

臺南市 108 年度國小學生獨立研究競賽作品(封面)

作品名稱：「鏢」新立「翼」~紙飛鏢的研究

編號：（由承辦單位統一填寫）

獨立研究作品內文

作品名稱：「鏢」新立「翼」~紙飛鏢的研究

摘要（500 字以內）

在獨立研究課程時，我們想要找到我們感興趣的研究主題，後來我們想到紙飛鏢這個主題，於是我們結合五年級教到的幾何圖形以及角度的計算，和國二下的基本力學和拋物線原理，想要運用到紙飛鏢研究上。於是，我們展開了紙飛鏢實驗，探討其中的科學原理。

實驗中，我們用各種紙當作媒介，來研究不同材質的紙飛鏢射程及偏離角度，再依據實驗得出最佳的紙材質來研究不同大小的紙飛鏢之射程及偏離角度，接下來再依據最佳的紙大小，來研究不同形狀的紙飛鏢之射程及偏離角度。我們製作了不同大小、不同材質、和不同種類的紙飛鏢實驗。

實驗結果顯示，最好的紙材質是報紙，最好飛鏢大小是 15*15 的紙飛鏢，而最好的飛鏢種類是四角飛鏢。結合以上條件，射程可達 12.4m，偏離角度可達 0 度，為實驗中的最好數據。所以，紙飛鏢要用像報紙這樣輕薄，而且大小是 15*15 的紙，才能飛得又直又遠、比較不會有誤差影響實驗數據。

壹、研究動機及目的(或問題)

一、研究動機

在獨立研究課程時，我們看了一些科展作品，我們想要找到我們感興趣的研究主題。後來，我們在網路上看到一篇關於紙飛機的研究，裡面在研究有關於紙飛機的射程，我們左思右想、絞盡腦汁，就是想不出這個研究可以延伸出什麼主題，正當我們絕望想換個報告來看時，剛好看到門外有一個小弟弟正在玩紙飛鏢，看似簡單的舉手投足，但卻對我們有很大的幫助，因為讓我們聯想到紙飛鏢這個主題。

剛好我們這學期有教到幾何圖形以及角度的計算，而且又喜歡看有關忍者的電影與卡通，例如：忍者亂太郎、忍者龜、秒殺一切日本忍者……等。這個研究居然都沒有人做過，再加上這個研究所需要的材料在市面上很便宜又很容易採買得到，而且製作方法十分簡單，又可以變化出許許多多不同的形狀，例如：四角飛鏢、四角手裡劍、八角飛鏢、八角手裡劍……等，所以我們這學期的題目就選定為紙飛鏢了。

紙飛鏢結合了國二下的基本力學和拋物線原理，我們對於這兩個原理都相當有興趣，想要運用到紙飛鏢研究上。另外，我們參考紙飛機發射器製作了紙飛鏢發射器並設計了三個變因分別是：形狀、大小和紙張的材質，探討如何使紙飛鏢飛得又直又遠，於是在老師的指導下，我們展開了紙飛鏢的研究。

二、研究目的

1. 研究不同材質的紙飛鏢射程及偏離角度
2. 依據最佳的紙材質，研究不同大小的紙飛鏢之射程及偏離角度
3. 依據最佳的紙大小，研究不同形狀的紙飛鏢之射程及偏離角度

三、研究器材

1. A4 白紙	2. 壁報紙	3. 報紙	4. 色紙
			
5. 廣告紙	6. 雲彩紙	7. 剪刀	8. 美工刀
			
9. 防割墊	10. 拍攝器材	11. 捲尺	12. 量角器
			
13. 竹槍發射器	14. 棉線	15. 計算機	16. 尺
			

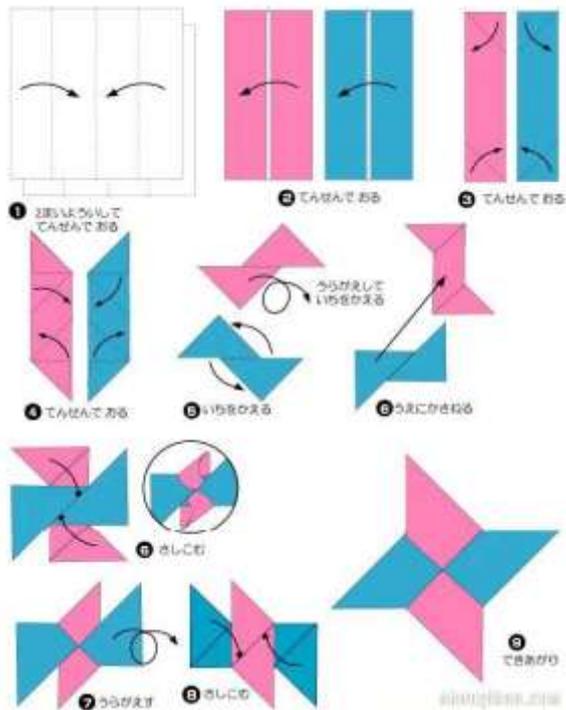
17. 橡皮筋	18. 色紙飛鏢	19. 白紙飛鏢	20. 報紙飛鏢
			
21. 壁報紙飛鏢	22. 廣告紙飛鏢	23. 雲彩紙飛鏢	24. 8*8 飛鏢
			
25. 12*12 飛鏢	26. 15*15 飛鏢	27. 四角飛鏢	28. 四角手裏劍
			
29. 螺旋飛鏢			
			

表一研究器材(圖 1-30)

