

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學科(一)

082813

舞動「迴」旋——迴力鏢飛行能力與迴力效果之
探究

學校名稱：屏東縣林邊鄉林邊國民小學

作者： 小六 陳柔菲 小六 劉昱妍 小六 黃品茹 小六 林書緯 小六 鄭如茵	指導老師： 曾啟瑞 高嘉鴻
---	-----------------------------

關鍵詞：迴力鏢、飛行能力、迴力效果

摘要

本研究欲探究迴力鏢的飛行能力與迴力效果，並將其飛行能力區分為：滯空時間與飛行距離兩項。我們的研究發現：影響迴力鏢滯空時間、飛行距離、迴力效果，最重要的因素是「重量」、「翼面長度」、「翼面夾角」：「重量」越重，「翼面夾角」為 90 度時，迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果越佳；「翼面長度」越短、「翼面重量」越重，則迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果越佳；「翼面寬度」越寬、「翼面長寬比」比值越小，則迴力鏢的飛行距離越遠；而迴力鏢外型對迴力鏢的飛行能力、迴力效果沒有顯著影響，但 V 型迴力鏢是飛行能力、迴力效果最差的迴力鏢。由此可知：重量越重、翼面長度越短、翼面重量愈重的迴力鏢，其飛行能力與迴力效果最佳。

一、 研究動機

有一天，我正在家裡看著電視裡的「火影忍者」卡通，突然出現了一種很酷炫的武器——風魔手裡劍，射出去竟可以再飛回來。這激起了我的好奇心，想知道世界上到底有沒有「射出去可以再飛回來」的武器，就想到了迴力鏢。為了想更瞭解迴力鏢，於是我到班上邀約了幾位好朋友，一起組成了迴力鏢研究小隊，看書並上網查詢了迴力鏢相關資料，並以「迴力鏢」做為這次參加科展的題材。

二、 研究目的

基於以上的研究動機，本研究將探討：迴力鏢之外型；相同重量迴力鏢之重量；翼面之長度、寬度與重量，對迴力鏢的滯空時間、飛行距離與迴力效果所產生的影響。所以，我們的研究目的有：

- (一) 探討相同外型之迴力鏢，「重量」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果
- (二) 探討相同紙質之迴力鏢，「翼面外型」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果
- (三) 探討相同紙質、外型之迴力鏢，「翼面長度」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果
- (四) 探討相同紙質、外型之迴力鏢，「翼面寬度」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果
- (五) 探討相同紙質、外型之迴力鏢，「翼面重量」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果

三、 研究設備及器材

本研究製作迴力鏢時，使用到的材料有：300P 白銅紙、500P 白銅紙、1000P 白銅紙、四開襯卡、重力型多功能釘書機、鋼製直尺、量角器、剪刀、美工刀、透明膠帶、膠帶檯、電工膠帶。

而在進行迴力鏢拋擲實驗時，使用到的量測器材有：防水捲尺兩個、手機 APP--碼表、手機 APP--相機。以下為本研究之迴力鏢製作流程，迴力鏢成品製作與相關實驗器材介紹：
V 型、L 型、三葉型、十字型、五葉型迴力鏢之製作流程：



先用直尺在紙上畫出 2 個至 5 個寬度一樣的長方形



接著使用美工刀將 2 個到 5 個長方形一一割下



割出切口當卡榫，然後將 2 個到 5 個長方形接合起來



使用量角器量出 L 型小夾角 90 度、V 型小夾角 120 度、三葉型的夾角 120 度、四葉型夾角 90 度、五葉型夾角 72 度



接著使用透明膠帶，將切口交接處黏貼緊實



最後用訂書針將各個切口固定，以免拋擲後產生位移

(二)我們以電子料理秤，量測不同紙質製成之不同外型迴力鏢，其量測過程如下圖，量測之重量如表 1 所示：



使用三箭牌墊子料理秤，可量測 3 公斤以內重物

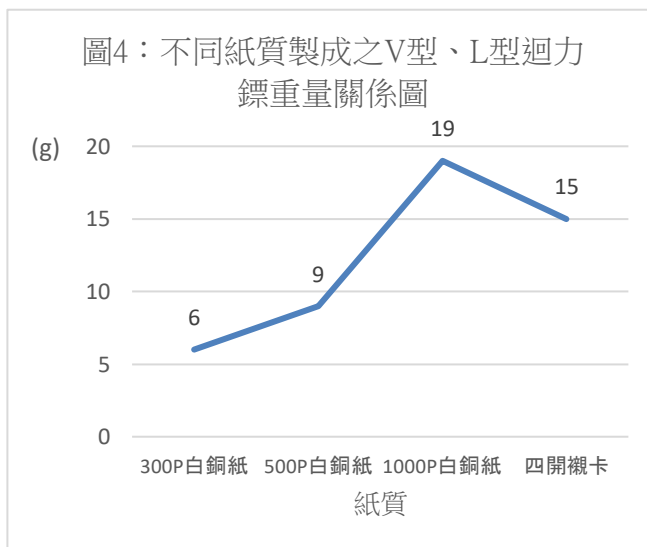
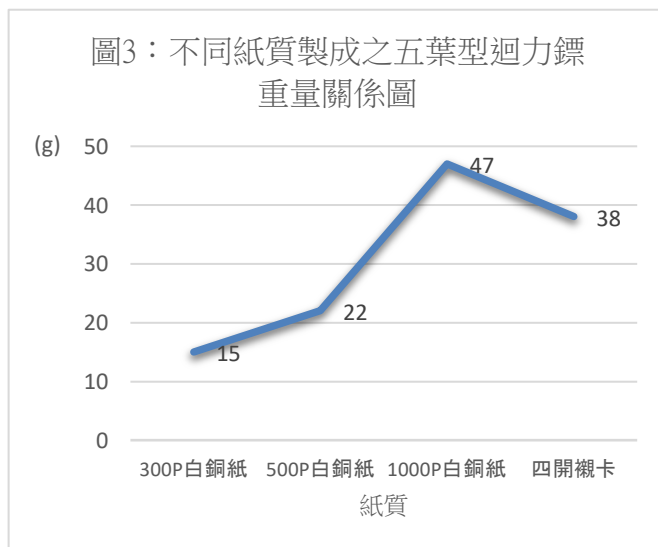
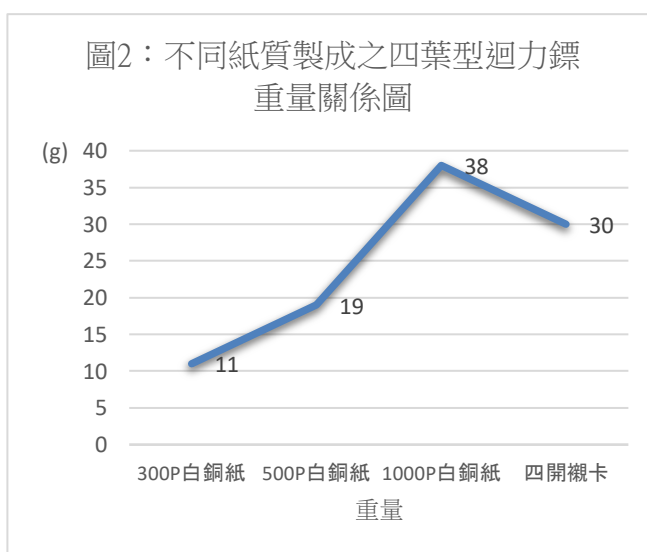
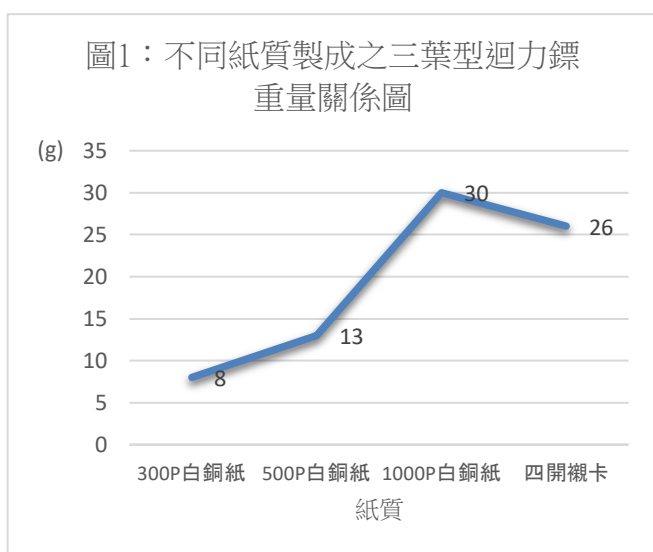


將需量測之迴力鏢至於料理秤上頭，測量學生將數據報讀給記錄學生

表 1：不同外型迴力鏢之重量統計表

紙質	三葉型迴力鏢	四葉型迴力鏢	五葉型迴力鏢	V 型迴力鏢	L 型迴力鏢
300P 白銅紙	8	11	15	6	6
500P 白銅紙	13	19	22	8	9
1000P 白銅紙	30	38	47	19	19
四開襯卡	26	30	38	15	15

(單位：g)

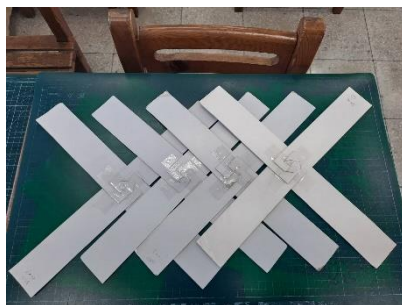


(三)不同外型之迴力鏢：

以下五張照片，由左到右依序均為：300P 白銅紙、500P 白銅紙、1000P 白銅紙、四開襯卡製成之不同外型迴力鏢



三葉型迴力鏢



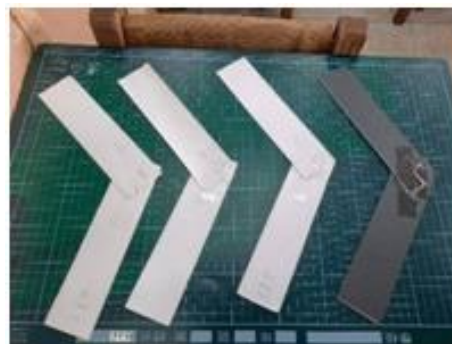
四葉型迴力鏢



五葉型迴力鏢

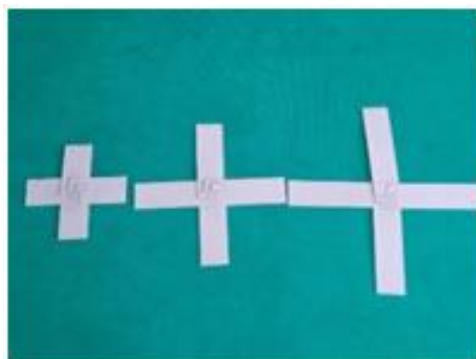


L 型迴力鏢



V 型迴力鏢

(四)翼面長度不同之四葉型迴力鏢，全部寬度均為 5 cm，由左到右依序：長度 10 cm、長度 15 cm、長度 20 cm：



(五)翼面寬度不同之四葉型迴力鏢，全部長度均為 20 cm，由左到右依序：寬度 2.5 cm、寬度 5 cm、寬度 7.5 cm：



(六)從翼面重量不同之四葉型迴力鏢重量量測照片發現：未貼上電工膠帶翼面重量為 0g，貼上一層電工膠帶翼面重量為 1g，貼上兩層電工膠帶翼面重量為 2g；貼上三層電工膠帶翼面重量為 3g。



未貼上電工膠帶時，四葉型迴力鏢重 38g



貼上一層電工膠帶時，四葉型迴力鏢重 39g



貼上二層電工膠帶時，四葉型迴力鏢重 40g



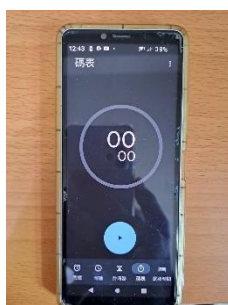
貼上三層電工膠帶時，四葉型迴力鏢重 41g

(七)實驗測量器材與操作步驟說明：

我們在寒假期間，於學校「操場南跑道的起跑點」進行迴力鏢拋擲實驗。取得全國決賽的參賽權後，深感操場南跑道的起跑點三面空曠，只有一面有建築物遮蔽，但一樓打通無法遮住南面吹來的風，並不適合迴力鏢拋擲實驗。於是，我們就到學校四樓禮堂試擲迴力鏢，迴力鏢竟射到了禮堂的天花板，發現這也不是一個合適的場地。所以，我們選擇了西面、南面有教學大樓遮擋，東邊有菩提樹減低風力吹拂的影響：**躲避球場角落**，進行我們的迴力鏢拋擲實驗。



防水捲尺



手機 APP-碼表



拋擲者先站在躲避球場最角落，手執迴力鏢



觀測最遠點距離之同學，與記錄實驗數據之同學，在教學大樓 2 樓就定位



拋擲同學以 90 度垂直拋擲迴力鏢後，最遠點距離觀測同學告知地點

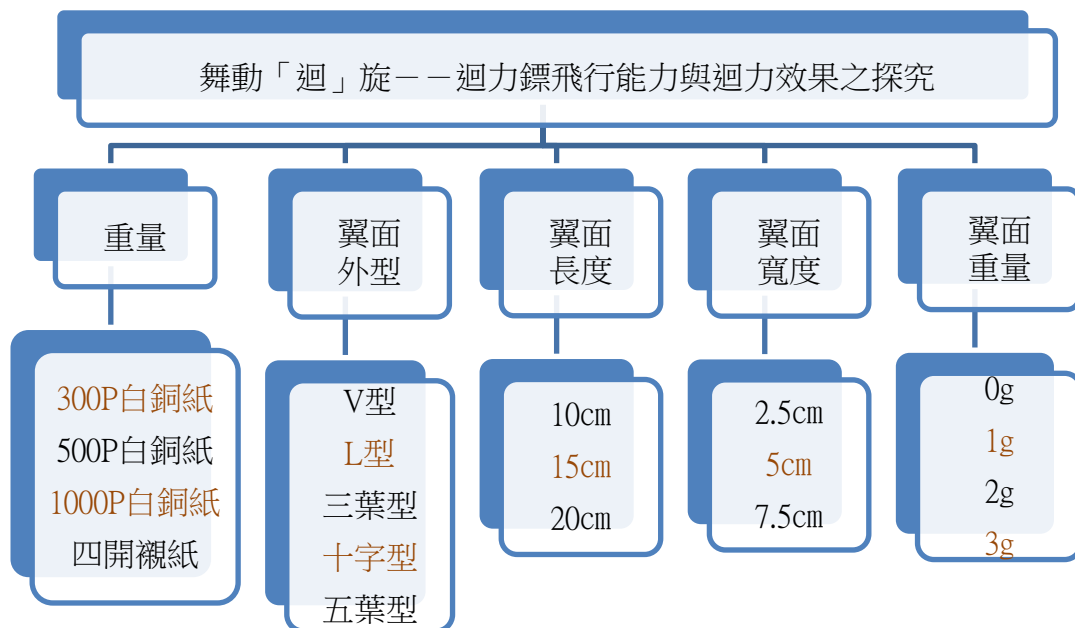


兩位量測同學，一位與拋擲同學合作，量測最遠點距離；另一位與最遠點距離量測者合作，量測最遠點與落點距離。量測同學並將量測之數據大聲報給記錄同學

四、 研究過程與方法

針對前述研究目的，我們一共設計了五項實驗。以下為我們每一項實驗的記錄、結果分析與討論，以瞭解影響迴力鏢滯空時間、迴旋距離的因素有那些。

基於上述的研究目的，我們完成了以下的研究架構圖：



以下為本研究的名詞釋義：

- (一)滯空時間：從拋擲同學將迴力鏢拋擲出手時起算，到迴力鏢落地時截止之時間。
- (二)飛行距離：從拋擲同學拋擲處起算，到迴力鏢飛行最遠點之直線距離，即統計表中之「最遠點與起點的直線距離」，統計圖中以「飛行距離」簡稱之。
- (三)迴力效果：從迴力鏢拋擲之最遠處起算，至迴力鏢落地點之直線距離，即統計表中之「落點與最遠點的直線距離」，統計圖中以「迴力效果」簡稱之。

【實驗一】 探討研究目的一之：相同外形之迴力鏢，「重量」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果

(一)研究假設：依照我們過去丟擲紙飛機的經驗，重量越輕的紙張，無法承受丟擲的力道，會產生不平整的面向，導致飛行距離降低。所以，相同外型之迴力鏢，若其**重量越輕**，顯示越無法承受拋擲的力道，所以其滯空時間越短、飛行距離越短，且產生的向心力也越小，迴力效果亦越差。反之亦然：因為 300P 白銅紙的重量最輕，所以滯空時間最短、飛行距離最短；迴力效果最差；1000P 白銅紙最重，所以滯空時間最長、飛行距離越長、迴力效果最佳。

(二)實驗器材：使用三葉型、四葉型、五葉型、V 型、L 型迴力鏢，各以 300P 白銅紙、500P 白銅紙、1000P 白銅紙、四開襯卡製成；防水捲尺、手機--碼表 APP、手機--照相 APP。

(三)實驗步驟：

1. 拋擲學生站於跑道起跑點，手執以 300P 白銅紙、500P 白銅紙、1000P 白銅紙、四開襯卡製成的三葉型迴力鏢之末端尾翼，以 90 度由上往下垂直拋擲。
2. 聽從記錄學生口令，數 1-2-3 後，拋擲學生才能拋擲。
3. 重量由輕到重，依序拋擲 300P 白銅紙、500P 白銅紙、1000P 白銅紙、四開襯卡之**三葉型迴力鏢**，每種迴力鏢各拋擲 7 次。
4. 測量同學以防水捲尺測量，三葉型迴力鏢之滯空時間、最遠點與起點直線最遠距離、最遠點與落點距離；記錄同學則將數據登載於表格內。
5. 接著依序拋擲**四葉型迴力鏢、五葉型迴力鏢、V 型迴力鏢、L 型迴力鏢**。
6. 實驗記錄：將記錄之 7 次數據輸入 EXCEL，選擇公式 TRIMMEAN，去掉最大值與最小值後，進行統計分析。以下為三葉型、四葉型、五葉型、L 型、V 型迴力鏢的實驗數據統計圖表。

