

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

080123

這樣飛太遠！—探討飛行筒的飛行現象

學校名稱：新北市泰山區明志國民小學

作者： 小六 陳植謙 小六 林立璿 小六 游欣紘 小六 黃楹喬	指導老師： 陳亭昀 黃建彰
---	-----------------------------

關鍵詞：飛行筒、陀螺效應、飛行升力

摘要

本研究利用自然課所學過的「力與運動」與「簡單機械」來探討飛行筒的飛行現象與原理，探討方法分別為：一、自製不同形狀的飛行筒，找出飛行距離最遠的飛行筒，並觀察飛行筒的飛行現象，探討飛行筒的飛行原理；二、自製飛行筒發射器找出最佳發射條件。

本研究發現：一、在飛行筒部分，飛行筒最佳形狀為圓形、最佳直徑大小為 8 公分、最佳飛行筒長度為 4.5 公分、飛行筒最佳前端厚度為一層；二、在發射條件部分，飛行筒發射時厚端朝前發射、發射角度為 5 度、橡皮筋彈力設定為往後拉 30 公分、橡皮筋旋轉角度為 90 度。

壹、研究動機

我們第一次知道飛行筒這個科學小遊戲，是我們一起從科學遊戲的網站看到的，它是用寶特瓶做的，而且只要輕輕一丟，就可以飛很遠，我們覺得非常新奇又有趣：為什麼只是一個環狀的寶特瓶，卻可以飛那麼遠？於是好奇的我們心裡不禁產生許多疑問，飛行筒的大小真的只能用直徑 8 公分嗎？直徑可不可以用 12 公分、16 公分、20 公分.....等等呢？除此之外，真的只有圓形的飛行筒才能飛嗎？可不可以用三角形、四邊形、五邊形、六邊形.....等等形狀呢？飛行時會不會有什麼特殊的現象呢？同時，我們也在網路上找到它不只可以用手丟，它也可以用專屬的發射器來發射，於是我們在學過力與運動和簡單機械後，利用彈力可以測量力的大小，以及運用橡皮筋彈力傳送動力的原理，動手自製發射器。

為了解開心中的疑問，我們結合平常自然實驗課與生活中的體驗，決定做一系列的實驗來進行更深入的研究。

相關教材/六年級「力與運動」、六年級「簡單機械」

貳、研究目的

本研究目的如下，根據研究目的繪製實驗流程圖，如圖 2-1 所示。

- 1、 探討不同的飛行筒形狀對飛行筒飛行距離的影響。
- 2、 探討不同直徑大小對飛行筒飛行距離的影響。
- 3、 探討不同飛行筒長度對飛行筒飛行距離的影響。
- 4、 探討不同飛行前端厚度對飛行筒飛行距離的影響。
- 5、 探討不同的發射方法對飛行筒飛行距離的影響。
- 6、 探討不同飛行筒發射角度對飛行距離的影響。

