秒			平均	3.6公尺		

結果：在各種形狀中，以第一種及第五種表現較好，尤其是第五種，飛行時間是5.6秒，返回起點也是負數，其它各種雖會飛行，但效果不好，且容易發生意外。

問題三：雙雙回旋鏢夾角的大小對飛行的影響？

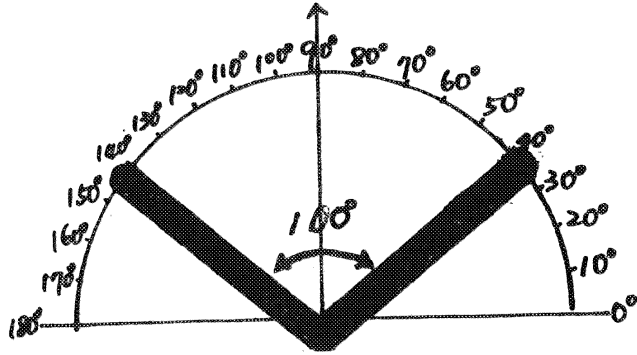
研究方法：比較分析法。實驗設計：採基本雙雙型，夾角自30度到170度，每隔10度做一個回旋鏢，分別試驗飛行，記錄如下圖：

夾角 度	不同夾角的飛行時間(單位:秒)														不同夾角的飛行距離(單位:公尺)																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	平均	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	平均	
30°	25	23	22	26	21	19	24	29	24	22	23	24	21	26	24	沒有返回不計算															
40°	22	24	23	26	25	25	25	22	22	21	20	19	24	23	23	沒有返回不計算															
50°	27	26	28	30	25	22	26	24	21	26	28	26	27	27	30	沒有返回不計算															
60°	28	29	29	31	34	32	30	28	27	31	29	31	28	28	34	8.8	8.2	7.1	9.6	8.7	9.2	8.3	8.1	6.4	7.3	6.8	8.1	8.3	8.7	8.1	
70°	32	33	33	32	33	36	37	31	29	34	33	34	37	31	47	6.6	6.4	5.8	6.3	5.2	5.8	6.7	7.3	6.1	7.2	7.2	6.3	6.2	6.1	6.4	
80°	46	48	53	44	48	42	47	47	46	51	52	48	46	51	53	3.5	3.2	3.8	3.7	4.1	2.9	3.6	3.1	3.0	4.2	3.5	3.5	3.6	3.7	3.5	
90°	53	52	53	51	52	58	58	58	58	61	52	53	54	56	55	62	1.7	1.6	0.6	0.8	0.9	2.1	1.7	1.2	0.7	0.3	0.2	1.6	1.4	1.8	1.2
100°	62	65	58	61	63	69	74	56	63	62	61	58	63	66	59	0.4	0.8	1.1	0.9	1.5	2.1	2.3	2.3	2.4	3.6	3.8	1.6	1.9	2.7	2.2	
110°	58	59	59	61	64	59	56	62	63	59	61	58	57	56	59	1.2	1.5	2.1	1.4	0.7	0.8	0.6	0.5	1.1	1.2	0.9	0.7	1.2	1.1	1.0	
120°	49	48	47	47	43	42	46	49	53	55	56	57	59	44	47	0.4	0.8	1.1	0.3	0.5	0.6	0.6	0.8	0.7	0.4	0.4	0.2	0.3	0.9	0.5	
130°	47	43	46	52	41	50	48	44	44	47	48	43	59	44	46	1.6	1.4	1.5	1.5	1.6	1.2	0.8	1.1	1.9	2.2	2.1	1.6	2.3	2.1	1.6	
140°	42	44	46	39	41	42	42	39	46	48	42	43	47	46	43	1.8	1.7	1.9	1.9	2.2	1.5	1.6	1.2	1.8	1.6	1.7	0	1.6	1.7	1.6	
150°	39	39	32	37	33	41	43	44	42	44	38	37	39	37	39	3.3	2.2	2.1	1.9	2.3	2.5	3.1	3.3	2.4	2.2	2.8	3.1	2.4	2.0	2.5	
160°	41	42	48	39	37	44	38	33	36	41	42	44	37	36	41	2.8	2.9	3.1	3.3	3.1	2.9	3.6	2.7	2.8	3.1	3.3	3.2	3.6	3.0	3.1	
170°	25	22	26	31	34	25	23	26	22	26	26	28	21	26	24	5.6	5.1	4.7	5.2	5.4	5.8	4.9	5.3	5.5	5.6	5.7	5.9	6.3	6.1	5.5	