表 2：不同重量製成之三葉型迴力鏢滯空時間統計表

重量	滯空時間七次平均(秒)
300P 白銅紙	1.61
500P 白銅紙	3.75
1000P 白銅紙	3.13
四開襯卡	3.99

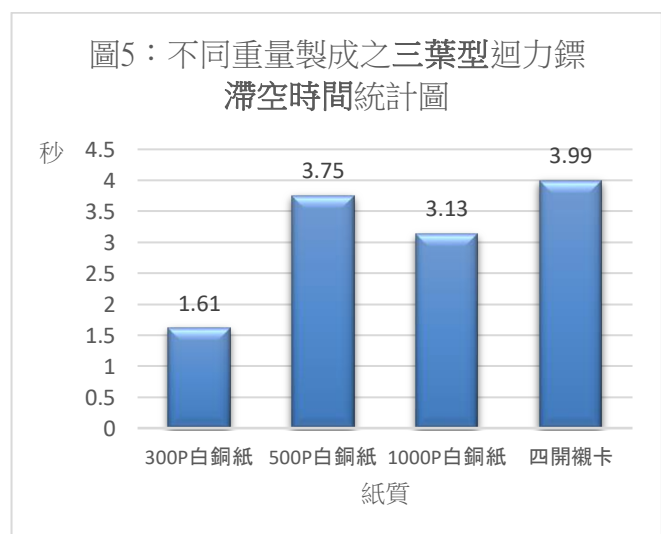


表 3：不同重量製成之三葉型迴力鏢最遠點與起點直線距離統計表

重量	落點與起點直線距離七次平均(cm)
300P 白銅紙	120.6
500P 白銅紙	236.2
1000P 白銅紙	416.6
四開襯卡	790.0

圖6：不同重量製成之三葉型迴力鏢飛行距離統計圖

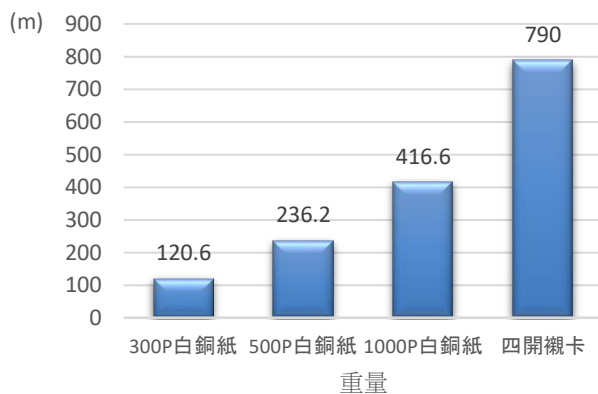


表 4：不同重量製成之三葉型迴力鏢落點與最遠點直線距離統計表

重量	落點與最遠點的直線距離七次平均(cm)
300P 白銅紙	103.8
500P 白銅紙	296.8
1000P 白銅紙	655.2
四開襯卡	435.4

圖7：不同重量製成之三葉型迴力鏢迴力效果統計圖

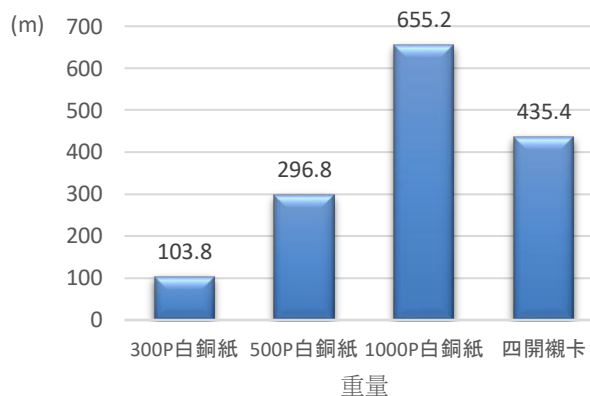


表 5：不同重量製成之四葉型迴力鏢滯空時間統計表

重量	滯空時間七次平均(秒)
300P 白銅紙	2.18
500P 白銅紙	2.51
1000P 白銅紙	4.44
四開襯卡	3.45

圖8：不同重量製成之四葉型迴力鏢滯空時間統計圖

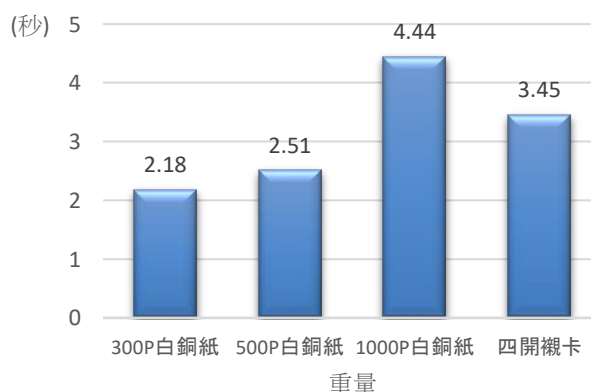


表 6：不同重量製成之四葉型迴力鏢最遠點與起點直線距離統計表

重量重量	落點與起點直線距離七次平均(cm)
300P 白銅紙	201.4
500P 白銅紙	171.2
1000P 白銅紙	753.0
四開襯卡	593.8

圖9：不同重量製成之四葉型迴力鏢飛行距離統計圖

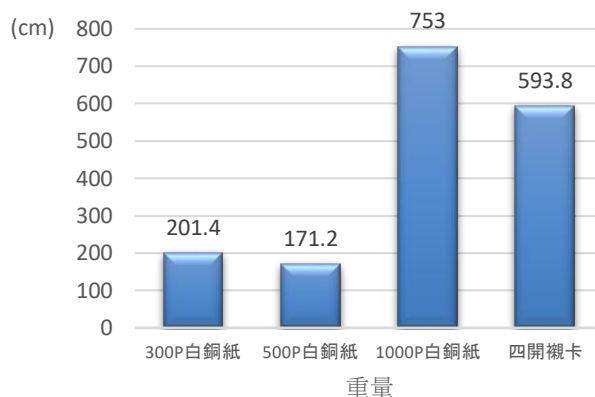


表 7：不同重量製成之四葉型迴力鏢落點與最遠點直線距離統計表

重量重量	落點與最遠點的直線距離七次平均(cm)
300P 白銅紙	75.60
500P 白銅紙	278.60
1000P 白銅紙	651.20
四開襯卡	555.40

圖10：不同重量製成之四葉型迴力鏢迴力效果統計圖

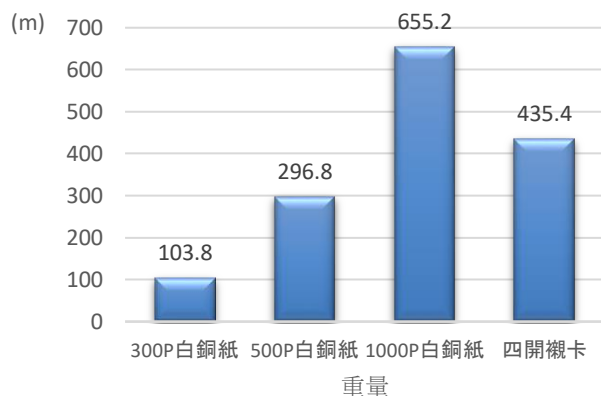


表 8：不同重量製成之五葉型迴力鏢滯空時間統計表

重量重量	滯空時間七次平均(秒)
300P 白銅紙	1.69
500P 白銅紙	2.50
1000P 白銅紙	3.86
四開襯卡	3.86

圖11：不同重量製成之五葉型迴力鏢滯空時間統計圖

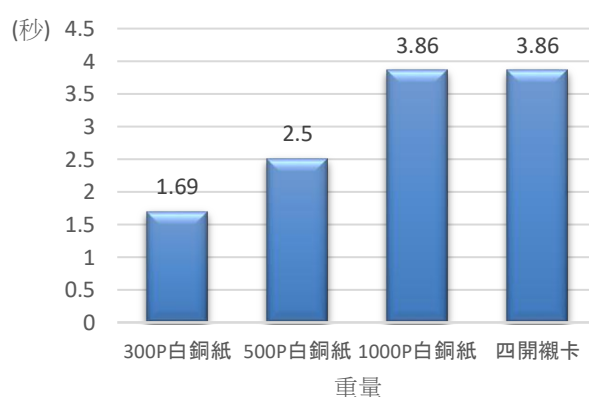


表 9：不同重量製成之五葉型迴力鏢最遠點與起點直線距離統計表

重量	落點與起點直線距離七次平均(cm)
300P 白銅紙	223.8
500P 白銅紙	167.0
1000P 白銅紙	846.6
四開襯卡	619.2

圖12：不同重量製成之五葉型迴力鏢飛行距離統計圖

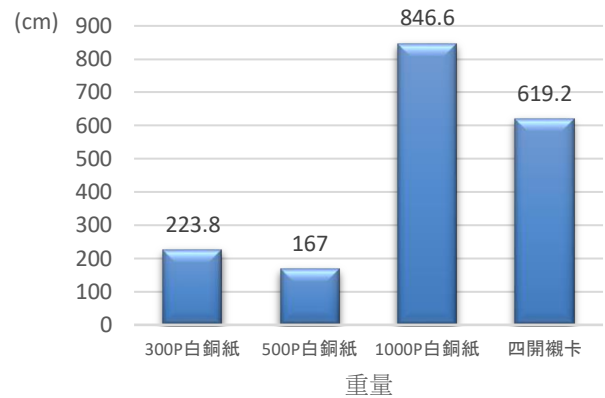


表 10：不同重量製成之五葉型迴力鏢落點與最遠點直線距離統計表

重量	落點與最遠點的直線距離七次平均(cm)
300P 白銅紙	72.2
500P 白銅紙	239.4
1000P 白銅紙	614.2
四開襯卡	595.6

圖13：不同重量製成之五葉型迴力鏢迴力效果統計圖

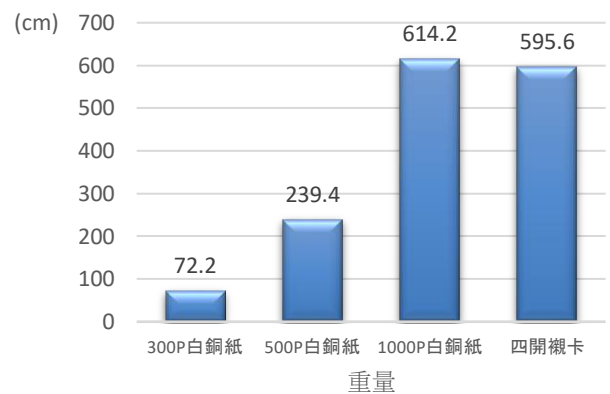


表 11：不同重量製成之V型迴力鏢滯空時間統計表

重量	滯空時間七次平均(秒)
300P 白銅紙	1.18
500P 白銅紙	1.11
1000P 白銅紙	2.70
四開襯卡	2.00

圖14：不同重量製成之V型迴力鏢滯空時間統計圖

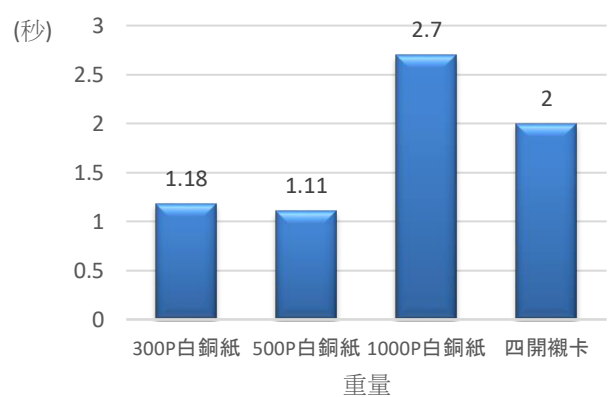


表 12：不同重量製成之 V 型迴力鏢最遠點與起點直線距離統計表

重量	落點與起點直線距離七次平均(cm)
300P 白銅紙	153.2
500P 白銅紙	216.6
1000P 白銅紙	661.0
四開襯卡	482.0

圖 15：不同重量製成之 V 型迴力鏢飛行距離統計圖

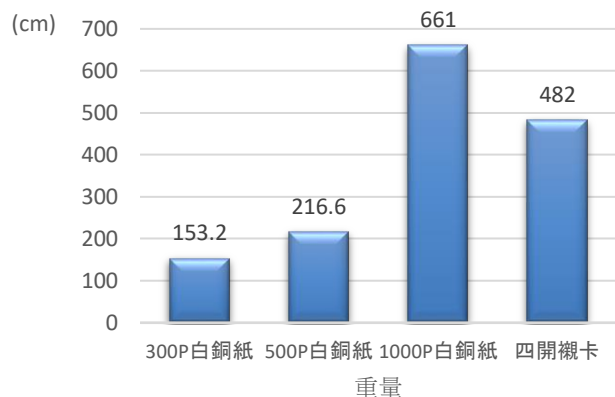


表 13：不同重量製成之 V 型迴力鏢落點與最遠點直線距離統計表

重量	落點與最遠點的直線距離七次平均(cm)
300P 白銅紙	109.8
500P 白銅紙	113.6
1000P 白銅紙	301.6
四開襯卡	240.4

圖 16：不同重量製成之 V 型迴力鏢迴力效果統計圖

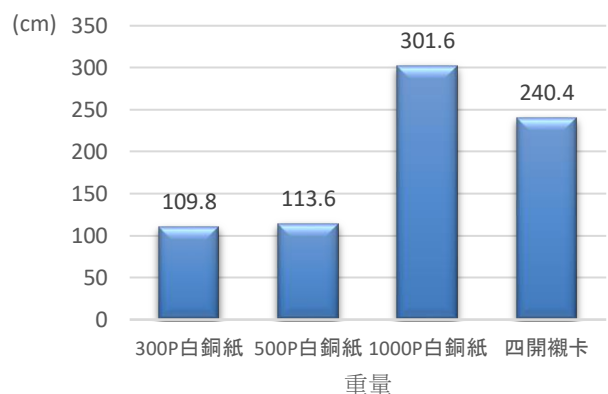


表 14：不同重量製成之 L 型迴力鏢滯空時間統計表

重量	滯空時間七次平均(秒)
300P 白銅紙	1.12
500P 白銅紙	1.49
1000P 白銅紙	3.73
四開襯卡	3.57

圖 17：不同重量製成之 L 型迴力鏢滯空時間統計圖

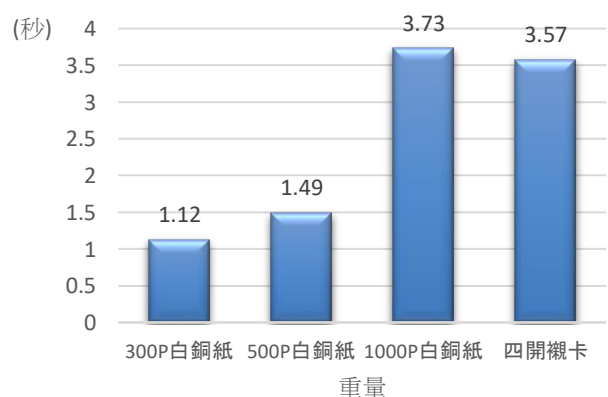


表 15：不同重量製成之 L 型迴力鏢最遠點與起點直線距離統計表

重量	落點與起點直線距離七次平均(cm)
300P 白銅紙	150.6
500P 白銅紙	275.2
1000P 白銅紙	1145.0
四開襯卡	1034.0

圖18：不同重量製成之L型迴力鏢飛行距離統計圖

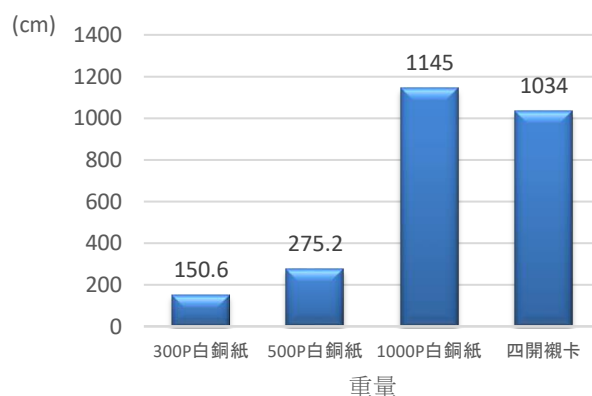
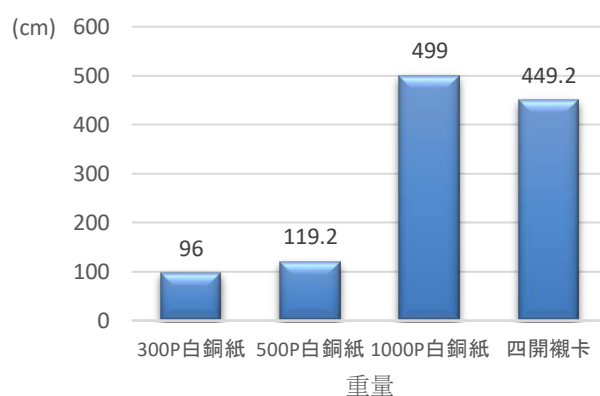


表 16：不同重量製成之 L 型迴力鏢落點與最遠點直線距離統計表

重量	落點與最遠點的直線距離七次平均(cm)
300P 白銅紙	96.0
500P 白銅紙	119.2
1000P 白銅紙	499.0
四開襯卡	449.2

圖19：不同重量製成之L型迴力鏢迴力效果統計圖



【實驗一】探討研究目的二之：相同紙質之迴力鏢，「外型」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果

(一)研究假設：相同重量之迴力鏢，其迴力鏢葉片數越多，它的受力面積就越大，葉片旋轉速率亦越快，所造成的氣動力亦越強，因此迴力鏢的滯空時間越長、飛行距離越遠、迴力效果也會越佳；所以，五葉型迴力鏢的葉片數最多，受力面積最大，葉片旋轉速率最快，所以滯空時間最久、飛行距離越長、迴力效果也最佳；而 L 型、V 型迴力鏢的葉片數最少，受力面積最小，葉片旋轉速率最慢，所以滯空時間最短、飛行距離越短、迴力效果亦最差。