貳、文獻探討

一、紙飛鏢的摺法

(一)四角飛鏢的摺法：



(圖 31 四角飛鏢的摺法)

(二)四角手裡劍的摺法：

1. 準備四張正方形紙，大小一樣，顏色都不一樣。



2. 取其中一張，對角折後打開，得到一個大大的X。



3. 把上下兩個角向中間摺痕折。



4. 再把上下邊向中間的摺痕折。



5. 再對摺一下。再從中間對摺。

另外 3 張紙片也按照同樣的方式折好。



6. 將一個組件插入另一個組件。



7. 四個組件都按照前一步驟那樣組好，四個角都朝同一方向，最後抽緊，就完成了。



(三)螺旋飛鏢的摺法：

1. 準備四張紙，並把兩條對角線對折。



2. 把其中兩邊沿著一條對角線摺下來，另一邊也一樣。



3. 四張紙都摺好後把一個配件垂直放在另一個配件上，其他配件也一樣。



4. 把一個角往上摺另外三個也一樣，依此類推繼續摺四次。背面也一樣。

5. 在正反面貼上膠帶就好了。



二、紙飛鏢發射器的做法

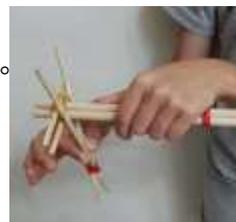
1. 取兩條大約 30cm 的木棒，並取二根四分之一的竹筷，一上一下用橡皮筋綁在兩根木棒的前端。



2. 在二根 30cm 的木棒二分之一處細綁一條橡皮筋固定。



3. 取兩根二分之一長的竹筷架於木棒左右前端綁成 X 型。



4. 再取兩根二分之一長的竹筷平行綁起來，插入兩根木棒中，用橡皮筋綁緊。



5. 在最後一根竹筷上端切一個小缺口就完成了。

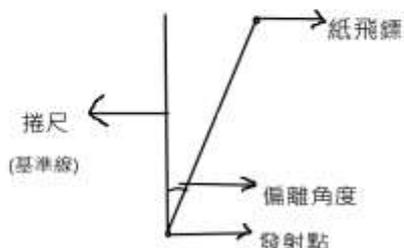


三、基本力學：

紙飛鏢運用到動力學中的牛頓第三運動定律-作用力與反作用力，當兩個物體互相作用時，彼此施加於對方的力，其大小相等、方向相反。

四、偏離角度：

紙飛鏢最後的位置和發射點的連線和捲尺(基準線)的夾角。如下圖圖示：



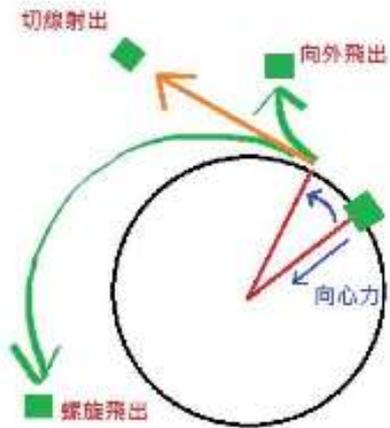
<圖 32 偏離角度>

五、動量:動量是物體的質量和速度的乘積。

六、離心力:

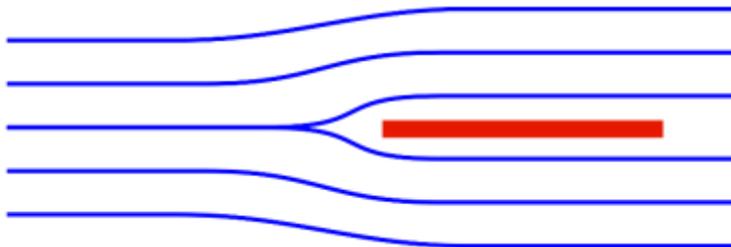
離心力是一種虛擬力或稱慣性力，它使旋轉的物體遠離它的旋轉中心。

如下圖所示:



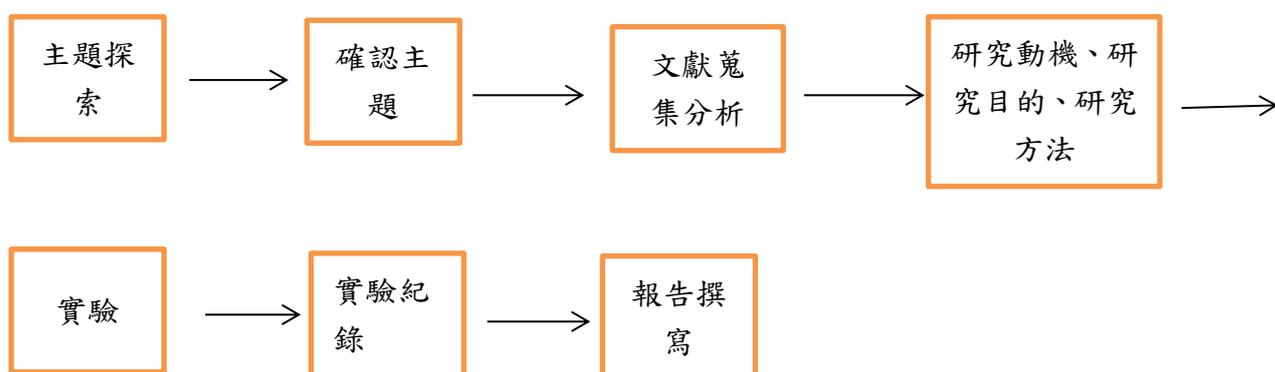
七、風阻:是指物體在流體中相對運動所產生與運動方向相反的力。

如下圖所示:



參、研究過程與方法

一、研究架構



〈圖 33 研究架構〉

(一)主題探索：我們上網找科展資料探索主題。

(二)確認主題：找到紙飛機科展資料，就想到紙飛鏢實驗，而且沒人做過，所以確認這個主題。

(三)文獻蒐集分析：我們蒐集和紙飛鏢有關的資料，以備之後的實驗所需。

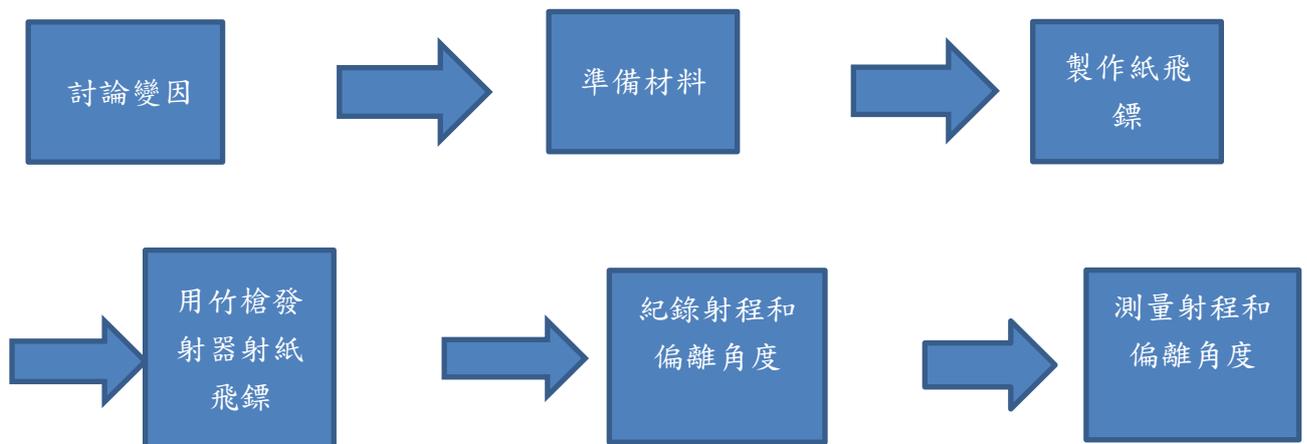
(四)研究動機、研究目的、研究方法

(五)實驗：我們利用紙飛鏢發射器進行三個紙飛鏢實驗。

(六)實驗紀錄：我們利用電腦將實驗結果紀錄在電腦中。

(七)報告撰寫

二、實驗流程圖



<圖 34 實驗流程圖>

- (一) 討論變因:討論實驗中的變因
- (二) 準備材料:我們依實驗所需準備材料
- (三) 製作紙飛鏢
- (四) 用竹槍發射器射紙飛鏢:我們把做好的紙飛鏢裝上去，把紙飛鏢射出去。
- (五) 測量射程和偏離角度:我們把射出去的紙飛鏢，測量它的射程和偏離角度。
- (六) 紀錄射程和偏離角度:我們把紙飛鏢的射程和偏離角度紀錄在電腦上。