結果：由記錄歸納可得到一個結果，如下邊的統計圖，一回旋鏢最適合飛行的角度是100度和110度，在這角度的前後，飛行結果都愈小，（或愈大）愈差。

最適合飛行的角度



問題四：雙刃回旋鏢，刃長度對飛行的影響？

研究方法：實驗，比較，回旋鏢型式採雙刃型，夾角 100 度記錄

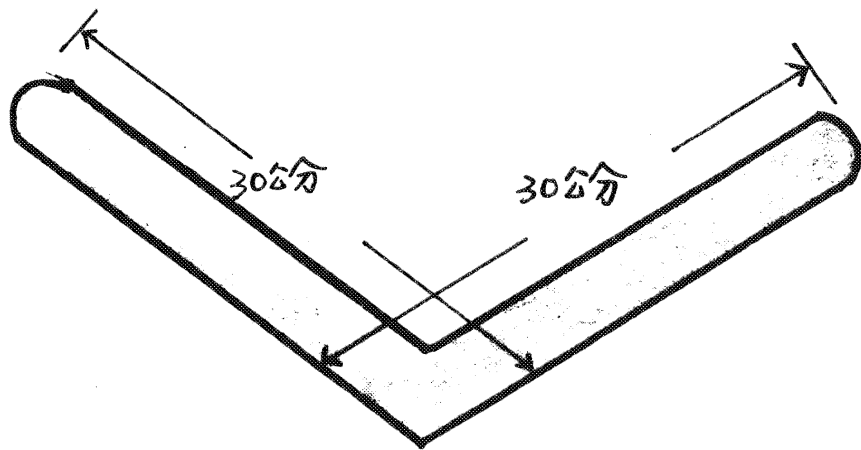
如下：

回旋鏢雙刃長度比例不同對飛行的影響。

(長度單位：公分，時間單位：秒)

雙刃長度比例相同的飛行記錄														雙刃長度比例不一的飛行記錄															
翼長		飛行時間							飛行距離					翼長		飛行時間							飛行距離						
10	10	27	26	21	23	24	25	未返回，不計算					30	10	16	21	18	07	14	12	未返回，不計算								
15	15	26	28	29	23	23	27	未返回，不計算					30	15	16	18	23	25	25	21	未返回，不計算								
20	20	31	33	36	34	38	35	47	48	5.2	3.3	4.2	5.8	4.4	30	20	47	39	42	43	45	43	未返回，不計算						
25	25	54	53	56	52	61	55	3.2	3.3	3.8	4.4	2.9	2.8	3.4	30	25	58	58	61	61	49	56	3.7	2.8	0.8	1.1	0.9	0.9	1.4
30	30	75	78	67	74	71	73	2.1	1.6	0.8	1.1	0.9	1.3	0.	30	30	74	75	76	76	73	74	0.6	0.9	1.1	0.4	0.7	0.9	0.5
35	35	76	79	81	73	69	76	1.2	0.9	2.3	0.6	1.4	2.2	1.1	30	35	68	62	61	57	63	60	1	2.1	1.6	0.8	1.9	0.5	1.4
40	40	62	62	66	58	67	63	6.7	6.4	6.6	5.1	6.1	7.2	6.4	30	40	46	41	33	27	38	5.3	5.2	5.1	2.9	3.6	4.4	4.4	
45	45	53	58	56	57	42	54	9.6	9.7	9.3	9.2	9.2	9.8	9.5	30	45	28	28	34	32	32	30	未返回，不計算						
50	50	36	31	37	35	32	34	未返回，不計算					30	50	23	26	27	3.1	2.2	2.6	未返回，不計算								