(二)實驗器材：同【實驗一】。

(三)實驗步驟：同【實驗一】。

(四)實驗記錄：將記錄所得之 7 次數據輸入 EXCEL，選擇公式 TRIMMEAN，去掉數據中最大值與最小值後，進行統計分析。以下分別是以相同重量製成之三葉型、四葉型、五葉型、L 型與 V 型迴力鏢的實驗數據統計圖表。

表 17：300P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢滯空時間統計表

外型	滯空時間七次平均(秒)
三葉型	1.61
四葉型	2.18
五葉型	1.69
V 型	1.18
L 型	1.12

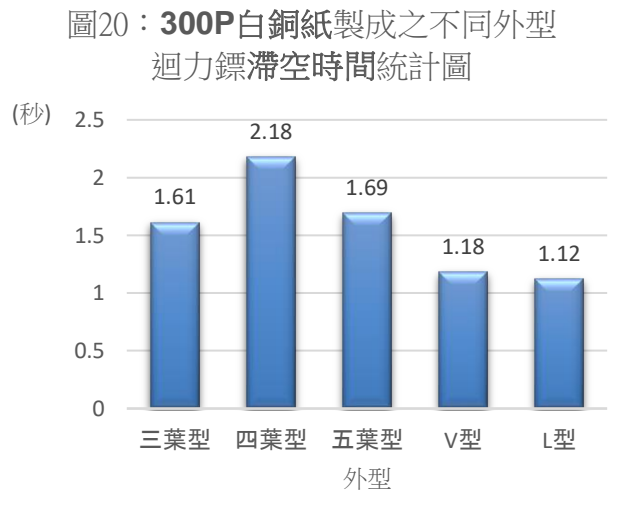


表 18：300P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢最遠點與起點直線距離統計表

外型	落點與起點直線距離平均(cm)
三葉型	120.6
四葉型	201.4
五葉型	223.8
V 型	153.2
L 型	150.6

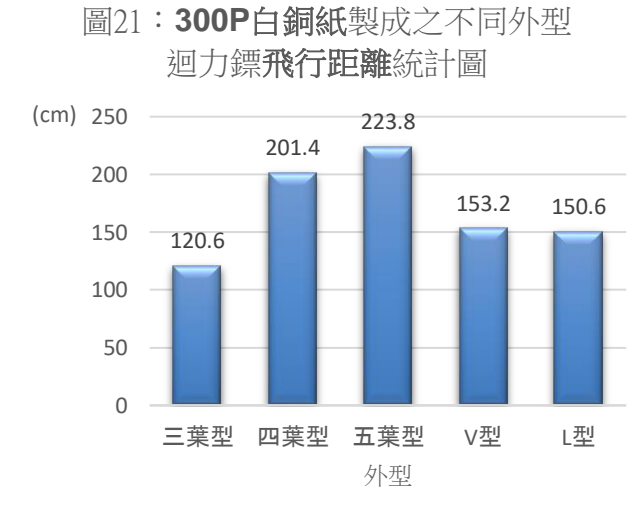


表 19：300P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢落點與最遠點直線距離統計表

外型	落點與最遠點的直線距離七次平均(cm)
三葉型	103.8
四葉型	75.6
五葉型	72.2
V 型	109.8
L 型	96.0

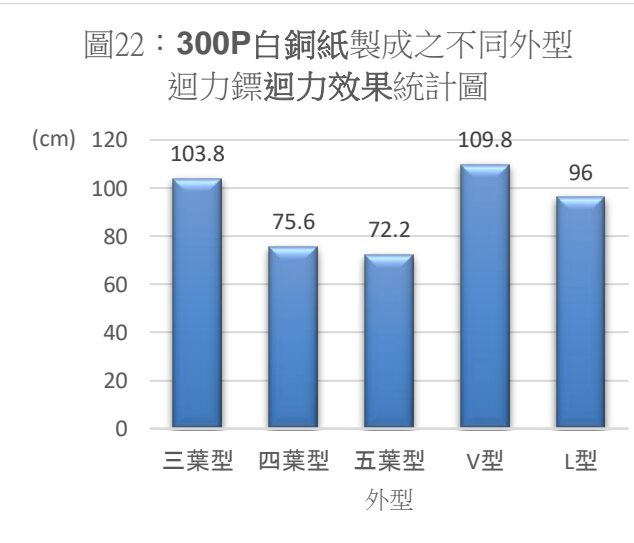


表 20：500P 白銅紙製成之不同外型迴力
鏢滯空時間統計表

外型	滯空時間七次平均(秒)
三葉型	3.75
四葉型	2.51
五葉型	2.50
V 型	1.11
L 型	1.49

圖23：500P白銅紙製成之不同外型
迴力鏢滯空時間統計圖

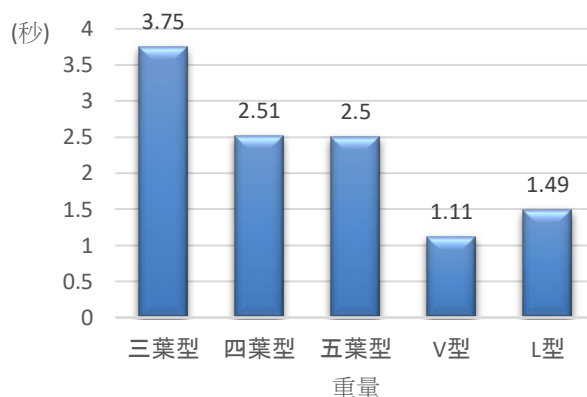


表 21：500P 白銅紙製成之不同外型迴力
鏢最遠點與起點直線距離統計表

外型	落點與起點直線距離 七次平均(cm)
三葉型	236.2
四葉型	171.2
五葉型	167.0
V 型	216.6
L 型	275.2

圖24：500P白銅紙製成之不同外型
迴力鏢飛行距離統計圖



表 22: 500P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢
落點與最遠點直線距離統計表

外型	落點與最遠點的直線距 離七次平均(cm)
三葉型	296.8
四葉型	278.6
五葉型	239.4
V 型	113.6
L 型	119.2

圖25：500P白銅紙製成之不同外型
迴力鏢迴力效果統計圖

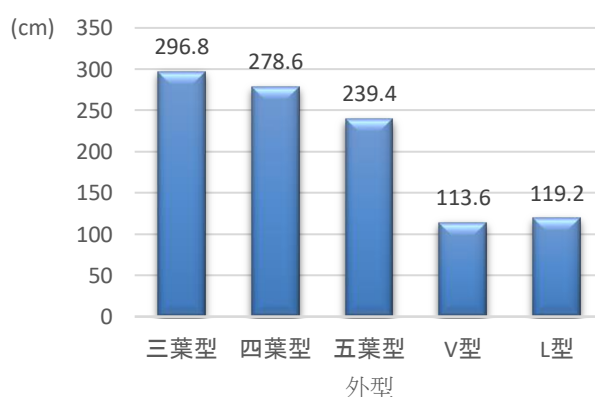


表 23：1000P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢滯空時間統計表

外型	滯空時間七次平均(秒)
三葉型	3.10
四葉型	4.44
五葉型	3.86
V 型	2.70
L 型	3.73

圖 26：1000P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢滯空時間統計圖

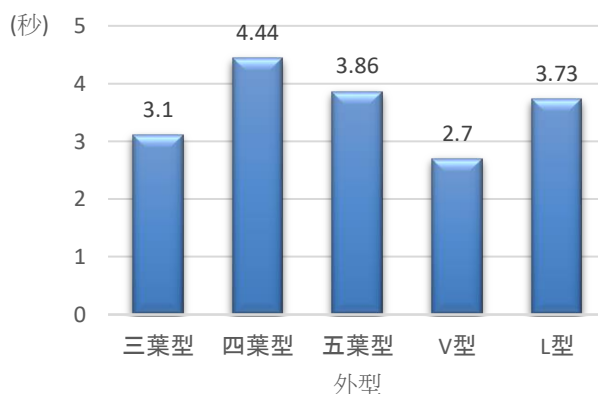


表 24：1000P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢最遠點與起點直線距離統計表

外型	落點與起點直線距離七次平均(cm)
三葉型	416.6
四葉型	753.0
五葉型	846.6
V 型	661.0
L 型	1145.0

圖 27：1000P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢飛行距離統計圖

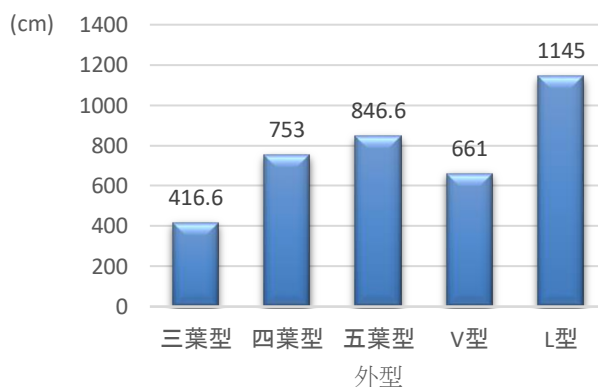


表 25：1000P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢落點與最遠點直線距離統計表

外型	落點與最遠點的直線距離七次平均(cm)
三葉型	655.2
四葉型	651.2
五葉型	614.2
V 型	301.6
L 型	499.0

圖 28：1000P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢迴力效果統計圖

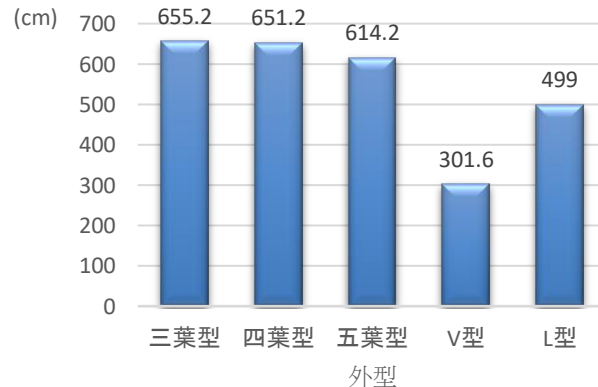


表 26：四開襯卡製成之不同外型迴力鏢滯空時間統計表

外型	滯空時間七次平均(秒)
三葉型	3.99
四葉型	3.45
五葉型	3.86
V 型	2.00
L 型	3.57

圖29：四開襯卡製成之不同外型迴力鏢滯空時間統計圖

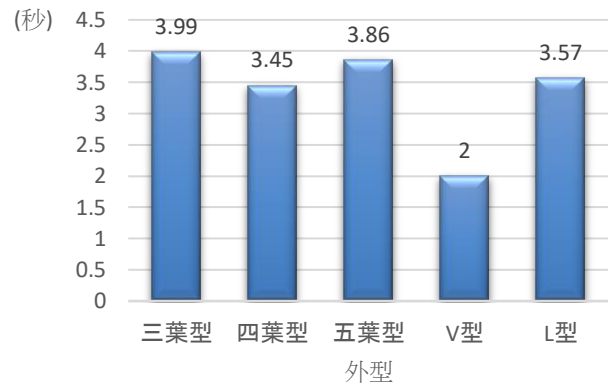


表 27：四開襯卡製成之不同外型迴力鏢最遠點與起點直線距離統計表

外型	落點與起點直線距離七次平均(cm)
三葉型	790.0
四葉型	593.8
五葉型	619.2
V 型	482.0
L 型	1034.0

圖30：四開襯卡製成之不同外型迴力鏢飛行距離統計圖

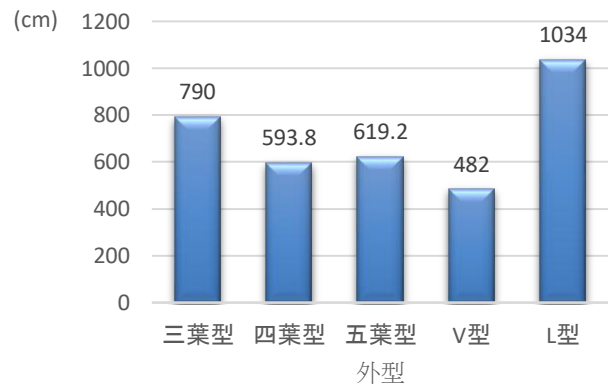
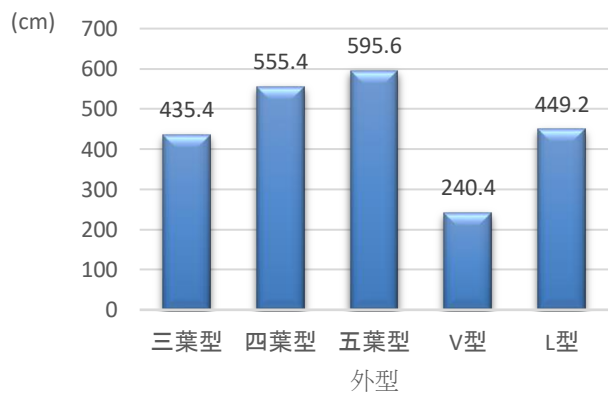


表 28：四開襯卡製成之不同外型迴力鏢落點與最遠點直線距離統計表

外型	落點與最遠點的直線距離七次平均(cm)
三葉型	435.4
四葉型	555.4
五葉型	595.6
V 型	240.4
L 型	449.2

圖31：四開襯卡製成之不同外型迴力鏢迴力效果統計圖



【實驗二】 探討研究目的之三之：相同重量、相同外型之迴力鏢，「翼面長度」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果

(一)實驗假設：相同重量、相同外型之迴力鏢，翼面長度越長，迴力鏢翼面所受浮力越佳，所以滯空時間、飛行距離均最好；其翼面尾端與中心的距離越遠，迴力效果亦最佳。反之亦然。所以「翼面寬度都為 5 cm 時，翼面長度 20 cm 的迴力鏢，因為翼面長度最長，所以滯空時間最久、飛行距離越長、迴力效果也最佳；翼面長度 15 cm 次之；翼面長度 10 cm 的迴力鏢，則滯空時間最短，飛行距離最短，迴力效果也最差」。

(二)實驗器材：從實驗一我們發現，以 1000P 白銅紙製成之四葉型迴力鏢，其滯空時間、飛行距離、迴力效果均比其他重量的迴力鏢為佳；且詢問實驗拋擲者，拋擲者覺得四葉型的拋擲手感較順手，故本實驗選擇 1000P 白銅紙製成之四葉型迴力鏢為實驗器材。所以本實驗器材為 1000P 白銅紙製成之寬度 5 cm，長度各為 10 cm、15 cm、20 cm 之四葉型迴力鏢；防水捲尺、手機--碼表 APP、手機--照相 APP。

(三)實驗步驟：

1. 拋擲學生站於跑道起跑點，手執以 1000P 白銅紙製成之四葉型迴力鏢之尾端，以 90 度由上往下垂直拋擲。
2. 聽從記錄學生口令，數 1—2—3 後，拋擲學生才能拋擲。
3. 翼面長度由小到大，依序拋擲長度 10 cm、15 cm、20 cm 之三葉型迴力鏢，每種迴力鏢各 7 次。
4. 測量同學以防水捲尺測量，翼面長度不同的迴力鏢之滯空時間、與起點直線最遠距離、產生迴力作用後與起點的距離；記錄同學將數據記錄在表格內。
5. 實驗記錄：將 7 次記錄的數據輸入 EXCEL，選取公式 TRIMMEAN，去掉最大值與最小值後，進行統計分析。以下為不同翼面長度，1000P 白銅紙製成之四葉型迴力鏢的實驗數據圖表。

表 29：不同翼面長度之四葉型迴力鏢滯空時間統計表

寬度 5 cm，1000P，四葉型迴力鏢	
翼面長度	滯空時間七次平均(秒)
長 20 cm	3.06
長 15 cm	2.60
長 10 cm	3.13

圖32：不同翼面長度之四葉型迴力鏢滯空時間統計圖

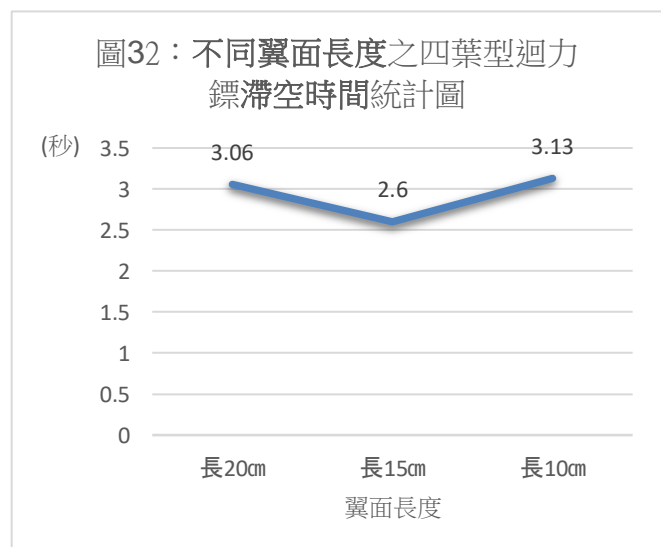


表 30：不同翼面長度之四葉型迴力鏢最遠點與起點的直線距離統計表

寬度 5 cm，1000P，四葉型迴力鏢	
翼面長度	落點與起點直線距離七次平均(cm)
長 20 cm	552.6
長 15 cm	654.6
長 10 cm	876.4

圖33：不同翼面長度之四葉型迴力鏢飛行距離統計圖

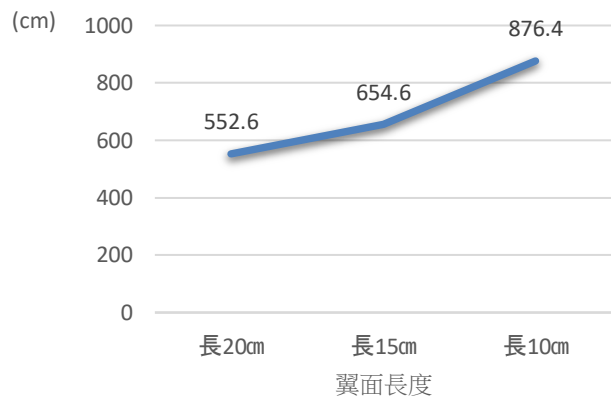
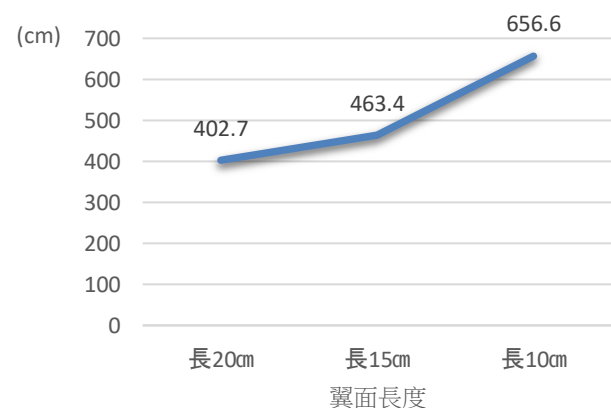