- 7、 探討不同橡皮筋彈力對飛行筒飛行距離的影響。
- 8、 探討不同橡皮筋旋轉角度對飛行筒飛行距離的影響。

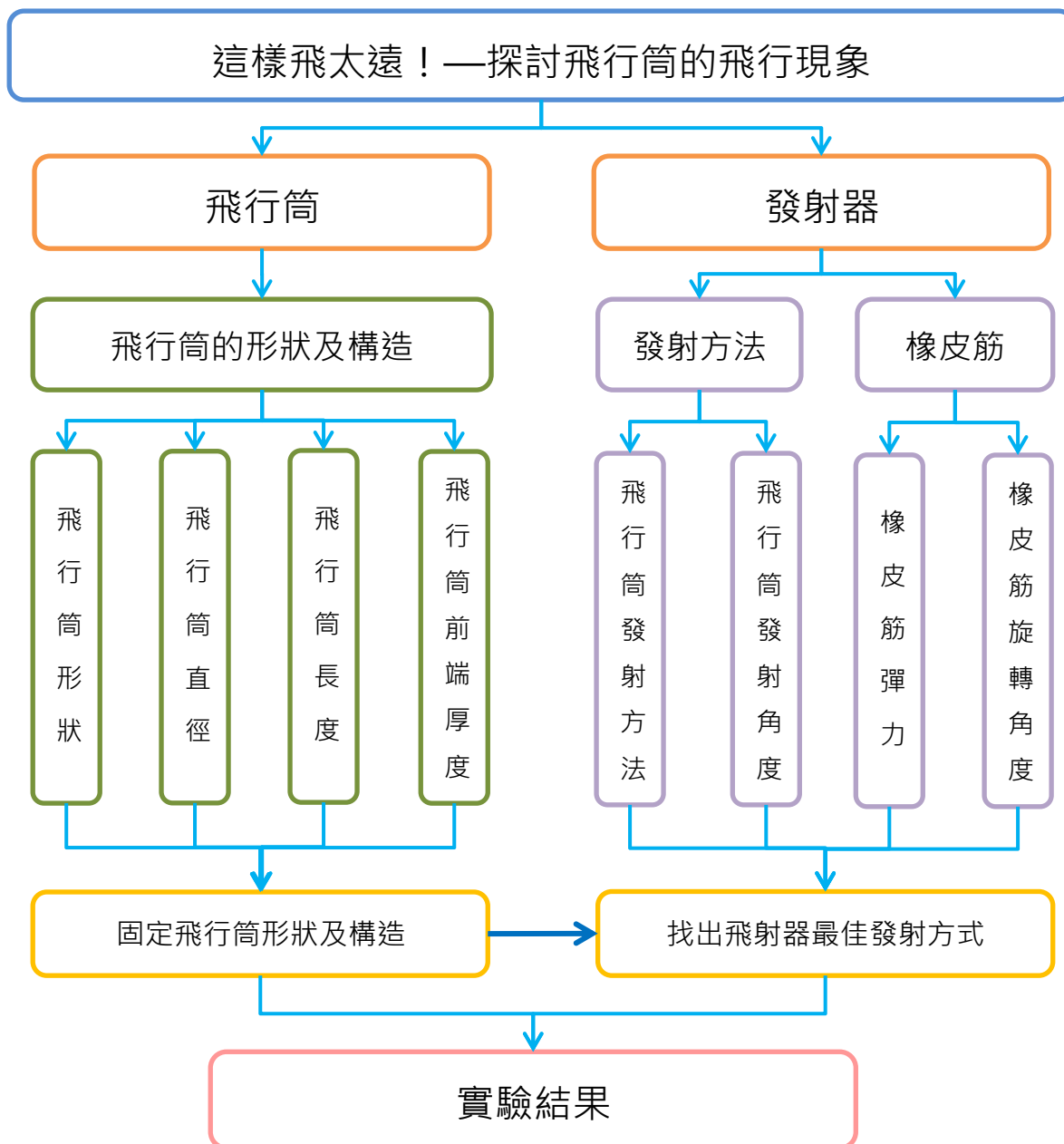


圖 2-1、飛行筒實驗概念圖

參、文獻探討

一、歷屆科展作品

屆次	組別	科別	科展題目	科展主要內容	與本科展差別
臺北市 第 47 屆	國小組	生活 與應 用科	空中霸主－千 力砲發射器之 改良與影響飛 筒飛行距離之 因素探討	此研究認為彈力是決定飛行距離的主要因素，所以先探討彈簧伸長量與拉力的關係，再找出其他影響飛行筒射程的因素。	本科展研究重點在於各種實驗變因如何影響飛行筒的飛行距離，並瞭解其飛行原理。
中華民國 第 56 屆	國小組	物理 科	筒中求翼－研 究飛行筒投射 條件對於飛行 狀態的影響並 探討其飛行原 理	此研究改變飛行筒的形狀和構造來了解陀螺效應在飛行筒中的作用。實驗結果發現，陀螺效應、攻角有助於飛行筒飛行得更遠；而伯努力原理則在本實驗中沒有明顯效果。	本科展發現 飛行筒的飛行原理不是單純的拋體運動 ，而是類似子彈的飛行運動。