肆、結果與討論

一、實驗一：研究不同材質的紙飛鏢射程及偏離角度

控制變因:15*15 的紙大小、四角飛鏢

(一)實驗一之表格與分析

1. 表格

飛鏢材質 發射次數		色紙	白紙	報紙	壁報紙	廣告紙	雲彩紙
		第一 個	射程	6.04m	5.63m	12.4m	5.68m
	偏離角度	10 度	18 度	0 度	1 度	11 度	12 度
第二 個	射程	7.14m	8.17m	9.07m	2.08m	8.43m	10.2m
	偏離角度	0 度	6 度	11 度	7 度	2 度	2 度
第三 個	射程	9.53m	9.24m	9.16m	6.79m	7.54m	7.69m
	偏離角度	17 度	11 度	3 度	3 度	1 度	5 度
第四 個	射程	10.07m	8.42m	10.53m	6.19m	5.8m	7.38m
	偏離角度	9 度	9 度	8 度	7 度	8 度	12 度
第五 個	射程	8.5m	9.16m	11.26m	5.65m	6.9m	7.29m
	偏離角度	14 度	7 度	11 度	14 度	5 度	6 度
平均	射程	8.256m	8.124m	10.574m	6.278m	7.134m	7.83m
	偏離角度	10 度	10.2 度	6.6 度	8.2 度	5.4 度	7.4 度

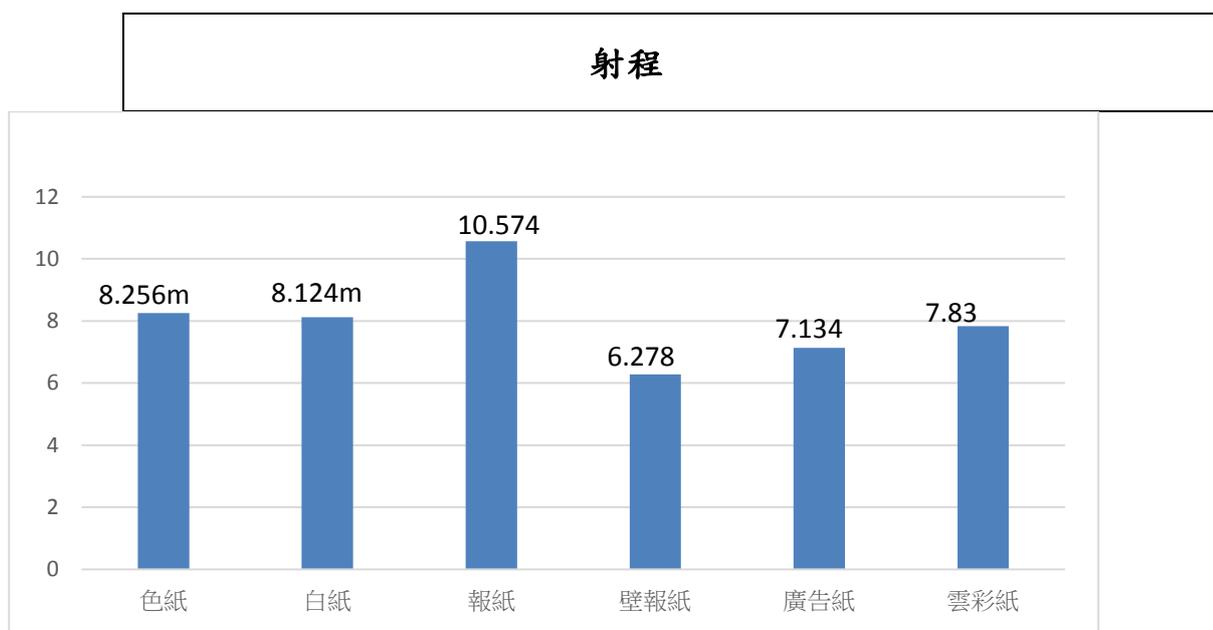
表 2 不同材質的紙飛鏢射程及偏離角度

2. 分析

我們在做實驗時，每個紙飛鏢射出時，射程和偏離角度都會產生微小的誤差，射程的部分推測是因為風阻的關係，而偏離角度是因為射出時旋轉速度的快慢影響離心力的大小。旋轉速度快，離心力大，偏離角度大，反之，旋轉速度慢，離心力小，偏離角度小。