表 31：不同翼面長度之四葉型迴力鏢落點與起點的直線距離統計表

寬度 5 cm，1000P，四葉型迴力鏢	
翼面長度	落點與最遠點的直線距離(cm)平均
長 20 cm	402.7
長 15 cm	463.4
長 10 cm	656.6

圖34：不同翼面長度之四葉型迴力鏢迴力效果統計圖



【實驗三】探討研究目的四之：相同外型、相同紙質之迴力鏢，「翼面寬度」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果

(一)實驗假設：相同重量重量、相同外型之迴力鏢，翼面寬度越寬，迴力鏢翼面所受浮力越佳，所以滯空時間、飛行距離均最好；其翼面寬度亦較大，迴力效果也會最佳。反之亦然。所以翼面長度均為 20 cm時，翼面寬度 7.5 cm之迴力鏢因翼面寬度最寬，所以迴力鏢滯空時間最久，飛行距離越遠，迴力效果最好；翼面寬度 5 cm迴力鏢次之；翼面寬度 7.5 cm之迴力鏢，因重量最重，滯空時間越短，飛行距離越短，迴力效果亦最差。

(二)實驗器材：使用 1000P 白銅紙製成之長度 20 cm，寬度各為 2.5 cm、5 cm、7.5 cm之四葉型迴力鏢；防水捲尺、手機--碼表 APP、手機--照相 APP

(三)實驗步驟：

1. 拋擲學生站於跑道起跑點，手執以 1000P 白銅紙製成的四葉型迴力鏢之末端尾翼，以 90 度由上往下垂直拋擲。

- 聽從記錄學生口令，數 1-2-3 後，拋擲學生才能拋擲。
- 翼面寬度由小到大，依序拋擲**寬度 2.5 cm、5 cm、7.5 cm**之三葉型迴力鏢，每種迴力鏢各 7 次。
- 測量同學以防水捲尺，測量翼面寬度不同的迴力鏢之滯空時間、與起點直線最遠距離、產生迴力作用後與起點的距離；記錄同學同步將數據記錄在表格內。
- 實驗記錄：將所記錄之 7 次數據輸入 EXCEL，選取公式 TRIMMEAN，去掉數據中之最大值與最小值後，進行統計分析。以下為 1000P 白銅紙製成，不同翼面寬度之四葉型迴力鏢的實驗數據圖表。

表 32：不同翼面寬度之四葉型迴力鏢滯空時間統計表

長度 20 cm，1000P，四葉型迴力鏢	
翼面寬度	滯空時間七次平均(秒)
寬 2.5 公分	2.28
寬 5 公分	3.49
寬 7.5 公分	2.91

圖35：不同翼面寬度之四葉型迴力鏢滯空時間統計圖

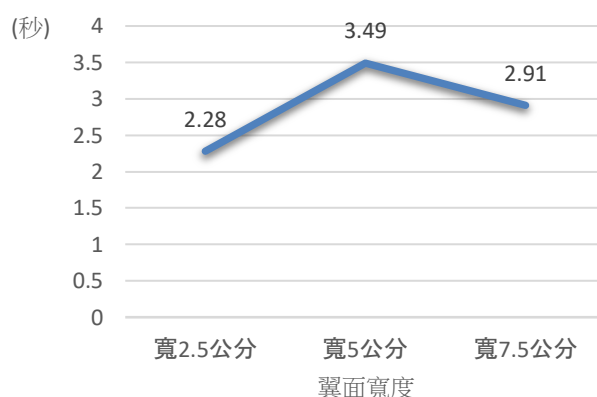


表 33：不同翼面寬度之四葉型迴力鏢最遠點與起點的直線距離統計表

長度 20 cm，1000P，四葉型迴力鏢	
翼面寬度	落點與起點直線距離七次平均(cm)
寬 2.5 公分	397.2
寬 5 公分	520.4
寬 7.5 公分	656.6

圖36：不同翼面寬度之四葉型迴力鏢飛行距離統計圖

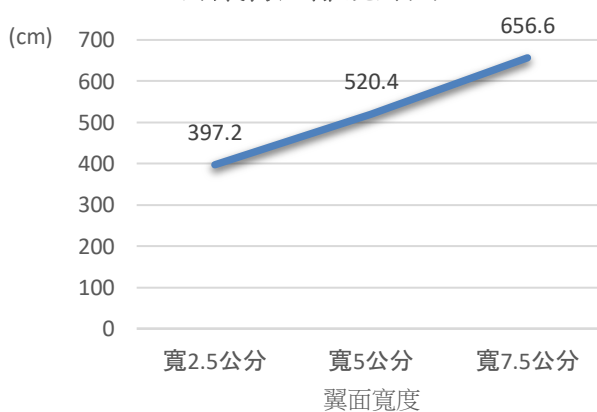
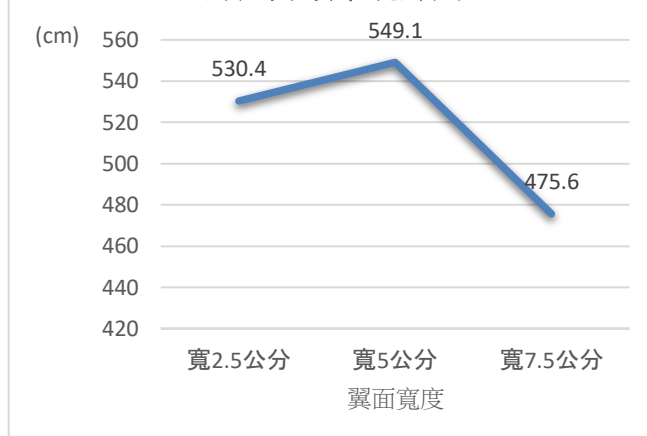


表 34：不同翼面寬度之四葉型迴力鏢落點與起點的直線距離統計表

長度 20 cm，1000P，四葉型迴力鏢	
翼面寬度	落點與最遠點的直線距離七次平均(cm)
寬 2.5 公分	530.4
寬 5 公分	549.1
寬 7.5 公分	475.6

圖37：不同翼面寬度之四葉型迴力鏢迴力效果統計圖



【實驗四】探討研究目的五之：相同外型、相同紙質之迴力鏢，「翼面重量」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果

(一)實驗假設：翼面重量越重，迴力鏢產生的離心力就越大，所以迴力鏢的迴力效果越佳，也會造成滯空時間、飛行距離的增加；反之亦然。所以「翼面重量增加 3g 時，迴力鏢的滯空時間越長、飛行距離越遠、迴力效果越佳；翼面重量未增加，也就是翼面重量為 0g 時，其滯空時間越短、飛行距離越近、迴力效果越差」。

(二)實驗器材：1000P 白銅紙製成之長度 20 cm，寬度 5 cm，未貼上電工膠帶之四葉型迴力鏢 1 個、翼尾各貼上 1 層電工膠帶之四葉型迴力鏢 1 個、翼尾各貼上 2 層電工膠帶之四葉型迴力鏢 1 個、翼尾各貼上 3 層電工膠帶之四葉型迴力鏢 1 個；電工膠帶、防水捲尺、手機--碼表 APP、手機--照相 APP

(三)實驗步驟：

1. 拋擲學生站於跑道起跑點，手執未貼上電工膠帶之四葉型迴力鏢翼面末端，以 90 度由上往下垂直拋擲。
2. 聽從記錄學生口令，數 1-2-3 後，拋擲學生才能拋擲。
3. 長度 20 cm，寬度 5 cm 之迴力鏢材質，依序拋擲：翼尾各貼上 1 層電工膠帶之四葉型迴力鏢、翼尾各貼上 2 層電工膠帶之四葉型迴力鏢、翼尾各貼上 3 層電工膠帶之四葉型迴力鏢，每種迴力鏢各拋擲 7 次。
4. 測量同學以防水捲尺，測量不同翼面重量的迴力鏢之滯空時間、與起點直線最遠距離、產生迴力作用後與起點的距離；記錄同學同步將數據記錄在表格內。
5. 實驗記錄：將 7 次數據記錄後，輸入 EXCEL 進行統計分析。以下為長度 20 cm，寬度 5 cm，1000P 白銅紙製成之不同翼面重量四葉型迴力鏢的實驗數據圖表。

表 35：不同翼面重量之四葉型迴力鏢滯空時間統計表

翼面重量	滯空時間七次平均(秒)
0g	4.44
1g	4.52
2g	3.24
3g	4.36

圖38：不同翼面重量之四葉型迴力鏢滯空時間統計圖

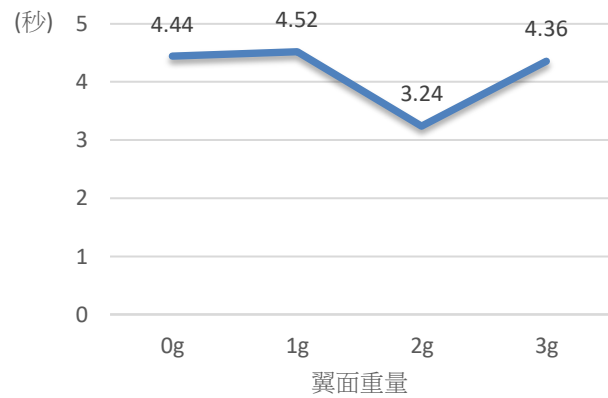


表 36：不同翼面重量之四葉型迴力鏢最遠點與起點的直線距離統計表

翼面重量	落點與起點直線距離七次平均(cm)
0g	753.0
1g	458
2g	450
3g	810

圖39：不同翼面重量之四葉型迴力鏢飛行距離統計圖

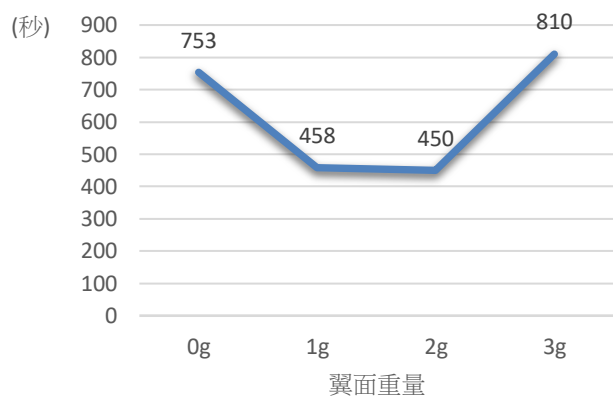
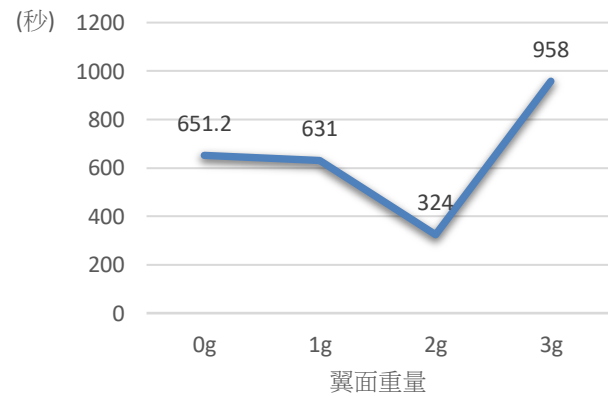


表 37：翼面重量不同之四葉型迴力鏢落點與起點的直線距離統計表

翼面重量	落點與最遠點的直線距離七次平均(cm)
0g	651.2
1g	631
2g	324
3g	958

圖40：不同翼面重量之四葉型迴力鏢迴力效果統計圖



五、 研究結果

【研究目的一】探討相同外型之迴力鏢，「重量」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果

(一)實驗結果：

從表 2 到表 4、圖 5 到圖 7 可知：三葉型迴力鏢中，滯空時間以四開襯卡最久，接著依次是 500P 白銅紙、1000P 白銅紙、300P 白銅紙，各是四開襯卡的 94%、78%、40%；而飛行距離則以四開襯卡最遠，然後是 1000P 白銅紙、500P 白銅紙，300P 白銅紙最近，各是四開襯卡的 57%、30%、15%；迴力效果最好的是 1000P 白銅紙，其次是四開襯卡、500P 白銅紙，最差的是 300P 白銅紙，各是 1000P 白銅紙的 80%、54%、19%。由實驗結果可知：三葉型迴力鏢滯空時間、飛行距離、迴力效果，大抵受到「重量」影響——重量越重，滯空時間越久，飛行距離也越遠，迴力效果也越好。

再從表 5 到表 7、圖 8 到圖 10 得知：四葉型迴力鏢中，滯空時間以 1000P 白銅紙最久，而四開襯卡、500P 白銅紙次之，300P 白銅紙最短，各是 1000P 白銅紙的 78%、57%、49%；而飛行距離也是 1000P 白銅紙最遠，四開襯卡、300P 白銅紙其次，500P 白銅紙則最短，各是 1000P 白銅紙的 79%、27%、23%；迴力效果也是 1000P 白銅紙最佳，緊接著是四開襯卡、500P 白銅紙，300P 白銅紙則最差各是 1000P 白銅紙的 75%、43%、12%。由實驗圖表可知：四葉型迴力鏢滯空時間、飛行距離、迴力效果，均受到「重量」影響——重量越重，滯空時間越久，飛行距離也越遠，迴力效果也越好。

接著從表 8 到表 10、圖 11 到圖 13 發現：五葉型迴力鏢中，滯空時間 1000P 白銅紙與四開襯卡一樣長，500P 白銅紙次之，300P 白銅紙最短，各是 1000P 白銅紙、四開襯卡的 65%、44%；而飛行距離是 1000P 白銅紙最遠，然後是四開襯卡、300P 白銅紙，最後是 500P 白銅紙，各是 1000P 白銅紙的 73%、26%、20%；迴力效果最好的是 1000P 白銅紙，其次是四開襯卡、500P 白銅紙，最差的是 300P 白銅紙，各是 1000P 白銅紙的 97%、39%、12%。由統計圖表可知：五葉型迴力鏢滯空時間、飛行距離、迴力效果，也呈現迴力鏢重量越重，滯空時間越久，飛行距離越遠，迴力效果越佳的結果，顯示：「重量」影響了迴力鏢的飛行能力與迴力效果。

從表 11 到表 13、圖 14 到圖 16 得到：V 型迴力鏢滯空時間以 1000P 白銅紙最久，四開襯卡、300P 白銅紙次之，500P 白銅紙則最短，各是 1000P 白銅紙的 74%、44%、41%；飛行距離也是 1000P 白銅紙最遠，四開襯卡其次，500P 白銅紙次之，300P 白銅紙則最短，各是 1000P 白銅紙的 73%、33%、23%；迴力效果最好的也是 1000P 白銅紙，其次是四開襯卡、500P 白銅紙，300P 白銅紙最差，各是 1000P 白銅紙的 80%、38%、36%。由此可知：V 型迴力鏢滯空時間、飛行距離、迴力效果，均受「重量」影響——重量越重，滯空時間越久，飛行距離也越遠，迴力效果也越好。

最後從表 14 到表 16、圖 17 到圖 19 得知：L 型迴力鏢滯空時間 1000P 白銅紙最久，四開襯卡、500P、300P 白銅紙次之，各是 1000P 白銅紙的 96%、40%、30%；而飛行距

離 1000P 白銅紙最遠，四開襯卡、500P 白銅紙次之，300P 白銅紙最短，各是 1000P 白銅紙的 90%、24%、13%；迴力效果最好的是 1000P 白銅紙，其次是四開襯卡、500P 白銅紙，300P 白銅紙則最差，各是 1000P 白銅紙的 90%、24%、19%。由此可知：*L* 型迴力鏢滯空時間、飛行距離、迴力效果，都受「重量」影響——重量越重，滯空時間越久，飛行距離也越遠，迴力效果也越好。

(二)研究討論：

無論是三葉型、四葉型、五葉型、V 型或 L 型迴力鏢，均呈現「重量」越重，滯空時間越久，飛行距離也越遠，迴力效果也越好的情形。因此，本實驗假設：「300P 白銅紙的重量最輕，所以滯空時間最短、飛行距離最短；迴力效果最差；1000P 白銅紙最重，所以滯空時間最長、飛行距離越長、迴力效果最佳。」

【研究目的二】探討相同紙質之迴力鏢，「外型」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果

(一)實驗結果：

從表 17 到表 19、圖 20 到圖 22 得到：以 300P 白銅紙製成的不同外型迴力鏢，滯空時間以四葉型最久，五葉型、三葉型、V 型次之，L 型最短，各是四葉型的 78%、74%、54%、51%；而飛行距離以五葉型最遠，四葉型、V 型、L 型次之，三葉型最短，各是五葉型的 90%、68%、67%、54%；迴力效果最好的是 V 型，接著是三葉型、L 型，四葉型、五葉型最差，但差距不大，各是 V 型迴力鏢的 95%、87%、69%、66%。由研究結果可知：以 300P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢，滯空時間以四葉型最好，L 型表現最差；飛行距離方面，五葉型奪冠，表現最差的是三葉型。迴力效果則是 V 型最好，五葉型最差。以 300P 白銅紙而言，迴力鏢「外型」看來影響不是很顯著。

接著從表 20 到表 22、圖 23 到圖 25 發現：由 500P 白銅紙製成的不同外型迴力鏢中，滯空時間以三葉型最久，四葉型與五葉型次之，L 型其次，V 型則最短，各是三葉型的 67%、67%、42%、30%；而飛行距離以 L 型最遠，三葉型其次，V 型次之，四葉型與五葉型差異不大，均最短，各是三葉型的 86%、79%、62%、61%；迴力效果最好的是三葉型，其次四葉型、五葉型，L 型、V 型最差，各是三葉型的 94%、81%、40%、38%。由研究結果發現：以 500P 白銅紙製成之各型迴力鏢，滯空時間、迴力效果最好的均為三葉型，最差的也都是 V 型；而飛行距離則是 L 型最遠，五葉型最近。以 500P 白銅紙而言，迴力鏢「外型」影響也不是很明顯。