二、飛行筒的相關科學原理

(一)陀螺效應(Gyroscopic effect)

1.文獻整理：

「陀螺效應」係指旋轉著的物體如同陀螺般，具有定軸性和穩定性。「定軸性」像是高速旋轉的陀螺遇到外力時，陀螺軸的方向不會隨著外力的方向而偏移，則是軸圍繞著一個定點運動；「穩定性」像是陀螺在地面旋轉時軸會不斷扭動，卻不會倒下，而一直保持穩定的平衡狀態。

在轉動的物體上的某一點施力，施力的效果會出現在沿轉動方向 90 度的地方出現，而且轉動中物體的軸心會極力保持在原來所指的方向。如同槍管中的膛線使子彈高速旋轉以保持直進性就是運用「陀螺效應」。

2.文獻學習：

我們學習到子彈會運用高速旋轉產生陀螺效應，使子彈的行進方向保持直線，這跟飛行筒飛行原理之一有異曲同工之妙。

(資料來源：<https://zh.wikipedia.org/wiki/陀螺儀>)

(二)飛行重心

1.文獻整理：

飛機之重心的位置設計與穩定性有很大的關聯，其重心與升力中心的距離決定飛機的穩定性！

當重心較前面時，因為水平安定面要提供相當的力量才能維持平衡，且能改變平衡的有效力量因此變小，所以飛機穩定性比較高，但卻會產生較大的阻力，會降低飛行的速度。反之，當重心較後面時，阻力較小且加快飛行速度，但穩定性則會下降。

2.文獻學習：

飛行重心朝前，有助於平衡飛行器整體的重量，讓飛行器的飛行更穩定。

(資料來源：

<https://www.facebook.com/flyingCA/posts/728423567203243>)

(三)飛行攻角(Angle of attack)

1.文獻整理：

攻角(α)為一空氣動力學名詞，為機翼之翼弦與相對氣流之夾角；如為飛機攻角，定義則為機軸對相對風流之夾角。當機翼向上為正攻角，向下則為負攻角。

飛機的機翼要有升力，則必須要有攻角或是弧度(camber)，有弧度的機翼，其升力攻角不為零，也就是在攻角 0 度時，有弧線的機翼就有升力。

2.文獻學習：

當飛行筒發射出去時需要角度，才會有效增加升力，攻角帶給飛行筒的升力也可以幫助飛行筒飛得更遠。

(資料來源：<https://zh.wikipedia.org/wiki/攻角>)

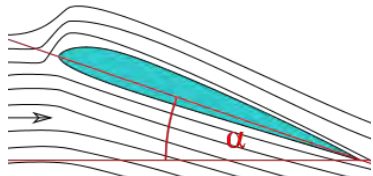


圖 3-1、飛行攻角示意圖

(四)飛行升力(Lift)

1.文獻資料整理：

飛機要想升到空中，必須能產生能克服自身重力的升力。升力的原理是空氣在流過機翼表面時被一分為二，經過機翼上表面的空氣是沿著曲線運動且曲面弧長較長（因為機翼上表面是彎曲的），所以會產生負壓，而經過機翼下表面的空氣是沿著比較平緩的表面運動，所以不會產生負壓，機翼下部壓力高，上部壓力小，壓力高的地方會往壓力低的部分移動。

2.文獻學習：

飛行筒剖面也像機翼一樣，筒內較厚，氣流經過時較彎曲；筒外較平直，氣流經過時也較平直，會不會是因為這個原因產生升力呢？

(資料來源：<http://www.guokr.com/post/661996/focus/0579201254/>)