(二)實驗一之射程長條圖和分析

1. 射程長條圖



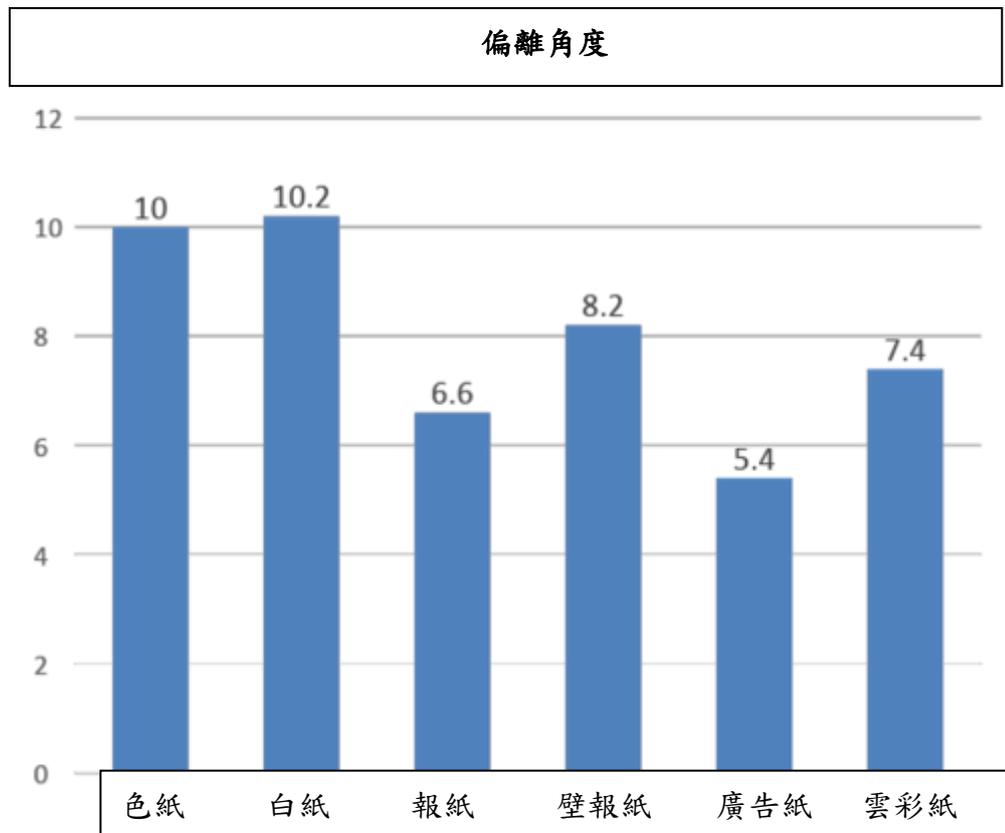
<圖 35 不同材質的紙飛鏢射程長條圖>

2. 分析

在射程方面，射程遠近依序為：報紙>色紙>白紙>雲彩紙>廣告紙>壁報紙

(三)實驗一之偏離角度長條圖和分析

1. 偏離角度長條圖



<圖 36 不同材質的紙飛鏢偏離角度長條圖>

2. 分析

在偏離角度方面，角度大小依序為：白紙>色紙>壁報紙>雲彩紙>報紙>廣告紙

(四)實驗發現：

綜合以上結果，我們發現報紙飛鏢偏離角度第二，射程最遠，所以我們使用報紙飛鏢。

(五)實驗分析：

報紙，廣告紙和色紙可飛得又遠又準，我們認為可能的原因是這三種材質重量輕，比較不會受到重力的影響，因此可飛得較遠。另外，壁報紙和雲彩紙因重量較重，飛出去時因重力關係而掉落，因此無法飛得遠。

二、實驗二:依據最佳的紙材質，研究不同大小的紙飛鏢之射程及偏離角度

控制變因:報紙、四角飛鏢

(一)實驗二之表格與分析

1. 表格

發射次數 \ 飛鏢大小		8 * 8	12 * 12	15 * 15
		第一個	7.45m	4.40m
	偏離角度	0 度	5 度	2 度
第二個	射程	7.22m	6.30m	9.69m
	偏離角度	1 度	14 度	13 度
第三個	射程	5.10m	2.95m	6.53m
	偏離角度	17 度	0 度	16 度
第四個	射程	6.78m	2.78m	7.05m
	偏離角度	5 度	16 度	5 度
第五個	射程	8.75m	5.09m	6.03m
	偏離角度	8 度	1 度	13 度
平均	射程	7.06m	4.484m	7.324m
	偏離角度	7.5 度	7.2 度	9.8 度