從表 23 到表 25、圖 26 到圖 28 可知：以 1000P 白銅紙製成的不同外型迴力鏢，滯空時間以四葉型最久，五葉型、L 型、三葉型次之，V 型最短，各是四葉型的 87%、80%、70%、61%；而飛行距離最遠是 L 型，五葉型、四葉型、V 型其次，三葉型殿後，各是 L 型的 82%、73%、64%、41%；迴力效果最好的是四葉型，其次是五葉型、三葉型、L 型，最後一名是 V 型，各是四葉型迴力鏢的 94%、84%、69%、44%。由研究可

知：以 1000P 白銅紙製成之各型迴力鏢，**滯空時間**、**迴力效果**最好的均為四葉型，最差的也都是 V 型；而**飛行距離**則是 L 型最遠，V 型最差。以 1000P 白銅紙而言，迴力鏢「外型」影響也不是很明顯。

最後從表 26 到表 28、圖 29 到圖 31 得知：使用四開襯卡製成的不同外型迴力鏢，**滯空時間**以三葉型最久，五葉型、L 型、四葉型次之，V 型則最短，各是三葉型迴力鏢的 97%、89%、86%、68%；而**飛行距離**則以 L 型最遠，三葉型、五葉型、V 型其次，四葉型最近，各是 L 型的 76%、60%、59%、57%；**迴力效果**由最好到最差依序是五葉型、四葉型、L 型、三葉型、V 型，各是五葉型迴力鏢的 83%、75%、73%、51%。由上可知：以四開襯卡製成之不同外形迴力鏢，**滯空時間**以三葉型最久，V 型最短；**飛行距離**以 L 型最遠，四葉型最差；**迴力效果**是五葉型最佳，V 型最差。以四開襯卡來說，迴力鏢「外型」影響也不是很明顯。

(二)研究討論：

由上可知，V 型迴力鏢只在 300P 白銅紙拿到滯空時間、飛行距離第一，但在 500P、1000P 白銅紙、四開襯卡中，其滯空時間、飛行距離、迴力效果都是最後一名。因為重量會影響迴力鏢的飛行能力、迴力效果，顯示：**V 型迴力鏢是飛行能力、迴力效果最差的迴力鏢。**

但是飛行能力、迴力效果方面，則參差互見。在**滯空時間**方面，以三葉型、四葉型表現較佳；**飛行距離**方面，L 型在 500P、1000P 白銅紙、四開襯卡中均獨占鰲頭；**迴力效果**在 300P、500P、1000P 白銅紙、四開襯卡中，表現最好的依序為 V 型、三葉型、四葉型、五葉型。在**滯空時間**、**飛行距離**、**迴力效果**這三個面向，我們無法看出哪種外型的迴力鏢表現最優異。

因此，本實驗假設：「**五葉型迴力鏢的葉片數最多，受力面積最大，葉片旋轉速率最快，所以滯空時間最久、飛行距離越長、迴力效果也最佳；而 L 型、V 型迴力鏢的葉片數最少，受力面積最小，葉片旋轉速率最慢，所以滯空時間最短、飛行距離越短、迴力效果亦最差。**」未獲得支持。

【研究目的三】探討相同紙質、外型之迴力鏢，「翼面長度」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果

(一)實驗結果：

由表 29 到表 31、圖 32 到圖 34 得知：使用翼面寬度 5 cm，1000P 白銅紙製成的不同翼面長度三葉型迴力鏢，**滯空時間**以翼面長度 10 cm 最久，10 cm 次之，15 cm 最少，各是翼面長度 10 cm 的 98% 與 83%；而**飛行距離**則以翼面長度 10 cm 最遠，15 cm 其次，20 cm 最短，各是翼面長度 10 cm 的 75% 與 63%；**迴力效果**最好的是翼面長度 10 cm，其次為 15 cm，20 cm 最短，各是翼面長度 10 cm 的 61% 與 71%。

由關係圖可知：以 1000P 白銅紙製成之翼面寬度為 5 cm，翼面長度不同之迴力鏢，

其滯空時間、飛行距離、迴力效果均以翼面長度 10 cm 表現最佳，顯示：**迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果，呈現「翼面長度」越短，三者表現越佳的情形；甚至在飛行距離、迴力效果兩方面，更出現線型一致的關係折線圖，使我們認為翼面長度與兩者的關係匪淺。至於滯空時間，則未出現相同的趨勢變化，翼面長度 10 cm 與翼面長度 20 cm 公分的迴力鏢，表現甚至不分軒輊。**

(二)研究討論：

四葉型迴力鏢「翼面長度」越短，其滯空時間、飛行距離、迴力效果越佳，表示迴力鏢的飛行能力、迴力效果是翼面長度越短，效果越好；但翼面長度的影響在滯空時間這點則無法確認。由本研究可知：**「翼面長度」與迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果有負相關。**

因此，我們的研究假設「**翼面寬度都為 5 cm 時，翼面長度 20 cm 的迴力鏢，因為翼面長度最長，所以滯空時間最久、飛行距離越長、迴力效果也最佳；翼面長度 15 cm 次之；翼面長度 10 cm 的迴力鏢，則滯空時間最短，飛行距離最短，迴力效果也最差**」未獲得支持。

【研究目的四】探討相同紙質、外型之迴力鏢，「翼面寬度」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果

(一)實驗結果：

從表 32 到表 34、圖 35 到圖 37 得知：使用翼面長度 20 cm，1000P 白銅紙製成的不同翼面寬度之四葉型迴力鏢，**滯空時間**以翼面寬度 5 cm 最久，7.5 cm 次之，2.5 cm 最後，分別是翼面寬度 5 cm 的 83%、65%；**飛行距離**則以翼面寬度 7.5 cm 最遠，5 cm 其次，2.5 cm 最短，分別是翼面寬度 7.5 cm 的 79%、60%；**迴力效果**最好的是翼面寬度 5 cm，其次為 2.5 cm，7.5 cm 最差，分別是翼面寬度 5 cm 的 97%、87%。

由上可知：四葉型迴力鏢**翼面寬度越寬，飛行距離越遠**；對於滯空時間、迴力效果而言，則以翼面寬度適中為佳。故本研究假設「**翼面長度 20 cm，翼面寬度 7.5 cm 之迴力鏢，因受力面積最大，所以迴力鏢滯空時間最久，飛行距離越遠，迴力效果最好；翼面寬度 5 cm 迴力鏢次之；翼面寬度 2.5 cm 之迴力鏢，因受力面積最小，滯空時間越短，飛行距離越短，迴力效果最差**」獲得部分支持。

(二)研究討論：

由研究得到：不同翼面寬度的迴力鏢，其滯空時間、迴力效果呈現起伏情況。但，飛行距離則出現翼面越寬，效果越佳的現象。顯示：**不同翼面寬度，與迴力鏢的滯空時間、迴力效果較無相關；與飛行距離則出現正相關。**

【研究目的五】探討相同紙質、外型之迴力鏢，「翼面重量」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果

(一)實驗結果：

由表 35 到表 37、圖 38 到圖 40 得知：長度 20 cm、寬 5 公分的不同翼面重量四葉型迴力鏢，**滯空時間**以翼面重量 1g 最久，接著是 0g、3g、2g，分別是翼面重量 1g 的 98%、96%、72%，前三者可說差距不大；**飛行距離**則是翼面重量 4g 最遠，緊接著是 0g、1g、2g，分別是翼面重量 4g 的 93%、57%、56%；**迴力效果**最好的是翼面重量 4g，其次是 0g、1g、2g，分別是翼面重量 4g 的 68%、66%、34%。

由統計圖得知：長度 20 cm、寬 5 公分的不同翼面重量四葉型迴力鏢，其滯空時間、飛行距離、迴力效果均未能呈現翼面重量越重，三者都越好的情況。但我們發現到：**翼面重量 4g 的迴力鏢**，滯空時間、飛行距離、迴力效果均為**最佳或與最佳相距不遠**；**翼面重量 2g 的迴力鏢**，三者均殿後。所以我們的研究假設：「翼面重量增加 3g 時，迴力鏢的滯空時間越長、飛行距離越遠、迴力效果越佳；翼面重量未增加，也就是翼面重量為 0g 時，其滯空時間越短、飛行距離越近、迴力效果越差」**獲得部分支持**。

(二)研究討論：

翼面重量 4g 的迴力鏢，滯空時間、飛行距離、迴力效果表現均十分優異，顯示了翼面重量與三者其實關係匪淺；但統計圖呈現「**U**」字形，使我們只能認定：**翼面重量越重，迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果越好**；但對於翼面重量 0g，三者表現也不錯，則無法獲得支持。

六、 討論

(一) 「重量」會影響迴力鏢的滯空時間、飛行距離與迴力效果：

我們將圖 1 到圖 4 不同紙質製成之不同外型迴力鏢重量折線圖，放進圖 5 到圖 19 不同重量製成不同外形迴力鏢之滯空時間、飛行距離、迴力效果長條圖，進行交叉比對後發現：當**重量**越重的時候，迴力鏢被拋擲出去的滯空時間越長、飛行距離也越遠，甚至迴力效果也最佳。

我們認為：應該是拋擲者的拋擲力道，較多地加諸於重量較重的迴力鏢身上，才會導致**重量**與迴力鏢的**滯空時間**、**飛行距離**產生正相關。而重量越輕，受到空氣阻力的影響越大，甚至產生迴力鏢本身還變形，導致較輕的迴力鏢無法達到較長的滯空時間與較遠的飛行距離。依據**牛頓第三運動定律**，當迴力鏢向前走的離心力越大，向拋擲者回來的向心力也變大，所以**重量較重**的迴力鏢，其**迴力效果**也越佳。其中以四葉型迴力鏢的**滯空時間**、**飛行距離**、**迴力效果折線**，與其**重量**的關係更是吻合，彼此呈現**正相關**，圖 41、圖 42、圖 43 為不同紙質製成之四葉型迴力鏢，其滯空時間、飛行距離、迴力效果與重量的關係圖。

圖41：不同紙質製成之四葉型迴力鏢滯空時間與重量關係圖

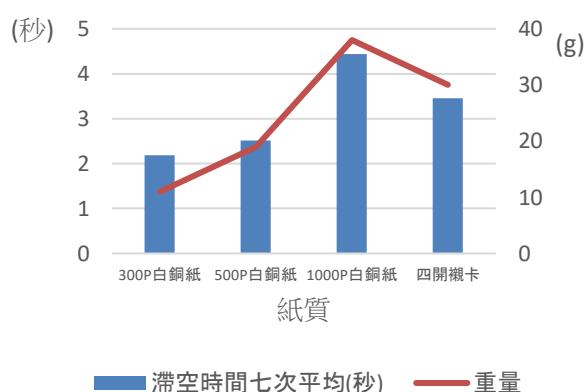


圖42：不同紙質製成之四葉型迴力鏢飛行距離與重量關係圖

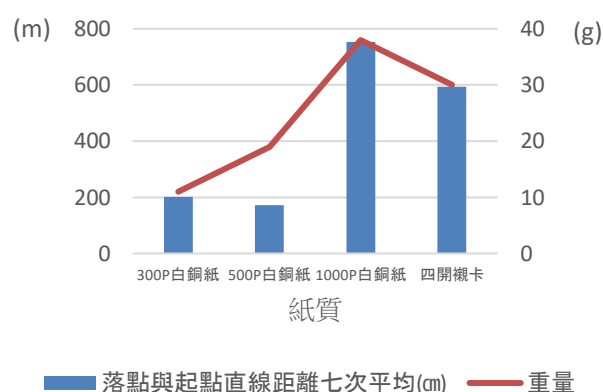
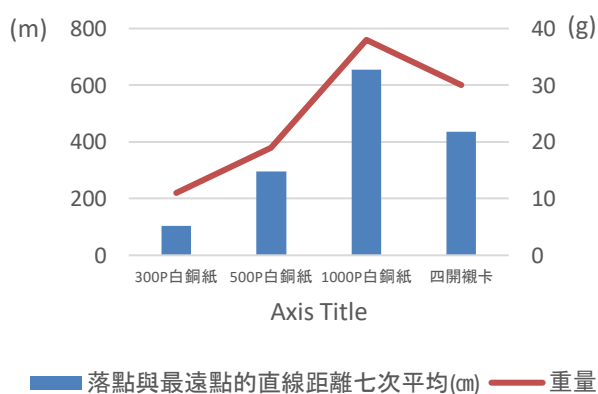


圖43：不同紙質製成之四葉型迴力鏢迴力效果與重量關係圖



(二) 「外型」不會影響迴力鏢的滯空時間、飛行距離與迴力效果：

本研究發現：不同外型的迴力鏢，在滯空時間、飛行距離、迴力效果方面各有千秋。滯空時間以三葉型、四葉型迴力鏢表現較佳；L型迴力鏢在飛行距離在500P、1000P白銅紙、四開襯卡中均表現優異；迴力效果則是百花齊放，各擅勝場。所以，我們的研究無法得出：哪些外型的迴力鏢能在滯空時間、飛行距離、迴力效果這三個面向，有最優異整體的表現。但是得知：V型迴力鏢是飛行能力、迴力效果最差的迴力鏢。

(三) 「翼面夾角」會影響迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果：

因為迴力鏢的重量影響其滯空時間、飛行距離、迴力效果較鉅，所以我們以1000P白銅紙、四開襯卡製成之V型、L型迴力鏢，來探討迴力鏢翼面夾角對其飛行能力、迴力效果的影響。因為兩者的重量相同，只有翼面夾角不同：V型的小夾角是120度，L型迴力鏢的小夾角是90度。但我們卻發現到：V型迴力鏢，其滯空時間只到L型迴力鏢的72.4%、56.0%，飛行距離是57.7%、46.6%，迴力效果則是60.4%、53.5%。由此發現：「翼面夾角」為90度時，迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果最佳。

(四) 「翼面長度」與迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果呈現負相關：

由實驗結果可知：四葉型迴力鏢的翼面長度越短，其滯空時間、飛行能力、迴力

效果均最好，彼此之間的關係呈現負相關。顯示：迴力鏢翼面長度越短，其飛行能力越佳，迴力作用也越好。

(五) 「翼面寬度」會影響迴力鏢的飛行距離，對滯空時間、迴力效果影響不顯著：

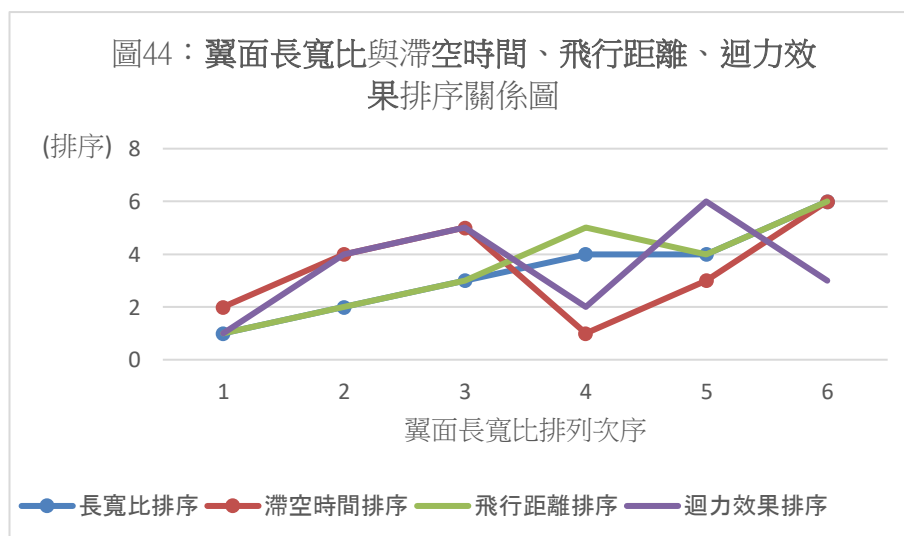
四葉型迴力鏢的翼面寬度越寬，對於飛行距離影響最大，越窄則飛行距離越短；在滯空時間、迴力效果方面，則以翼面寬度適中為佳。

(六) 「翼面長寬比」對於迴力鏢滯空時間、飛行距離、迴力效果，有最佳的比值為「2」，且比值越小，迴力鏢的飛行距離越遠：

我們將翼面長度、翼面寬度的兩項實驗數據放在一起，進一步推論出翼面長度與寬度的比值，我們將長寬比比值最小者定為「1」，比值最大者訂為「6」，得到表 38：翼面長寬比與滯空時間、飛行距離、迴力效果之排序統計表，為了更加了解翼面長寬比對迴力鏢飛行能力與迴力效果的影響，我們另外將滯空時間、飛行距離、迴力效果以最大值為「1」，最小值為「6」排序，最後推導得到了圖 44：迴力鏢長寬比與滯空時間、飛行距離、迴力效果比序折線圖。

表 38：迴力鏢翼面長寬比與滯空時間、飛行距離、迴力效果排序關係表

	實驗變相	實驗數據	實驗變相	實驗數據	長寬比比值	長寬比排序	滯空時間	滯空時間排序	飛行距離	飛行距離排序	迴力效果	迴力效果排序
實驗三	翼面長度	20	翼面寬度	2.5	8	6	2.28	6	397.2	6	530.4	3
		20		5	4	4	3.49	1	520.4	5	549.1	2
		20		7.5	2.67	2	2.91	4	656.6	2	475.6	4
實驗四	翼面長度	20	翼面寬度	5	4	4	3.06	3	552.6	4	402.7	6
		15		5	3	3	2.6	5	654.6	3	463.4	5
		10		5	2	1	3.13	2	876.4	1	656.6	1



從圖 44 我們發現：藍色的翼面長寬比折線，與綠色的飛行距離折線幾乎重疊，表

示兩者關係密切，所以翼面長寬比比值越小，迴力鏢的飛行距離越遠；而紅色的滯空時間折線、紫色的迴力效果折線，與藍色的翼面長寬比折線幾乎不重疊，顯示翼面長寬比與迴力鏢的滯空時間、迴力效果較無相關。