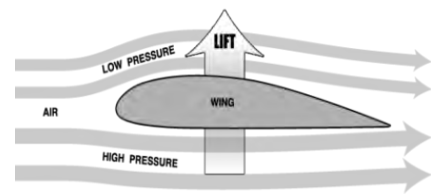


圖 3-2、飛行升力示意圖

肆、研究設備及器材

一、主要研究器材

(一)「飛行筒」的製作器材：

透明投影片（厚度 0.1mm）、透明資料夾（厚度 0.5mm）、寶特瓶身、泡棉膠帶、隱形膠帶。



圖 4-1、「飛行筒」的製作器材

(二)「飛行筒」發射器的器材：

小 PVC 塑膠管（直徑 13mm）、大 PVC 塑膠管（直徑 20mm）、皮尺、量角器、絕緣膠帶、地墊巧拼、螺絲釘、寶特瓶口、橡皮筋。



圖 4-2、「飛行筒」發射器的器材

(三)文具用品：

圓規刀、圓規、美工刀、剪刀、透明膠帶、雙面膠帶、泡棉膠帶、鐵尺、奇異筆、鉛筆、橡皮擦、立可帶、竹籤、切割墊。



圖 4-3、文具用品

(四)專業工具：

電鑽、熱熔槍、熱熔膠條、螺絲起子、老虎鉗、捲尺、砂紙、鋸子。



圖 4-4、專業工具

二、測量工具與實驗場地：跑道測量尺（50M）、學校室內體育館



圖 4-5、跑道測量尺



圖 4-6、學校室內體育館

三、自製研究實驗器材：

(一) 飛行筒發射器

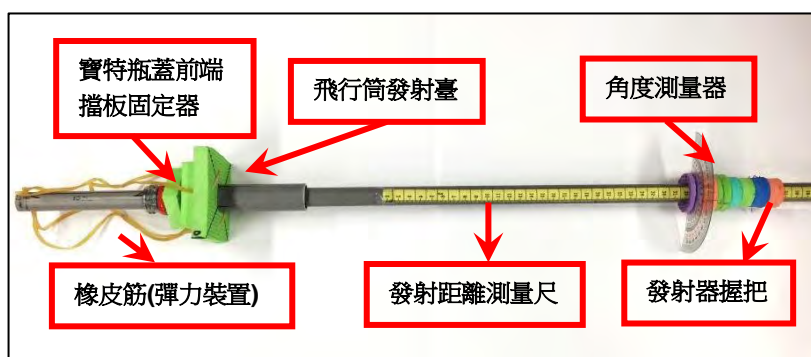


圖 4-7、飛行筒發射器



圖 4-8、發射距離測量尺

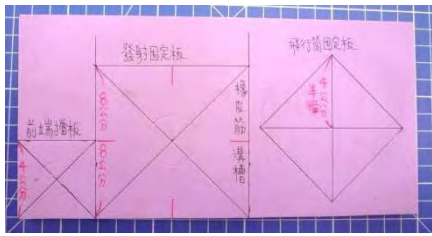


圖 4-9、飛行筒發射臺巧拼片
(二) 角度發射臺



圖 4-10、飛行筒發射臺

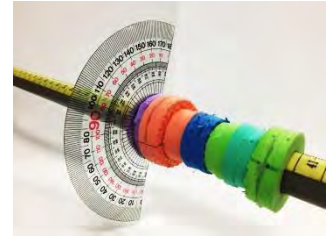


圖 4-11、旋轉角度測量板



圖 4-12、飛行筒角度發射臺裝置圖



圖 4-13、飛行筒角度發射臺(側面)