表 3 不同大小的紙飛鏢射程及偏離角度

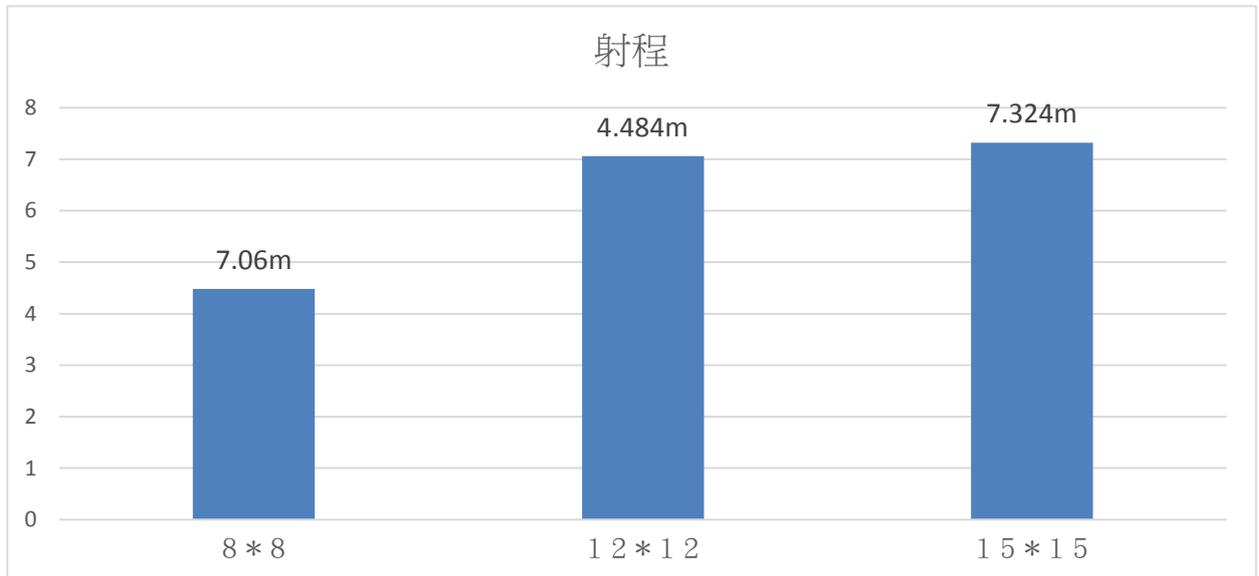
2. 分析

由上方的表格可以發現，8*8 和 12*12 的紙飛鏢射程差距很大，推測是因為 8*8 的紙飛鏢較小、較輕，因此會受到氣流的干擾，所以偏離角度會較大，射程也會比較短。

(二)實驗二之射程長條圖和分析

控制變因:四角飛鏢、報紙

1. 射程長條圖

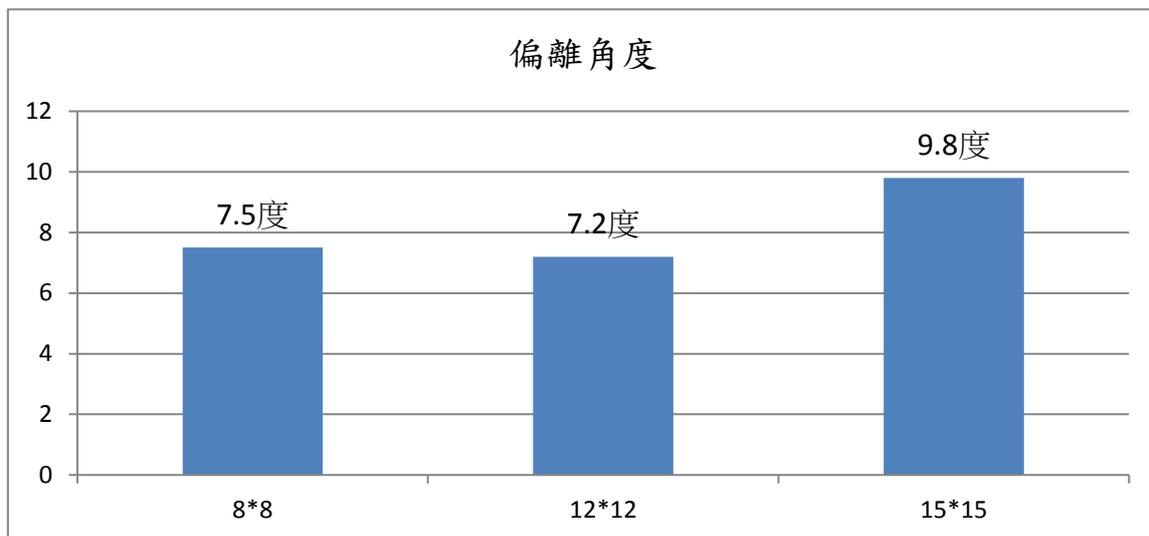


<圖 37 不同大小的紙飛鏢射程長條圖>

2. 分析在射程方面，射程遠近依序為：15*15>8*8>12*12

(三)實驗二之偏離角度長條圖和分析

1. 偏離角度長條圖



<圖 38 不同大小的紙飛鏢偏離角度長條圖>

2. 分析

在偏離角度方面，偏離角度大小依序為：15*15>8*8>12*12

(三)實驗結果顯示：

1. 在射程方面，射程遠近依序為：15*15 > 12*12 > 8*8

2. 在偏離角度方面，角度大小依序為：15*15>8*8>12*12

(四)實驗發現：

我們綜合實驗結果，發現 15*15 的射程較遠，但偏離角度較大，8*8 的射程較近，偏離角度普通，12*12 的射程一般但偏離角度較小。經過討論後，我們以射程為主要條件，偏離角度為次要條件，所以我們採用射程較遠的 15*15 的紙飛鏢。