最好的雙長
度是30公分
雙長的比例:1:1



結果：由上面記錄中我們明白了——回旋鏢雙刃的長度以30公分和35公分的最佳，不但飛行的時間較久，返回起點的距離成負數，而且飛得很穩，但我們卻認為30公分較佳的原因可能和我們的力量不大有關，而且雙刃長度比例不同中，卻發現雙刃長度相同的飛行最好，飛行成功率在90%以上，其它的飛起來就像喝醉酒的老公公一樣，偏來偏去，很快就摔倒在地上。

各種回旋鏢飛行路線：

實驗一		實驗三			實驗四		實驗五	
雙手	單手	30°	40°	50°	10:10	15:15	30:10	30:15
3 羽	4 羽	60°	70°	80°	20:20	25:25	30:20	30:25
實驗二		90°	100°	110°	30:30	35:35	30:30	30:35
		120°	130°		40:40	45:45	30:40	30:45
		140°	150°					
		160°	170°					

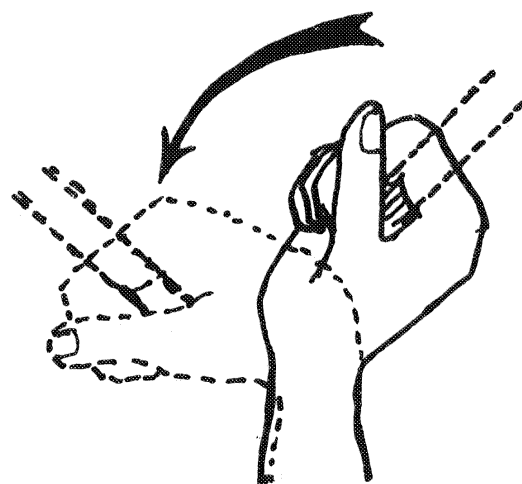
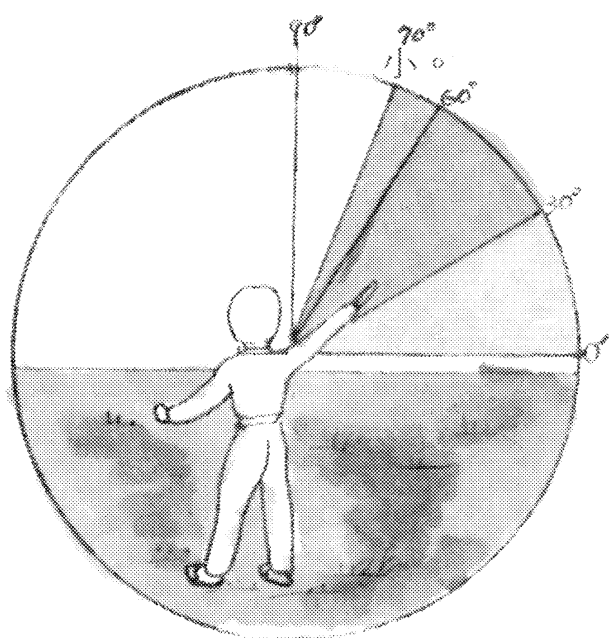
各種回旋鏢飛行路線

問題五：怎樣正確的使用回旋鏢？

研究方法：試驗法這是我們感到最頭痛的地方因為回旋鏢的投擲沒有辦法用機器發射，它必須靠人的力量射出因此沒有辦法使每一次的投擲力量和角度都相同，（就算用機器每一次投擲的力量也不一定相同）。因此我們只有用五位同學天天練習連續三個月，使他們每一次投擲的力量和方向都一樣後，才做試驗。我們使用的回旋鏢是雙叉型，叉各長 30 公分，夾角 110 度長久的投擲後他們的心得是：