圖 4-14、將飛行筒放在角度發射臺上進行實驗

伍、研究過程或方法

一、實驗一：比較不同的飛行筒形狀對飛行筒飛行距離的影響。

(一) 實驗問題：不同的飛行筒形狀和飛行筒飛行距離有什麼關係？

(二) 實驗假設：形狀越接近圓形的飛行筒，飛行距離越遠，形狀越不接近圓的飛行筒，飛行距離越近。

(三) 實驗變因：

1. 操作變因：不同形狀的飛行筒，進行實驗觀察與紀錄。

2. 控制變因：飛行筒發射角度（5 度）、橡皮筋彈力距離（30 公分）、橡皮筋旋轉角度（90 度）。

3.應變變因：飛行距離（公分）。

(四) 實驗器材：

- 1.標準發射器、角度發射臺。
- 2.標準飛行筒、不同形狀飛行筒（正三角形、正四邊形、正五邊形、正六邊形）。

(五) 實驗步驟：

- 1.製作不同形狀的飛行筒。
- 2.把飛行筒放到發射器上，將發射臺往後拉 30 公分並旋轉角度 90 度。
- 3.將不同形狀的飛行筒依序放到發射器上發射，並重複進行 5 次實驗。
- 4.進行實驗觀察並記錄飛行距離。

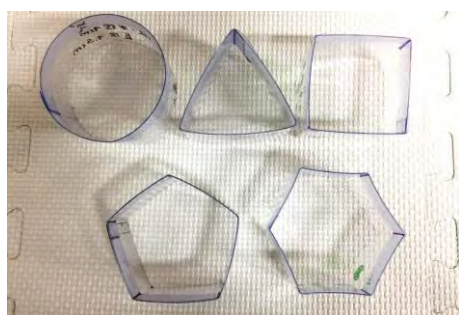


圖 5-1、不同形狀的飛行筒圖片

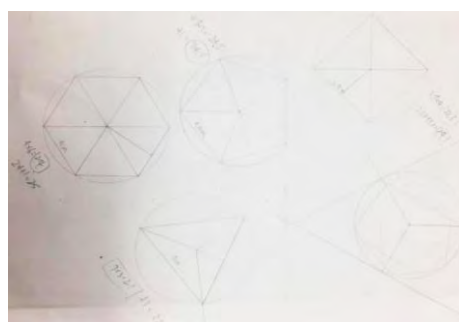


圖 5-2、不同形狀飛行筒的設計圖
（直徑 8 公分的內接圓）

二、實驗二：比較直徑大小對飛行筒飛行距離的影響。

(一) 實驗問題：直徑大小和飛行筒飛行距離有什麼關係？

(二) 實驗假設：飛行筒直徑越大，飛行距離越遠；飛行筒直徑越小，飛行距離越近。

(三) 實驗變因：

- 1.操作變因：調整飛行筒的直徑大小，進行實驗觀察與紀錄。
- 2.控制變因：飛行筒發射角度（5 度）、橡皮筋的彈力距離（30 公分）、橡皮筋旋轉角度（90 度）。
- 3.應變變因：飛行的距離（公分）。

(四) 實驗器材：

- 1.標準發射器、角度發射臺。
- 2.標準飛行筒、不同直徑的飛行筒（8 公分、12 公分、16 公分、20 公分）。

(五) 實驗步驟：

- 1.製作不同直徑大小的飛行筒。
- 2.把飛行筒放到發射器上，將發射臺往後拉 30 公分並旋轉角度 90 度。
- 3.將飛行筒直徑的大小依序調整為 8 公分、12 公分、16 公分、20 公分，並重複