不過我們發現翼面長寬比比值最小的排序「1」，除了滯空時間拿到第2名之外，飛行距離、迴力效果也拿到第1名；而翼面長寬比比值最大的排序「6」，除了迴力效果拿到第3名之外，在滯空時間、飛行距離都是最後1名。我們大膽推想：翼面長寬比對於迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果有一個最好的比值，在本實驗落在比值為「2」；有一個最差的比值，在本實驗落在比值為「8」。

(七) 「翼面重量」越重，迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果越好：

迴力鏢「翼面重量」越重，迴力鏢的滯空時間越久、飛行距離越遠、迴力效果越佳；但翼面重量為0g，迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果並沒有直直往下落。所以迴力鏢的「翼面重量」未能與其飛行能力、迴力效果呈正相關。

(八) 本研究發現：影響迴力鏢滯空時間、飛行距離、迴力效果的因素主要是「重量」、「翼面長度」。

(九) 未來與展望：

1. 實驗操作時無法使用自製迴力鏢發射器，只能讓同一位拋擲同學連續拋擲，發射力道與角度較難以一致：

本研究剛開始的實驗為於寒假期間，假期常常導致無法全員到齊，使得拋擲同學、計時同學、記錄同學、觀察同學無法是同一位。進入全國賽後，已將拋擲同學、計時同學等固定，但人終究不是機器，發射迴力鏢時，無法全都在固定的角度和相同的發射力道，使得實驗數據浮動較大。

2. 自製能產生迴力效果之迴力鏢發射器：

本研究使用文具店、五金行買的到的器具，如：木條、大橡皮筋、小橡皮筋、熱熔槍、曬衣夾等物品來自製迴力鏢發射器。結果在發射迴力鏢時發現：射出的迴力鏢只有往前飛，而未產生迴力效果往拋擲者方向飛回。深究其原因，原來是拋擲者在拋擲時，除了從上往下的發射力道外，還會再加上手腕的力道，使之產生回力作用，而自製發射器未能達到此效果。自製能產生迴力效果之迴力鏢發射器，這也是我們未來可以再努力的方向。



自製迴力鏢發射器之器具



自製迴力鏢發射器發射情形

3. 迴力鏢再拋擲後易毀損：

剛開始進行實驗時，我們未在迴力鏢中心釘上訂書針，導致迴力鏢卡榫接合處產生位移現象。且每次拋擲後，飛行距離與迴力效果最好的迴力鏢常發生撞擊地面現象，致使迴力鏢的翼面產生凹折現象，導致我們必須重新製作新的迴力鏢，造成一些實驗迴力鏢只需一個，一些實驗則需要兩個迴力鏢。

七、 結論

在老師的驅使下，我們展開了迴力鏢飛行能力的相關研究。在研究的過程中，我們遇到許許多多的難關，但最大的一關就是我們的班導師，也是我們的科展指導老師。老師總會出些題目讓我們想，讓我們做，讓我們自己找答案。雖然老師會提示我們答案，但我們還是無法每一個關卡都達到老師的要求。所幸在我們努力不懈的探究，慢慢突破關卡，漸漸也瞭解到如何提升迴力鏢滯空時間、飛行距離、迴力效果的方法。經過這次的科展，相信我們的意志力也會更加提升。

八、 參考資料及其他

- 國小三上自然與生活科技領域(2020)。第3單元空氣—活動3 空氣的運用 3-4-1 空氣的玩具與遊戲。南一出版社
- 林懿偉(2005.5)。哇！飛起來的科學魔術。方智出版社
- 大愛電視 tzu chi daaivideo. (2013, August 20)。【生活裡的科學】20130817 - 向心力與離心力。YouTube。 <https://youtu.be/8VoUkvEGrXk>.
- 國立科學工藝博物館科學學習中心. (2015, October 30)。迴力鏢(新)。YouTube。 <https://youtu.be/y6gNnyLWCdw>
- 國立科學工藝博物館科學學習中心. (2015, November 17)。迴力鏢。YouTube。 <https://youtu.be/zYuYmhA8tLA>
- Lis 情境科學教材. (2019, April 19)。【自然系列-物理 | 力學04】(反作用力)你打我就是我打你。YouTube。 <https://youtu.be/OVHHHteAdAI>
- 大愛電視 tzu chi daaivideo. (2020, July 1)。【TRY 科學】20200701 - 貼壁走的康達效應。YouTube。 <https://youtu.be/PmjmE0mfod8>
- 米村傳治郎(2020.8)，亞緋琉.童唯綺譯。科學真有趣！孩子最想知道的科學疑問 200+。雅書堂文化事業有限公司

【評語】 082813

※研究範疇明確，並對飛行能力和迴力效果做了細緻的分析。

※通過控制和變更不同的變數（例如重量、翼面長度、翼面夾角等），你們進行了徹底的實

※研究結果提供了對於迴力鏢設計與飛行效果的有用見解。

※對於迴力鏢翼面弧度的影響並未進行深入討論。迴力鏢的翼面弧度對於其飛行效果和迴力效果有重大影響，且通常在實際設計迴力鏢時需要考慮。

※研究並未將投擲迴力鏢的技巧和經驗納入考慮範圍。迴力鏢的飛行結果在很大程度上依賴於投擲者的技巧和經驗。例如，即使是最佳設計的迴力鏢，如果投擲方法不對，也可能無法達到理想的飛行和迴力效果。

作品海報



舞動「迴」旋——

迴力鏢飛行能力與迴力效果之探究

摘要

本研究欲探究迴力鏢的飛行能力與迴力效果，並將其飛行能力區分為：滯空時間與飛行距離兩項。我們的研究發現：影響迴力鏢滯空時間、飛行距離、迴力效果，最重要的因素是「重量」、「翼面長度」、「翼面夾角」；「重量」越重，「翼面夾角」為90度時，迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果越好；「翼面長度」越短，「翼面重量」越重，則迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果越好；「翼面寬度」越寬，「翼面長寬比」比值越小，則迴力鏢的飛行距離越遠；而迴力鏢外型對迴力鏢的飛行能力、迴力效果沒有顯著影響，但V型迴力鏢是飛行能力、迴力效果最差的迴力鏢。由此可知：重量越重、翼面長度越短、翼面重量愈重的迴力鏢，其飛行能力與迴力效果最佳。

一、研究動機

有一天，我在家裡看著電視裡的「火影忍者」卡通，突然出現了一種很酷炫的武器——風魔手裡劍，射出去竟可以再飛回來。這激起了我的好奇心，想知道世界上到底有沒有「射出去可以再飛回來」的武器，就想到了迴力鏢。為了想更瞭解迴力鏢，於是我到班上邀約了幾位好朋友，一起組成了迴力鏢研究小隊，看書並上網查詢了迴力鏢相關資料，並以「迴力鏢」做為這次參加科展的題材。

二、研究目的

基於以上的研究動機，本研究將探討：迴力鏢之外型；相同重量迴力鏢之重量；翼面之長度、寬度與重量，對迴力鏢的滯空時間、飛行距離與迴力效果所產生的影響。所以，我們的研究目的有：

- (一) 探討相同外型之迴力鏢，「重量」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果。
- (二) 探討相同紙質之迴力鏢，「翼面外型」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果。
- (三) 探討相同紙質、外型之迴力鏢，「翼面長度」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果。
- (四) 探討相同紙質、外型之迴力鏢，「翼面寬度」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果。
- (五) 探討相同紙質、外型之迴力鏢，「翼面重量」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果。

三、研究設備及器材

本研究製作迴力鏢時，使用到的材料有：300P白銅紙、500P白銅紙、1000P白銅紙、四開襯卡、重力型多功能釘書機、鋼製直尺、量角器、剪刀、美工刀、透明膠帶、膠帶、電工膠帶。

而在進行迴力鏢拋擲實驗時，使用到的量測器材有：防水捲尺兩個、手機APP--碼表、手機APP--相機。以下為本研究之迴力鏢製作流程，迴力鏢成品製作與相關實驗器材介紹：

(一)V型、L型、三葉型、四葉型、五葉型迴力鏢之製作流程：



先用直尺在紙上畫出2個至5個寬度一樣的長方形。

接著使用美工刀將2個到5個長方形一一割下。

割出切口當卡榫，然後將2個到5個長方形接合起來。

使用量角器量出L型小夾角90度、V型小夾角120度、三葉型的夾角120度、四葉型夾角90度、五葉型夾角72度。

接著使用透明膠帶，將切口交接處黏貼緊實。

最後用訂書針將各個切口固定，以免拋擲後產生位移。

(二)我們以電子料理秤，量測不同紙質製成之不同外型迴力鏢，其量測過程如下圖，量測之重量如表1所示：



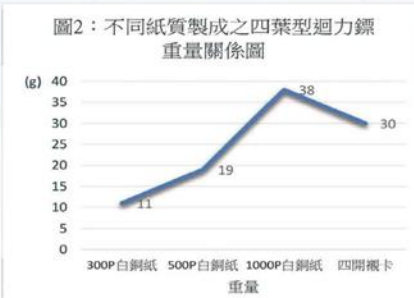
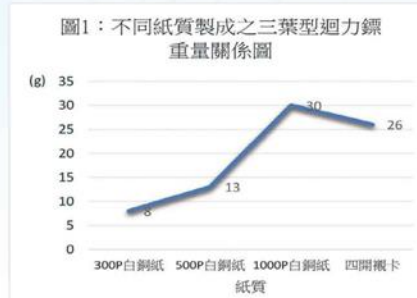
使用三箭牌電子料理秤，可量測3公斤以內重物。

將需量測之迴力鏢至於料理秤上頭，測量學生將數據報讀給記錄學生。

表1：不同外型迴力鏢之重量統計表

紙質	三葉型迴力鏢	四葉型迴力鏢	五葉型迴力鏢	V型迴力鏢	L型迴力鏢
300P白銅紙	8	11	15	6	6
500P白銅紙	13	19	22	9	9
1000P白銅紙	30	38	47	19	19
四開襯卡	26	30	38	15	15

(單位：g)



(三)不同外型之迴力鏢：
以下五張照片，由左到右依序均為：300P白銅紙、500P白銅紙、1000P白銅紙、四開襯卡製成之不同外型迴力鏢。



(四)翼面長度不同之四葉型迴力鏢，全部寬度均為5cm，由左到右依序：長度10cm、長度15cm、長度20cm：

(五)翼面寬度不同之四葉型迴力鏢，全部長度均為20cm，由左到右依序：寬度2.5cm、寬度5cm、寬度7.5cm：

(六)從翼面重量不同之四葉型迴力鏢重量量測照片發現：未貼上電工膠帶翼面重量為0g，貼上一層電工膠帶翼面重量為1g，貼上兩層電工膠帶翼面重量為2g；貼上三層電工膠帶翼面重量為3g。



未貼上電工膠帶時，四葉型迴力鏢重38g
貼上一層電工膠帶時，四葉型迴力鏢重39g
貼上二層電工膠帶時，四葉型迴力鏢重40g
貼上三層電工膠帶時，四葉型迴力鏢重41g

(七)實驗測量器材與操作步驟說明：

我們在寒假期間，於學校「操場南跑道的起跑點」進行迴力鏢拋擲實驗。取得全國決賽的參賽權後，深感操場南跑道的起跑點三面空曠，只有一面有建築物遮蔽，但一樓打通無法遮住南面吹來的風，並不適合迴力鏢拋擲實驗。於是，我們就到學校四樓禮堂試擲迴力鏢，迴力鏢竟射到了禮堂的天花板，發現這也不是一個合適的場地。所以，我們選擇了西面、南面有教學大樓遮擋，東邊有菩提樹減低風力吹拂的影響；躲避球場角落，進行我們的迴力鏢拋擲實驗。



防水捲尺



手機APP-碼表



拋擲者先站在躲避球場最角落，手執迴力鏢。



觀測最遠點距離之同學，與記錄實驗數據之同學，在教學大樓2樓就定位。



拋擲同學以90度垂直拋擲迴力鏢後，最遠點距離觀測同學告知地點。



兩位量測同學，一位與拋擲同學合作，量測最遠點距離；另一位與最遠點距離量測者合作，量測最遠點與落點距離。量測同學並將量測之數據大聲報給記錄同學。

四、研究過程與方法

針對前述研究目的，我們一共設計了五項實驗。以下為我們每一項實驗的記錄、結果分析與討論，以瞭解影響迴力鏢飛行能力、迴旋效果的因素有那些。

基於上述的研究目的，我們完成了以下的研究架構圖：



以下為本研究的名詞釋義：

- (一)滯空時間：從拋擲同學將迴力鏢拋出手時起算，到迴力鏢落地時截止之時間。
- (二)飛行距離：從拋擲同學拋擲處起算，到迴力鏢飛行最遠點之直線距離，即統計表中之「最遠點與起點之直線距離」，統計圖中以「飛行距離」簡稱之。
- (三)迴力效果：從迴力鏢拋擲之最遠處起算，至迴力鏢落地點之直線距離，即統計表中之「落點與最遠點之直線距離」，統計圖中以「迴力效果」簡稱之。

【實驗一】探討研究目的之一：相同外型之迴力鏢，「重量」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果。

- (一)研究假設：依照我們過去丟擲紙飛機的經驗，重量越輕的紙張，無法承受丟擲的力道，會產生不平整的面向，導致飛行距離降低。所以，相同外型之迴力鏢，若其重量越輕，顯示越無法承受丟擲的力道，所以其滯空時間越短、飛行距離越短，且產生的向心力也越小，迴力效果亦越差。反之亦然：因為300P白銅紙的重量最輕，所以滯空時間最短、飛行距離最短；迴力效果最差；1000P白銅紙最重，所以滯空時間最長、飛行距離最長、迴力效果最佳。
- (二)實驗器材：使用三葉型、四葉型、五葉型、V型、L型迴力鏢，各以300P白銅紙、500P白銅紙、1000P白銅紙、四開襯卡製成；防水捲尺、手機--碼表APP、手機--照相APP。
- (三)實驗步驟：

- 拋擲學生站在跑道起跑點，手執以300P白銅紙、500P白銅紙、1000P白銅紙、四開襯卡製成的三葉型迴力鏢之末端尾翼，以90度由上往下垂直拋擲。
- 聽從記錄學生指令，數1-2-3後，拋擲學生才能拋擲。
- 重量由輕到重，依序拋擲300P白銅紙、500P白銅紙、1000P白銅紙、四開襯卡之三葉型迴力鏢，每種迴力鏢各拋擲7次。
- 測量同學以防水捲尺測量，三葉型迴力鏢之滯空時間、最遠點與起點直線最遠距離、最遠點與落點距離；記錄同學則將數據登載於表格內。
- 接著依序拋擲四葉型迴力鏢、五葉型迴力鏢、V型迴力鏢、L型迴力鏢。
- 實驗記錄：將記錄之7次數據輸入EXCEL，選擇公式TRIMMEAN，去掉最大值與最小值後，進行統計分析。以下為三葉型、四葉型、五葉型、L型、V型迴力鏢的實驗數據統計圖表。

表2：不同重量製成之三葉型迴力鏢滯空時間統計表

重量	滯空時間七次平均(秒)
300P白銅紙	1.61
500P白銅紙	3.75
1000P白銅紙	3.13
四開襯卡	3.99

表3：不同重量製成之三葉型迴力鏢最遠點與起點直線距離統計表

重量	最遠點與起點直線距離七次平均(cm)
300P白銅紙	120.6
500P白銅紙	236.2
1000P白銅紙	416.6
四開襯卡	790.0

表4：不同重量製成之三葉型迴力鏢落點與最遠點之直線距離七次平均(cm)

重量	落點與最遠點之直線距離七次平均(cm)
300P白銅紙	103.8
500P白銅紙	296.8
1000P白銅紙	655.2
四開襯卡	435.4

表5：不同重量製成之四葉型迴力鏢滯空時間統計表

重量	滯空時間七次平均(秒)
300P白銅紙	2.18
500P白銅紙	2.51
1000P白銅紙	4.44
四開襯卡	3.45

圖5：不同重量製成之三葉型迴力鏢滯空時間統計圖

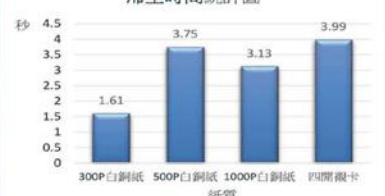


圖6：不同重量製成之三葉型迴力鏢飛行距離統計圖

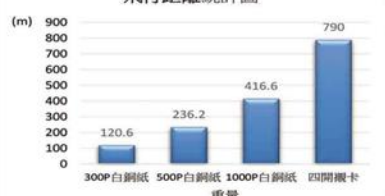


圖7：不同重量製成之三葉型迴力鏢迴力效果統計圖

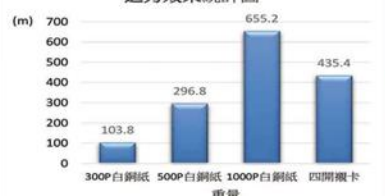


圖8：不同重量製成之四葉型迴力鏢滯空時間統計圖

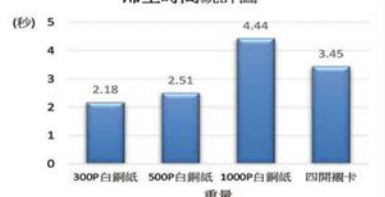


表 6：不同重量製成之四葉型迴力鏢最遠點與起點直線距離統計表

重量	最遠點與起點直線距離七次平均(cm)
300P 白銅紙	201.4
500P 白銅紙	171.2
1000P 白銅紙	753.0
四開襯卡	593.8

圖 9：不同重量製成之四葉型迴力鏢飛行距離統計圖

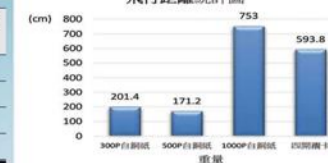


表 7：不同重量製成之四葉型迴力鏢落點與最遠點直線距離統計表

重量	落點與最遠點的直線距離七次平均(cm)
300P 白銅紙	75.60
500P 白銅紙	278.60
1000P 白銅紙	651.20
四開襯卡	555.40