- (一)回旋鏢和風速的關係：在強風中不適合飛行中度風速是和發射手臂和身體成 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 的夾角飛行的最好弱風中角度成 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 之間，無風的時候水平比較好。

- (二)投擲力量與飛行關係：回旋鏢的飛行與投擲力量的大小關係並不重要，重要的是出手那一剎那手腕必須用力向下扣使鏢能高速的旋轉。
- (三)雙橫斷面對飛行的影響：若要使回旋鏢爬升快一點則將雙的前面做高一點要爬升得慢些則前緣磨低一點。
- (四)怎樣調整平面回旋鏢使飛得更好。大部分回旋鏢是塑膠做的鏢體成平面因此要將雙烤熱後彎成電風扇葉般才能飛行，要爬升快就彎的多些相反就要少些。
- (五)雙和水平面的夾角對飛行半徑的影響：要回旋鏢在空中繞的圓圈大則雙完全是水平若要圓圈小則將前面翹的愈高圓圈愈小。



問題六：回旋鏢飛行的原理是怎樣？

回旋鏢為什麼會飛行呢爲了要了解這原因老師把鏢雙橫切下來然後在前緣則貼上一條線的一端繞過雙上層，一端繞下層最後在雙後緣一齊把線剪掉發現上層的線比下層長1公分於是我們知道空氣在雙前緣被分開成兩半在雙後方會合但是上層的空气經過路線較長下層較短再由水流實驗中得知速度愈快壓力愈小所以雙上方壓力小下方壓力大，因此回旋鏢才會飛起來。這一點和飛機

一模一樣。

五、結果和討論

(一)綜合了以上所有實驗我們終於明白「樹叉不會飛的原因」

1. 橫斷面的不同樹是○形回旋鏢是▲形。

2. 叉的大小不同：樹叉的雙叉不同大小而回旋鏢的雙叉大小相同。

3. 叉的夾角不同：樹叉的夾角大都 50° 而回旋鏢的夾角是 100° - 110° 。

4. 重量分佈不同：樹叉的雙叉有大小有痕跡所以重量不平均飛行時重心不穩，而回旋鏢不會有這種現象。

(二)由實驗一的結果中我們得到叉數的增加並不會使飛行效果提高也就是叉數多並不會使得回旋鏢獲得更大的上昇力量反而因為增加了重量而減低飛行效果這個結果也解決了我心中的疑問為什麼電風扇葉只有3，4片。

(三)由實驗二變形的回旋鏢飛行中得知：回旋鏢的飛行效果好壞要看鏢本身的重量分佈是不是平均平衡在試飛中我們觀察到過度的變形使得鏢飛行時歪歪斜斜，也很少回旋的現象。

(四)由實驗三的結果中分析得到回旋鏢雙叉的夾角大小對飛行的影響極大且角度愈小或愈大飛行效果愈差而在 100° - 110° 時最佳。

(五)由實驗四結果歸納後知道回旋鏢叉長30公分最佳且甲乙二叉的比例以1：1最好關於叉長的我們以為可能和我們年紀小力量不大有關。

(六)投擲了將近三個月的經驗告訴我們使用回旋鏢時發射角以 70° - 60° 之間最佳出手時手腕必須向下扣而要修改飛行路線就要將叉面或傾斜度更改。

(七)回旋鏢飛行的原理和飛機一樣主要是利用空氣的上昇浮力而回旋鏢雙叉的傾斜是相對的方向和竹蜻蜓一樣可以雙叉受平等的浮力而上升。

評語：研究工作確實，具週延性，實驗結果符合基本原理，表達能力良好，對問題解答，切題而中肯。