進行 5 次實驗。

4.進行實驗觀察並記錄飛行距離。

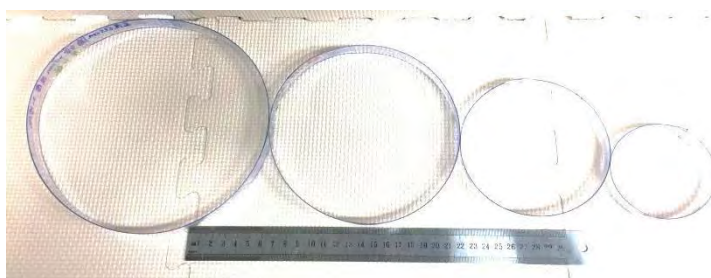


圖 5-3、不同直徑大小的飛行筒

三、實驗三：比較飛行筒長度對飛行筒飛行距離的影響。

(一) 實驗問題：飛行筒長度和飛行筒飛行距離有什麼關係？

(二) 實驗假設：飛行筒長度越長，飛行距離越遠；飛行筒長度越短，飛行距離越近。

(三) 實驗變因：

1.操作變因：調整飛行筒的長度，進行實驗觀察與紀錄。

2.控制變因：飛行筒發射角度（0 度）、橡皮筋彈力距離（30 公分）、橡皮筋旋轉角度（90 度）。

3.應變變因：飛行的距離（公分）。

(四) 實驗器材：

1.標準發射器、角度發射臺。

2.標準飛行筒、不同高度的飛行筒（2.25 公分、4.5 公分、6.75 公分、9 公分、11.25 公分）。

(五) 實驗步驟：

1.製作標準飛行筒。

2.把飛行筒放到發射器上，將發射臺往後拉 30 公分並調整旋轉角度。

3.將飛行筒依序換成長度 2.25 公分、4.5 公分、6.75 公分、9 公分、11.25 公分的飛行筒，每種飛行筒重複進行 5 次實驗。

4.進行實驗觀察並記錄飛行距離。

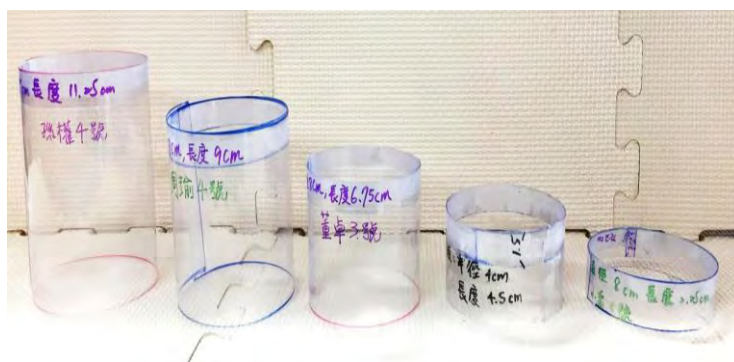


圖 5-4、不同長度的飛行筒

四、實驗四：比較飛行前端厚度對飛行筒飛行距離的影響。

(一) 實驗目的：不同厚度的飛行筒前端和飛行筒飛行距離有什麼關係？

(二) 研究假設：前端厚度越薄，飛行距離越遠；前端厚度越厚，飛行距離越近。

(三) 實驗變因：

1. 操作變因：不同的前端厚度的飛行筒，進行實驗觀察與紀錄。

2. 控制變因：飛行筒發射角度（5 度）、橡皮筋彈力距離（30 公分）、橡皮筋旋轉角度（90 度）。

3. 應變變因：飛行距離（公分）。

(四) 實驗器材：

1. 標準發射器、角度發射臺。

2. 標準飛行筒、不同厚度的飛行筒（2.25cm、4.5cm、6.75cm、9cm、11.25cm）

(五) 實驗步驟：

1. 製作不同前端厚度的飛行筒。

2. 把飛行筒放到發射器上，將發射臺往後拉 30cm 並旋轉角度 90 度。

3. 將飛行筒前端厚度依序調整為一層、兩層、三層、四層、五層，並重複 5 次實驗。

4. 進行實驗觀察並記錄飛行距離。



圖 5-5、不同層數的飛行筒（正面）



圖 5-6、厚度五層的飛行筒



圖 5-7、不同層數的飛行筒（側面）

五、實驗五：比較不同的發射方法對飛行筒飛行距離的影響。

- (一) 實驗問題：不同的發射方法和飛行筒飛行距離有什麼關係？
- (二) 實驗假設：飛行筒較厚的一端朝前發射，飛行距離較遠；飛行筒較薄的一端朝前發射，飛行距離較近。
- (三) 實驗變因：
 1. 操作變因：不同的發射方法，進行實驗觀察與紀錄。