圖 10：不同重量製成之四葉型迴力鏢迴力效果直線距離統計圖

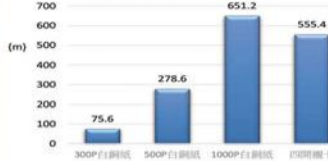


表 8：不同重量製成之五葉型迴力鏢滯空時間統計表

重量	滯空時間七次平均(秒)
300P 白銅紙	1.69
500P 白銅紙	2.50
1000P 白銅紙	3.86
四開襯卡	3.86

圖 11：不同重量製成之五葉型迴力鏢滯空時間統計圖

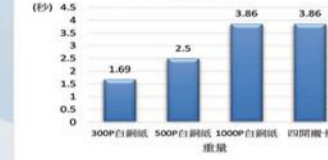


表 9：不同重量製成之五葉型迴力鏢最遠點與起點直線距離統計表

重量	最遠點與起點直線距離七次平均(cm)
300P 白銅紙	223.8
500P 白銅紙	167.0
1000P 白銅紙	846.6
四開襯卡	619.2

圖 12：不同重量製成之五葉型迴力鏢飛行距離統計圖

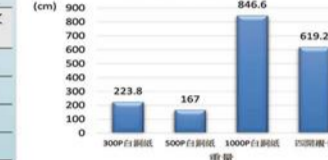


表 10：不同重量製成之五葉型迴力鏢落點與最遠點直線距離統計表

重量	落點與最遠點的直線距離七次平均(cm)
300P 白銅紙	72.2
500P 白銅紙	239.4
1000P 白銅紙	614.2
四開襯卡	595.6

圖 13：不同重量製成之五葉型迴力鏢迴力效果統計圖

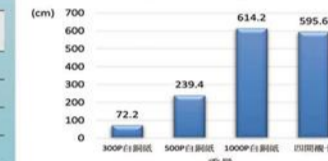


表 11：不同重量製成之 V 型迴力鏢滯空時間統計表

重量	滯空時間七次平均(秒)
300P 白銅紙	1.18
500P 白銅紙	1.11
1000P 白銅紙	2.70
四開襯卡	2.00

圖 14：不同重量製成之 V 型迴力鏢滯空時間統計圖

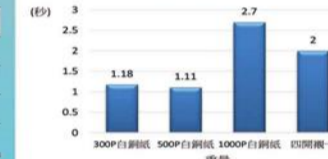


表 12：不同重量製成之 V 型迴力鏢最遠點與起點直線距離統計表

重量	最遠點與起點直線距離七次平均(cm)
300P 白銅紙	153.2
500P 白銅紙	216.6
1000P 白銅紙	661.0
四開襯卡	482.0

圖 15：不同重量製成之 V 型迴力鏢飛行距離統計圖

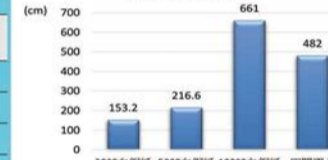


表 13：不同重量製成之 V 型迴力鏢落點與最遠點直線距離統計表

重量	落點與最遠點的直線距離七次平均(cm)
300P 白銅紙	109.8
500P 白銅紙	113.6
1000P 白銅紙	301.6
四開襯卡	240.4

圖 16：不同重量製成之 V 型迴力鏢迴力效果統計圖

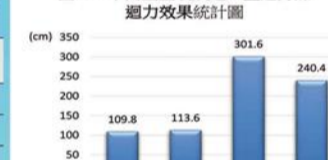


表 14：不同重量製成之 L 型迴力鏢滯空時間統計表

重量	滯空時間七次平均(秒)
300P 白銅紙	1.12
500P 白銅紙	1.49
1000P 白銅紙	3.73
四開襯卡	3.57

圖 17：不同重量製成之 L 型迴力鏢滯空時間統計圖

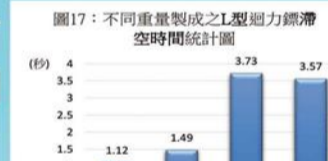


表 15：不同重量製成之 L 型迴力鏢最遠點與起點直線距離統計表

重量	最遠點與起點直線距離七次平均(cm)
300P 白銅紙	150.6
500P 白銅紙	275.2
1000P 白銅紙	1145.0
四開襯卡	1034.0

圖 18：不同重量製成之 L 型迴力鏢飛行距離統計圖



表 16：不同重量製成之 L 型迴力鏢落點與最遠點直線距離統計表

重量	落點與最遠點的直線距離七次平均(cm)
300P 白銅紙	96.0
500P 白銅紙	119.2
1000P 白銅紙	499.0
四開襯卡	449.2

圖 19：不同重量製成之 L 型迴力鏢迴力效果統計圖



表 18：300P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢最遠點與起點直線距離統計表

外型	最遠點與起點直線距離平均(cm)
三葉型	120.6
四葉型	201.4
五葉型	223.8
V 型	153.2
L 型	150.6

圖 21：300P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢飛行距離統計圖



表 19：300P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢落點與最遠點直線距離統計表

外型	落點與最遠點的直線距離七次平均(cm)
三葉型	103.8
四葉型	75.6
五葉型	72.2
V 型	109.8
L 型	96.0

圖 22：300P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢迴力效果統計圖



表 20：500P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢滯空時間統計表

外型	滯空時間七次平均(秒)
三葉型	3.75
四葉型	2.51
五葉型	2.50
V 型	1.11
L 型	1.49

圖 23：500P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢滯空時間統計圖

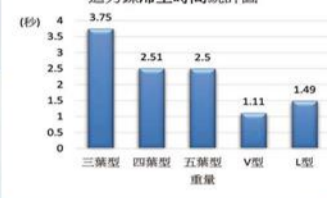


表 21：500P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢最遠點與起點直線距離統計表

外型	最遠點與起點直線距離七次平均(cm)
三葉型	236.2
四葉型	171.2
五葉型	167.0
V 型	216.6
L 型	275.2

圖 24：500P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢飛行距離統計圖

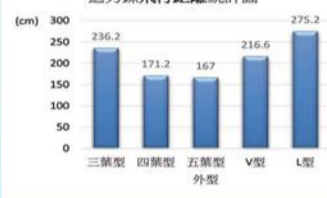


表 22：500P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢落點與最遠點直線距離統計表

外型	落點與最遠點的直線距離七次平均(cm)
三葉型	296.8
四葉型	278.6
五葉型	239.4
V 型	113.6
L 型	119.2

圖 25：500P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢迴力效果統計圖



表 23：1000P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢滯空時間統計表

外型	滯空時間七次平均(秒)
三葉型	3.10
四葉型	4.44
五葉型	3.86
V 型	2.70
L 型	3.73

圖 26：1000P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢滯空時間統計圖

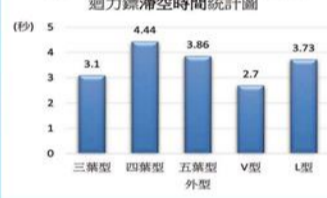


表 24：1000P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢最遠點與起點直線距離統計表

外型	最遠點與起點直線距離七次平均(cm)
三葉型	416.6
四葉型	753.0
五葉型	846.6
V 型	661.0
L 型	1145.0

圖 27：1000P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢飛行距離統計圖



表 25：1000P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢落點與最遠點直線距離統計表

外型	落點與最遠點的直線距離七次平均(cm)
三葉型	655.2
四葉型	651.2
五葉型	614.2
V 型	301.6
L 型	499.0

圖 28：1000P 白銅紙製成之不同外型迴力鏢迴力效果統計圖



表 26：四開襯卡製成之不同外型迴力鏢滯空時間統計表

外型	滯空時間七次平均(秒)
三葉型	3.99
四葉型	3.45
五葉型	3.86
V 型	2.00
L 型	3.57

圖 29：四開襯卡製成之不同外型迴力鏢滯空時間統計圖

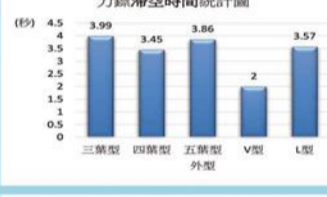


表 27：四開襯卡製成之不同外型迴力鏢最遠點與起點直線距離統計表

外型	最遠點與起點直線距離七次平均(cm)
三葉型	790.0
四葉型	593.8
五葉型	619.2
V 型	482.0
L 型	1034.0

圖 30：四開襯卡製成之不同外型迴力鏢飛行距離統計圖



表 28：四開襯卡製成之不同外型迴力鏢落點與最遠點直線距離統計表

外型	落點與最遠點的直線距離七次平均(cm)
三葉型	435.4
四葉型	555.4
五葉型	595.6
V 型	240.4
L 型	449.2

圖 31：四開襯卡製成之不同外型迴力鏢迴力效果統計圖



表 29：不同翼面長度之四葉型迴力鏢滯空時間統計表

翼面長度	滯空時間七次平均(秒)
長 20 cm	3.06
長 15 cm	2.60
長 10 cm	3.13

圖 32：不同翼面長度之四葉型迴力鏢滯空時間統計圖

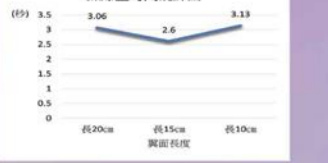


表 30：不同翼面長度之四葉型迴力鏢最遠點與起點直線距離統計表

翼面長度	最遠點與起點直線距離七次平均(cm)
長 20 cm	552.6
長 15 cm	654.6
長 10 cm	876.4

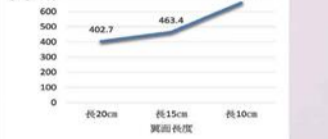
圖 33：不同翼面長度之四葉型迴力鏢飛行距離統計圖



表 31：不同翼面長度之四葉型迴力鏢落點與最遠點直線距離統計表

翼面長度	落點與最遠點的直線距離七次平均(cm)
長 20 cm	402.7
長 15 cm	463.4
長 10 cm	656.6

圖 34：不同翼面長度之四葉型迴力鏢迴力效果統計圖



【實驗三】探討研究目的四之：相同外型、相同紙質之迴力鏢，「翼面長度」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果。

- 實驗假設：相同重量、相同外型之迴力鏢，翼面長度越寬，迴力鏢翼面所受浮力越佳，所以滯空時間、飛行距離均最好；其翼面長度亦較大，迴力效果也會最佳。反之亦然。所以翼面長度均為20cm時，翼面長度7.5cm之迴力鏢因翼面長度最寬，所以迴力鏢滯空時間最久，飛行距離越遠，迴力效果最好；翼面長度5cm迴力鏢次之；翼面長度7.5cm之迴力鏢，因重量最重，滯空時間越短，飛行距離越短，迴力效果亦最差。
- 實驗器材：使用1000P白銅紙製成之長度20cm，寬度各為2.5cm、5cm、7.5cm之四葉型迴力鏢；防水捲尺、手機-碼表APP、手機-照相APP。
- 實驗步驟：
 - 拋擲學生站於跑道起點，手執以1000P白銅紙製成之四葉型迴力鏢之末端尾翼，以90度由上往下垂直拋擲。
 - 聽從記錄學生口令，數1-2-3後，拋擲學生才能拋擲。
 - 翼面寬度由小到大，依序拋擲寬度2.5cm、5cm、7.5cm之四葉型迴力鏢，各種迴力鏢各拋擲7次。
 - 測量同學以防水捲尺，測量翼面長度不同的迴力鏢之滯空時間、與起點直線最遠距離、產生迴力作用後與起點的距離；記錄同學同步將數據記錄在表格內。
 - 實驗記錄：將所記錄之7次數據輸入EXCEL，選取公式TRIMMEAN，去掉數據中之最大值與最小值後，進行統計分析。以下為1000P白銅紙製成，不同翼面長度之四葉型迴力鏢的實驗數據圖表。

表 32：不同翼面長度之四葉型迴力鏢滯空時間統計表

翼面長度	滯空時間七次平均(秒)
寬 2.5 公分	2.28
寬 5 公分	3.49
寬 7.5 公分	2.91

圖 35：不同翼面長度之四葉型迴力鏢滯空時間統計圖

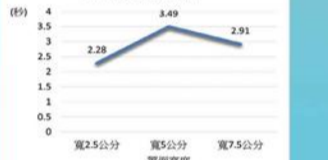


表 33：不同翼面長度之四葉型迴力鏢最遠點與起點直線距離統計表

翼面長度	最遠點與起點直線距離七次平均(cm)
寬 2.5 公分	397.2
寬 5 公分	520.4
寬 7.5 公分	656.6

圖 36：不同翼面長度之四葉型迴力鏢飛行距離統計圖

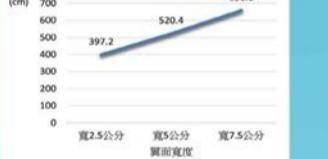


表 34：不同翼面長度之四葉型迴力鏢落點與最遠點直線距離統計表

翼面長度	落點與最遠點的直線距離七次平均(cm)
寬 2.5 公分	

五、研究結果

【研究目一】探討相同外型之迴力鏢，「重量」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果。

(一)實驗結果：

從表2到表4、圖5到圖7可知：三葉型迴力鏢中，滯空時間以四開襯卡最久，接著依次是500P白銅紙、1000P白銅紙、300P白銅紙，各是四開襯卡的94%、78%、40%；而飛行距離則以四開襯卡最遠，然後是1000P白銅紙、500P白銅紙、300P白銅紙最近，各是四開襯卡的57%、30%、15%；迴力效果最好的是1000P白銅紙，其次是四開襯卡、500P白銅紙，最差的是300P白銅紙，各是1000P白銅紙的80%、54%、19%。由實驗結果可知：三葉型迴力鏢滯空時間、飛行距離、迴力效果，大抵受到「重量」影響——重量越重，滯空時間越久，飛行距離越遠，迴力效果也越好。

再從表5到表7、圖8到圖10得知：四葉型迴力鏢中，滯空時間以1000P白銅紙最久，而四開襯卡、500P白銅紙次之，300P白銅紙最短，各是1000P白銅紙的78%、57%、49%；而飛行距離也是1000P白銅紙最遠，四開襯卡、300P白銅紙其次，500P白銅紙則最短，各是1000P白銅紙的79%、27%、23%；迴力效果也是1000P白銅紙最佳，緊接著是四開襯卡、500P白銅紙，300P白銅紙則最差各是1000P白銅紙的75%、43%、12%。由實驗圖表可知：四葉型迴力鏢滯空時間、飛行距離、迴力效果，均受到「重量」影響——重量越重，滯空時間越久，飛行距離越遠，迴力效果也越好。

接著從表8到表10、圖11到圖13發現：五葉型迴力鏢中，滯空時間1000P白銅紙與四開襯卡一樣長，500P白銅紙次之，300P白銅紙最短，各是1000P白銅紙、四開襯卡的97%、39%、12%。由統計圖表可知：五葉型迴力鏢滯空時間、飛行距離、迴力效果，也呈現迴力鏢重量越重，滯空時間越久，飛行距離越遠，迴力效果越佳的結果，顯示：「重量」影響了迴力鏢的飛行能力與迴力效果。

從表11到表13、圖14到圖16得知：V型迴力鏢滯空時間以1000P白銅紙最久，四開襯卡、300P白銅紙次之，500P白銅紙最短，各是1000P白銅紙的74%、44%、41%；飛行距離也是1000P白銅紙最遠，四開襯卡其次，500P白銅紙次之，300P白銅紙則最短，各是1000P白銅紙的73%、33%、23%；迴力效果最好的也是1000P白銅紙，其次是四開襯卡、500P白銅紙，最差的是300P白銅紙，各是1000P白銅紙的80%、38%、36%。由此可知：V型迴力鏢滯空時間、飛行距離、迴力效果，均受「重量」影響——重量越重，滯空時間越久，飛行距離越遠，迴力效果也越好。

最後從表14到表16、圖17到圖19得知：L型迴力鏢滯空時間1000P白銅紙最久，四開襯卡、500P、300P白銅紙次之，各是1000P白銅紙的96%、40%、30%；而飛行距離1000P白銅紙最遠，四開襯卡、500P白銅紙次之，300P白銅紙最短，各是1000P白銅紙的90%、24%、13%；迴力效果最好的是1000P白銅紙，其次是四開襯卡、500P白銅紙，300P白銅紙則最差，各是1000P白銅紙的90%、24%、19%。由此可知：L型迴力鏢滯空時間、飛行距離、迴力效果，都受「重量」影響——重量越重，滯空時間越久，飛行距離越遠，迴力效果也越好。

(二)研究討論：

無論是三葉型、四葉型、五葉型、V型或L型迴力鏢，均呈現「重量」越重，滯空時間越久，飛行距離也越遠，迴力效果也越好的情形。因此，本實驗假設：「300P白銅紙的重量最輕，所以滯空時間最短、飛行距離最短；迴力效果最差；1000P白銅紙最重，所以滯空時間最長、飛行距離最長、迴力效果最佳。」

【研究目的二】探討相同紙質之迴力鏢，「外型」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果。

(一)實驗結果：

從表17到表19、圖20到圖22得知：以300P白銅紙製成的不同外型迴力鏢，滯空時間以四葉型最久，五葉型、三葉型、V型次之，L型最短，各是四葉型的78%、44%、54%、51%；而飛行距離以五葉型最遠，四葉型、V型、L型次之，三葉型最短，各是五葉型的90%、68%、67%、54%；迴力效果最好的是V型，接著是三葉型、L型，四葉型、五葉型最差，但差距不大，各是V型迴力鏢的95%、87%、69%、66%。由研究結果可知：以300P白銅紙製成的不同外型迴力鏢，滯空時間以四葉型最好，L型表現最差；飛行距離方面，五葉型奪冠，表現最差的是三葉型。迴力效果則是V型最好，五葉型最差。以300P白銅紙而言，迴力鏢「外型」看來影響不是很顯著。

接著從表20到表22、圖23到圖25發現：由500P白銅紙製成的不同外型迴力鏢中，滯空時間以三葉型最久，四葉型與五葉型次之，L型其次，V型則最短，各是三葉型的67%、67%、42%、30%；而飛行距離以L型最遠，三葉型其次，V型次之，四葉型與五葉型差異不大，均最長，各是三葉型的86%、79%、62%、61%；迴力效果最好的是三葉型，其次四葉型、五葉型、L型、V型最差，各是三葉型的94%、81%、40%、38%。由研究結果發現：以500P白銅紙製成之各型迴力鏢，滯空時間、迴力效果最好的均為三葉型，最差的也都是V型；而飛行距離則是L型最遠，五葉型最近。以500P白銅紙而言，迴力鏢「外型」影響也不是很明顯。