(五)實驗分析：

因 8*8 紙飛鏢摺出來約是 4cm*4cm 體型較小，動量也較小，飛行起來不穩定；15*15 紙飛鏢摺出來約是 7.5cm*7.5cm 體型較大，動量大，飛行起來穩定性提升。

備註：射程及偏離角度的普通和一般的部分，都是以射程遠近和偏離角度大小排序區分，排在中間的，及為普通和一般。

三、實驗三：依據最佳的紙大小，研究不同形狀的紙飛鏢之射程及偏離角度

控制變因:15*15 的紙大小、報紙

(一)實驗三之表格與分析

1. 表格

發射次數 \ 飛鏢形狀		四角飛鏢	四角手裡劍	螺旋飛鏢
第一個	射程	8.86m	4.68m	6.22m
	偏離角度	11 度	22 度	19 度
第二個	射程	7.38m	5.77m	5.95m
	偏離角度	4 度	23 度	14 度
第三個	射程	7.86m	5.85m	7.16m
	偏離角度	3 度	15 度	2 度
第四個	射程	8.01m	4.98m	6.3m
	偏離角度	3 度	12 度	4 度
第五個	射程	9.08m	6.20m	5.16m
	偏離角度	5 度	10 度	8 度
平均	射程	8.24m	5.50m	6.158m
	偏離角度	5.2 度	16.4 度	9.4 度

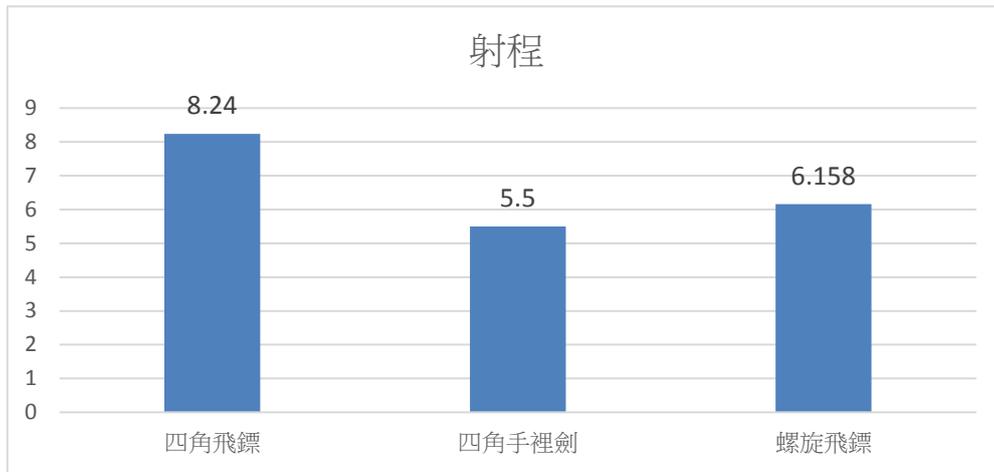
表 4 不同形狀的紙飛鏢射程及偏離角度

2. 分析

從上方表格可以得知射最遠的是四角飛鏢，再來是螺旋飛鏢，最差的是四角手裡劍。推測是因為四角飛鏢的紙飛鏢用到的紙較少，會較輕，所以就不會和四角手裡劍、螺旋飛鏢一樣很重，飛得較近。