從表23到表25、圖26到圖28可知：以1000P白銅紙製成的不同外型迴力鏢，滯空時間以四葉型最久，五葉型、L型、三葉型次之，V型最短，各是四葉型的87%、80%、70%、61%；而飛行距離最遠是L型，五葉型、四葉型、V型其次，三葉型殿後，各是L型的82%、73%、64%、41%；迴力效果最好的是四葉型，其次是五葉型、三葉型、L型，最後一名是V型，各是四葉型迴力鏢的94%、84%、69%、44%。由研究可知：以1000P白銅紙製成之各型迴力鏢，滯空時間、迴力效果最好的均為四葉型，最差的也都是V型；而飛行距離則是L型最遠，V型最差。以1000P白銅紙而言，迴力鏢「外型」影響也不是很明顯。

最後從表26到表28、圖29到圖31得知：使用四開襯卡製成的不同外型迴力鏢，滯空時間以三葉型最久，五葉型、L型、四葉型次之，V型則最短，各是三葉型迴力鏢的97%、89%、86%、68%；而飛行距離則以L型最遠，三葉型、五葉型、V型其次，四葉型最近，各是L型的76%、60%、59%、57%；迴力效果由最好到最差依序是五葉型、四葉型、L型、三葉型、V型，各是五葉型迴力鏢的83%、75%、73%、51%。由上可知：以四開襯卡製成之不同外型迴力鏢，滯空時間以三葉型最久，V型最短；飛行距離以L型最遠，四葉型最差；迴力效果是五葉型最佳，V型最差。以四開襯卡來說，迴力鏢「外型」影響也不是很明顯。

(二)研究討論：

由上可知，V型迴力鏢只在300P白銅紙拿到滯空時間、飛行距離第一，但在500P、1000P白銅紙、四開襯卡中，其滯空時間、飛行距離、迴力效果都是最後一名。因為重量會影響迴力鏢的飛行能力、迴力效果，顯示：V型迴力鏢是飛行能力、迴力效果最差的迴力鏢。

但是飛行能力、迴力效果方面，則參差互見。在滯空時間方面，以三葉型、四葉型表現較佳；飛行距離方面，L型在500P、1000P白銅紙、四開襯卡中均獨占鰲頭；迴力效果在300P、500P、1000P白銅紙、四開襯卡中，表現最好的依序為V型、三葉型、四葉型、五葉型。在滯空時間、飛行距離、迴力效果這三個面向，我們無法看出哪種外型的迴力鏢表現最優。

因此，本實驗假設：「五葉型迴力鏢的葉片數最多，受面積積最大，葉片旋轉速率最快，所以滯空時間最久，飛行距離越長、迴力效果也最佳；而L型、V型迴力鏢的葉片數最少，受面積積最小，葉片旋轉速率最慢，所以滯空時間最短、飛行距離越短、迴力效果亦最差」未獲得支持。

【研究目的三】探討相同紙質、外型之迴力鏢，「翼面長度」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果。

(一)實驗結果：

由表29到表31、圖32到圖34得知：使用翼面長度20cm、1000P白銅紙製成的不同翼面長度三葉型迴力鏢，滯空時間以翼面長度10cm最久，20cm次之，15cm最少，各是翼面長度10cm的98%與83%；而飛行距離則以翼面長度10cm最遠，15cm其次，20cm最短，各是翼面長度10cm的75%與63%；迴力效果最好的是翼面長度10cm，其次為15cm，20cm最短，各是翼面長度10cm的61%與71%。

由關係圖可知：以1000P白銅紙製成之翼面長度為5cm，翼面長度不同之迴力鏢，其滯空時間、飛行距離、迴力效果均以翼面長度10cm表現最佳，顯示：迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果，呈現「翼面長度」越短，三者表現越佳的情形；甚至在飛行距離、迴力效果兩方面，更出現線型一致的關係折線圖，使我們認為翼面長度與兩者的關係匪淺。至於滯空時間，則未出現相同的趨勢變化，翼面長度10cm與翼面長度20cm的迴力鏢，表現甚至不分軒輊。

(二)研究討論：

四葉型迴力鏢「翼面長度」越短，其滯空時間、飛行距離、迴力效果越佳，表示迴力鏢的飛行能力、迴力效果是翼面長度越短，效果越好；但翼面長度的影響在滯空時間這點則無法確認。由本研究可知：「翼面長度」與迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果有負相關。

因此，我們的研究假設「翼面寬度都為5cm時，翼面長度20cm的迴力鏢，因為翼面長度最長，所以滯空時間最久、飛行距離越長、迴力效果也最佳；翼面長度15cm次之；翼面長度10cm的迴力鏢，則滯空時間最短，飛行距離最短，迴力效果也最差」未獲得支持。

【研究目的四】探討相同紙質、外型之迴力鏢，「翼面寬度」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果。

(一)實驗結果：

從表32到表34、圖35到圖37得知：使用翼面長度20cm、1000P白銅紙製成的不同翼面寬度之四葉型迴力鏢，滯空時間以翼面寬度5cm最久，7.5cm次之，2.5cm最後，分別是翼面寬度5cm的83%、65%；飛行距離則以翼面寬度7.5cm最遠，5cm其次，2.5cm最短，分別是翼面寬度7.5cm的79%、60%；迴力效果最好的是翼面寬度5cm，其次為2.5cm，7.5cm最差，分別是翼面寬度5cm的97%、87%。

由上可知：四葉型迴力鏢翼面寬度越寬，飛行距離越遠；對於滯空時間、迴力效果而言，則以翼面寬度適中為佳。故本研究假設「翼面長度20cm，翼面寬度7.5cm之迴力鏢，因受面積積最大，所以迴力鏢滯空時間最久，飛行距離越遠，迴力效果最好；翼面寬度5cm迴力鏢次之；翼面寬度2.5cm之迴力鏢，因受面積積最小，滯空時間越短，飛行距離越短，迴力效果最差」獲得部分支持。

(二)研究討論：

由研究得到：不同翼面寬度的迴力鏢，其滯空時間、迴力效果呈現起伏情況。但，飛行距離則出現翼面越寬，效果越佳的現象。顯示：不同翼面寬度，與迴力鏢的滯空時間、迴力效果較無相關；與飛行距離則出現正相關。

【研究目的五】探討相同紙質、外型之迴力鏢，「翼面重量」是否會影響其滯空時間、飛行距離與迴力效果。

(一)實驗結果：

由表35到表37、圖38到圖40得知：長度20cm、寬5公分的不同翼面重量四葉型迴力鏢，滯空時間以翼面重量1g最久，接著是0g、3g、2g，分別是翼面重量1g的98%、96%、72%，前三者可說差距不大；飛行距離則是翼面重量3g最遠，緊接著是0g、1g、2g，分別是翼面重量3g的93%、57%、56%；迴力效果最好的是翼面重量3g，其次是0g、1g、2g，分別是翼面重量3g的68%、66%、34%。

由統計圖得知：長度20cm、寬5公分的不同翼面重量四葉型迴力鏢，其滯空時間、飛行距離、迴力效果均未能呈現翼面重量越重，三者都越好的情況。但我們發現到：翼面重量3g的迴力鏢，滯空時間、飛行距離、迴力效果均為最佳或與最佳相距不遠；翼面重量2g的迴力鏢，三者均殿後。所以我們的研究假設：「翼面重量增加3g時，迴力鏢的滯空時間越長、飛行距離越遠、迴力效果越佳；翼面重量未增加，也就是翼面重量為0g時，其滯空時間越短、飛行距離越近、迴力效果越差」獲得部分支持。

(二)研究討論：

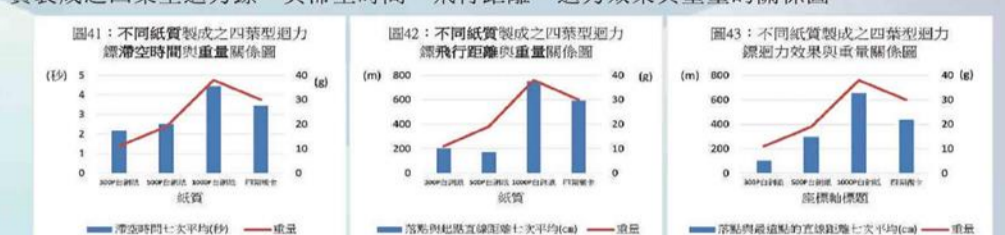
翼面重量3g的迴力鏢，滯空時間、飛行距離、迴力效果表現均十分優異，顯示了翼面重量與三者其實關係匪淺；但統計圖呈現「U」字形，使我們只能認定：翼面重量越重，迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果越好；但對於翼面重量0g，三者表現也不錯，則無法獲得支持。

六、討論

(一)「重量」會影響迴力鏢的滯空時間、飛行距離與迴力效果：

我們將圖1到圖4不同紙質製成之不同外型迴力鏢重量折線圖，放進圖5到圖19不同重量製成不同外型迴力鏢之滯空時間、飛行距離、迴力效果長條圖，進行交叉比對後發現：當重量越重的時候，迴力鏢被拋擲出去的滯空時間越長，飛行距離也越遠，甚至迴力效果也最佳。

我們認為：應該是拋擲者的拋擲力道，較多地加諸於重量較重的迴力鏢身上，才會導致重量與迴力鏢的滯空時間、飛行距離產生正相關。而重量越輕，受到空氣阻力的影響越大，甚至產生迴力鏢本身還變形，導致較輕的迴力鏢無法達到較長的滯空時間與較遠的飛行距離。依據牛頓第三運動定律，當迴力鏢向前的離心力越大，向拋擲者回來的向心力也變大，所以重量較重的迴力鏢，其迴力效果也越佳。其中以四葉型迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果折線，與其重量的關係更是吻合，彼此呈現正相關。圖41、圖42、圖43為不同紙質製成之四葉型迴力鏢，其滯空時間、飛行距離、迴力效果與重量的關係圖。



(二)「外型」不會影響迴力鏢的滯空時間、飛行距離與迴力效果：

本研究發現：不同外型的迴力鏢，在滯空時間、飛行距離、迴力效果方面有千秋。滯空時間以三葉型、四葉型迴力鏢表現較佳；L型迴力鏢在飛行距離以500P、1000P白銅紙、四開襯卡中均表現優異；迴力效果則是百花齊放，各擅勝場。所以，我們的研究無法得出：哪些外型的迴力鏢能在滯空時間、飛行距離、迴力效果這三個面向，有最優異整體的表現。但是得知：V型迴力鏢是飛行能力、迴力效果最差的迴力鏢。

(三)「翼面夾角」會影響迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果：

因為迴力鏢的重量影響其滯空時間、飛行距離、迴力效果較鉅，所以我們以1000P白銅紙、四開襯卡製成之V型、L型迴力鏢，來探討迴力鏢翼面夾角對其飛行能力、迴力效果的影響。因為兩者的重量相同，只有翼面夾角不同：V型的小夾角是120度，L型迴力鏢的小夾角是90度。但我們卻發現到：V型迴力鏢，其滯空時間只到L型迴力鏢的72.4%、56.0%，飛行距離是57.7%、46.6%，迴力效果則是60.4%、53.5%。由此發現：「翼面夾角」為90度時，迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果最佳。

(四)「翼面長度」與迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果呈現負相關：

由實驗結果可知：四葉型迴力鏢的翼面長度越短，其滯空時間、飛行能力、迴力效果均最好，彼此之間的關係呈現負相關。顯示：迴力鏢翼面長度越短，其飛行能力越佳，迴力作用也越好。

(五)「翼面寬度」會影響迴力鏢的飛行距離，對滯空時間、迴力效果影響不顯著：

四葉型迴力鏢的翼面寬度越寬，對於飛行距離影響最大，越窄則飛行距離越短；在滯空時間、迴力效果方面，則以翼面寬度適中為佳。

(六)「翼面長寬比」對於迴力鏢滯空時間、飛行距離、迴力效果，有最佳的比值為「2」，且比值越小，迴力鏢的飛行距離越遠：

我們將翼面長度、翼面寬度的兩項實驗數據放在一起，進一步推論出翼面長度與寬度的比值，我們將長寬比比值最小者訂為「1」，比值最大者訂為「6」，得到表38：翼面長寬比與滯空時間、飛行距離、迴力效果之排序統計表，為了更加了解翼面長寬比對迴力鏢飛行能力與迴力效果的影響，我們另外將滯空時間、飛行距離、迴力效果以最大值為「1」，最小值排序為「6」排序，最後推導得到了圖44：迴力鏢長寬比與滯空時間、飛行距離、迴力效果折線圖。

表38：迴力鏢翼面長寬比與滯空時間、飛行距離、迴力效果排序關係表

實驗變相	實驗數據	翼面長寬比	長寬比	滯空時間	滯空時間排序	飛行距離	飛行距離排序	迴力效果	迴力效果排序		
實驗三	翼面長度	20	2.5	8	6	2.28	6	397.2	6		
	翼面寬度	5	4	4	3.49	1	520.4	5	549.1	2	
	翼面長寬比	20	7.5	2.67	2	2.91	4	656.6	2	475.6	4
實驗四	翼面長度	20	5	4	4	3.06	3	552.6	4	402.7	6
	翼面寬度	15	5	3	3	2.6	5	654.6	3	463.4	5
	翼面長寬比	10	5	2	1	3.13	2	876.4	1	656.6	1

從圖44我們發現：藍色的翼面長寬比折線，與綠色的飛行距離折線幾乎重疊，表示兩者關係密切，所以翼面長寬比比值越小，迴力鏢的飛行距離越遠；而紅色的滯空時間折線、紫色的迴力效果折線，與藍色的翼面長寬比折線幾乎不重疊，顯示翼面長寬比與迴力鏢的滯空時間、迴力效果較無相關。

不過我們發現翼面長寬比比值最小的排序「1」，除了滯空時間拿到第2名之外，飛行距離、迴力效果也拿到第1名；而翼面長寬比比值最大的排序「6」，除了迴力效果拿到第3名之外，在滯空時間、飛行距離都是最後1名。我們大膽推想：翼面長寬比對於迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果有一個最好的比值，在本實驗落在比值為「2」；有一個最差的比值，在本實驗落在比值為「8」。

(七)「翼面重量」越重，迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果越好：

迴力鏢「翼面重量」越重，迴力鏢的滯空時間越久，飛行距離越遠、迴力效果越佳；但翼面重量為0g，迴力鏢的滯空時間、飛行距離、迴力效果並沒有直直下落。所以迴力鏢的「翼面重量」未能與其飛行能力、迴力效果呈正相關。

(八)本研究發現：影響迴力鏢滯空時間、飛行距離、迴力效果的因素主要是「重量」、「翼面長度」。

(九)未來與展望：

1. 實驗操作時無法使用自製迴力鏢發射器，只能讓同一位拋擲同學連續拋擲，發射力道與角度較難以一致；

本研究剛開始是在寒假期間，假期常常導致無法全員到齊，使得拋擲同學、計時同學、記錄同學、觀察同學無法是同一位。進入全國賽後，已將拋擲同學、計時同學等固定，但人終究不是機器，發射迴力鏢時，無法全都在固定的角度和相同的發射力道，使得實驗數據浮動較大。

2. 自製能產生迴力效果之迴力鏢發射器：

本研究使用文具店、五金行買的到的器具，如：木條、大橡皮筋、小橡皮筋、热熔槍、曬衣夾等物品來自製迴力鏢發射器。結果在發射迴力鏢時發現：射出的迴力鏢只有往前飛，而未產生迴力效果往拋擲者方向飛回。深究其原因，原來是拋擲者在拋擲時，除了從上往下的發射力道外，還會再加上手腕的力道，使之產生回力作用，而自製發射器未能達到此效果。自製能產生迴力效果之迴力鏢發射器，這也是我們未來可以再努力的方向。

3. 迴力鏢再拋擲後易毀損：

剛開始進行實驗時，我們未在迴力鏢中心釘上釘書針，導致迴力鏢卡榫接合處產生位移現象。且每次拋擲後，飛行距離與迴力效果最好的迴力鏢常發生撞擊地面現象，致使迴力鏢的翼面產生凹折現象，導致我們必須重新製作新的迴力鏢，造成一些實驗迴力鏢只需一個，一些實驗則需要兩個迴力鏢。



七、結論

在老師的驅使下，我們展開了迴力鏢飛行能力的相關研究。在研究的過程中，我們遇到許許多多的難關，但最大的一關就是我們的班導師，也是我們的科展指導老師。老師總會出題目讓我們想，讓我們自己找答案。雖然老師會提示我們答案，但我們還是無法每一個關卡都達到老師的要求。所幸在我們努力不懈的探究，慢慢突破關卡，漸漸也瞭解到如何提升迴力鏢滯空時間、飛行距離、迴力效果的方法。經過這次的科展，相信我們的意志力也會更加提升。

八、參考資料及其他

- 國小三上自然與生活科技領域(2020)。第3單元空氣—活動3 空氣的運用3-4-1 空氣的玩具與遊戲。南—出版社。
- 林懿偉(2005.5)。哇！飛起來的科學魔術。方智出版社。
- 大愛電視 tzu chi daavideo. (2013, August 20)。【生活裡的科學】20130817-向心力與離心力。YouTube。https://youtu.be/8VoUkVjEGxk。
- 國立科學工藝博物館科學學習中心。(2015, October 30)。迴力鏢(新)。YouTube。https://youtu.be/y6gNnyLWCdw。
- 國立科學工藝博物館科學學習中心。(2015, November 17)。迴力鏢。YouTube。https://youtu.be/zYuYmhABtLA。
- Lis 情境科學教材。(2019, April 19)。【自然系列-物理|力學04】(反作用力)你打我就是我打你。YouTube。https://youtu.be/OVHHHteAdAI。
- 大愛電視 tzu chi daavideo. (2020, July 1)。【TRY 科學】20200701-貼壁走的康達效應。YouTube。https://youtu.be/PmjmE0mfod8。
- 米村傳治郎(2020.8)。亞精琉.童唯雅譯。科學真有趣！孩子最想知道的科學疑問200+。雅書堂文化事業有限公司。