(二)實驗三之射程長條圖和分析

1. 射程長條圖



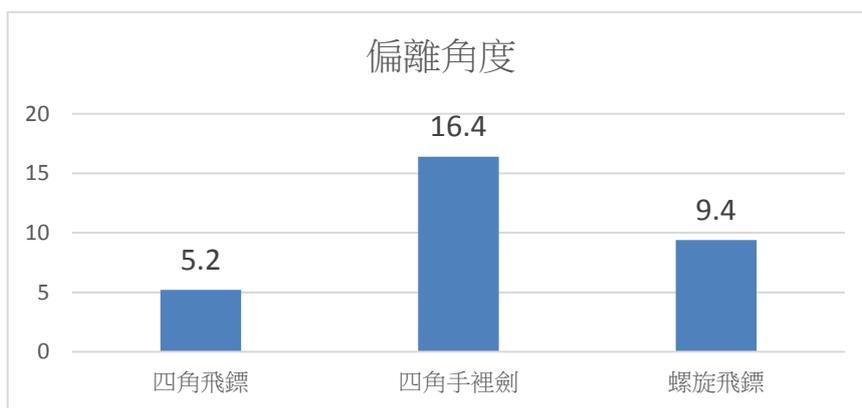
〈圖 39 不同形狀的紙飛鏢射程長條圖〉

2. 分析

在射程方面，射程遠近依序為：四角飛鏢 > 螺旋飛鏢 > 四角手裡劍

(三)實驗三之偏離角度長條圖和分析

1. 偏離角度長條圖



〈圖 40 不同形狀的紙飛鏢偏離角度長條圖〉

2. 分析

在偏離角度方面，角度大小依序為：四角手裡劍 > 螺旋飛鏢 > 四角飛鏢

(三)實驗結果顯示：

1. 在射程方面，射程遠近依序為：四角飛鏢 > 螺旋飛鏢 > 四角手裡劍

2. 在偏離角度方面，角度大小依序為：四角飛鏢 > 螺旋飛鏢 > 四角手裡劍

(四)實驗發現：

飛得又遠又準的紙飛鏢是四角飛鏢。

(五)實驗分析：

四角手裡劍是由四張紙組合而成，因此重量較重。而四角飛鏢只有兩張紙，四角手裡劍重量比四角飛鏢多了一倍。因此，四角手裡劍比較容易受到重力的影響，無法飛得遠。雖然四角手裡劍和螺旋飛鏢重量一樣，但因四角手裡劍折起來較大，受風面積也相對大，所以風阻大，無法飛的遠，而螺旋飛鏢折起來較小，受風面積小，風阻也小，所以可以飛得較遠。

伍、結論

(一)我們一共做了三個實驗，分別是研究不同材質的紙飛鏢射程及偏離角度、依據最佳的紙材質，研究不同大小的紙飛鏢之射程及偏離角度及依據最佳的紙大小，研究不同形狀的紙飛鏢之射程及偏離角度。

1. 第一個是「研究不同材質的紙飛鏢射程及偏離角度」這個實驗當中，我們固定使用紙張為 15*15、形狀為四角飛鏢來探討不同材質的紙飛鏢射程及偏離角度，最好的紙材質是報紙。
2. 我們在第二個實驗「依據最佳的紙材質，研究不同大小的紙飛鏢之射程及偏離角度」固定使用材質為報紙、形狀為四角飛鏢，來探討不同大小的紙飛鏢之射程及偏離角度，發現最好的是 15*15 的紙飛鏢。
3. 我們在第三個實驗「依據最佳的紙大小，研究不同形狀的紙飛鏢之射程及偏離角度」中，固定使用材質為報紙，大小為 15*15，來探討不同形狀的紙飛鏢之射程及偏離角度，發現最好的是四角飛鏢。
4. 結論：紙飛鏢要用像報紙這樣輕，而且大小適中的紙，才能飛得又直又遠、比較不會有誤差。
5. 根據以上實驗，綜合所有最好的條件，我們發現可以讓紙飛鏢飛得又遠又準的條件為：報紙，15*15，四角紙飛鏢。
6. 我們原本預估實驗一色紙會飛得最遠，結果是報紙飛得最遠。我們認為是因為色紙本身比報紙硬，摺起來較厚。而報紙摺起來比較薄。當色紙所摺的紙飛鏢從空氣中飛過去時，和空氣摩擦力大，速度較慢，也無法飛得遠。

7. 在實驗一時，剛好色紙大小為 $15*15$ ，四角飛鏢也比較好摺，所以在實驗報紙時剛好採用最好的條件，射程最遠可達 12.4m ，偏離角度可達到 0 度，其射程最遠，偏離角度最小。

(二)研究建議：

1. 紙張大小可以嘗試從 $15*15$ 到 $8*8$ 的大小，再加上所有的形狀和紙材質，會有更多的變因可以做實驗，實驗數據的可信度也會增加。

陸、參考文獻(格式請參照 APA 第六版)

一、網路資料

1. (2018-0506) 【摺紙大全】變身神出鬼沒小忍者！簡單又漂亮紙飛鏢的折法

兒童玩具-摺紙飛鏢 - 骨子愛創意。取自

<https://zi.media/@wwwlovesharescc/post/yGFLsx>

2. (2017-0501) 八角飛鏢怎麼折圖解忍者八角飛鏢的折法。取自

<http://jy.sccnn.com/post/13753.html>

3. (2013-0921) 竹筷紙飛機發射器。取自

<https://www.youtube.com/watch?v=XwTTtPcVvS4>

4. (2013-0103) 教你如何折飛鏢。取自

<https://www.youtube.com/watch?v=niQ3wesfNvQ>

5. (2017-0712) 製作螺旋飛鏢。取自

<https://www.youtube.com/watch?v=I140-oHAS2o>

二、科展作品

1. 鄭金玉;利貞頤;王湘霖;陳品臻;凌晨熏 57 屆 天外奇「機」Part II ~再探

紙飛機的秘密

2. 張宗昌 (1987)。論文名稱:壓力情境對高低焦慮傾向國中女生飛鏢投擲準確

性之影響。城市:國立臺灣師範大學體育研究所。