 2. 控制變因：飛行筒發射角度（0 度）、橡皮筋彈力距離（30 公分）、橡皮筋旋轉角度（90 度）。
 3. 應變變因：飛行距離（公分）。
- (四) 實驗器材：
 1. 標準發射器、角度發射臺
 2. 標準飛行筒（直徑 8 公分、高度 4.5 公分）。
- (五) 實驗步驟：
 1. 製作標準飛行筒。
 2. 把飛行筒放到發射器上，將發射臺往後拉 30 公分並旋轉角度 90 度。
 3. 將飛行筒調整為薄端朝前發射、厚端朝前發射，並重複進行 5 次實驗。
 4. 進行實驗觀察並記錄飛行距離。



圖 5-8、發射器薄端朝前發射



圖 5-9、發射器厚端朝前發射

六、實驗六：比較發射角度對飛行距離的影響。

- (一) 實驗問題：不同的發射角度和飛行筒飛行距離有什麼關係？
- (二) 實驗假設：發射角度越小，飛行距離越遠；發射角度越大，飛行距離越近。
- (三) 實驗變因：
 1. 操作變因：不同的發射角度，進行實驗觀察。
 2. 控制變因：使用標準飛行筒、橡皮筋彈力距離（30 公分）、（橡皮筋旋轉角度 90 度）。
 3. 應變變因：飛行距離（公分）。

(四) 實驗器材：

- 1.標準發射器、角度發射臺。
- 2.標準飛行筒（直徑 8 公分、高度 4.5 公分）。

(五) 實驗步驟：

- 1.製作標準飛行筒。
- 2.把飛行筒放到發射器上，將發射臺往後拉 30 公分並旋轉角度 90 度。
- 3.將飛行筒發射角度依序調整為 0 度至 90 度，每個角度重複進行 5 次實驗。
- 4.進行實驗觀察並記錄飛行距離。

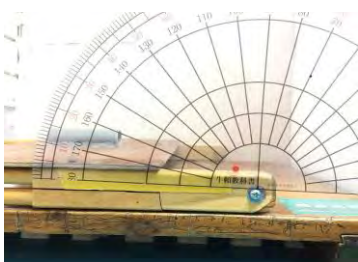


圖 5-10、將角度發射臺調整 0 度

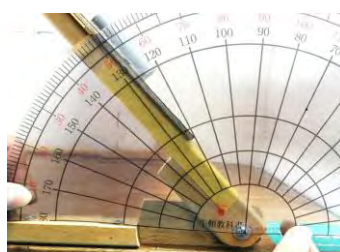


圖 5-11、將角度發射臺調整 45 度

七、實驗七：比較橡皮筋彈力對飛行筒飛行距離的影響。

(一) 實驗問題：橡皮筋彈力和飛行筒飛行距離有什麼關係？

(二) 實驗假設：橡皮筋往後拉的距離越長，飛行距離越遠；橡皮筋往後拉的距離越短，飛行距離越近。

(三) 實驗變因：

- 1.操作變因：調整橡皮筋往後拉的距離來製造不同的橡皮筋彈力，進行實驗觀察與紀錄。
- 2.控制變因：飛行筒發射角度（0 度）、橡皮筋旋轉角度（90 度）。
- 3.應變變因：飛行的距離（公分）。

(四) 實驗器材：

- 1.標準發射器、角度發射臺。
- 2.標準飛行筒（直徑 8 公分、高度 4.5 公分）。

(五) 實驗步驟：

- 1.製作標準飛行筒。
- 2.把飛行筒放到發射器上，將發射臺往後拉 30 公分並旋轉角度 90 度。
- 3.將飛行筒發射器橡皮筋往後拉的距離依序調整為 10 公分、20 公分、30 公分、40 公分、50 公分，並重複進行 5 次實驗。
- 4.進行實驗觀察並記錄飛行距離。



圖 5-12、橡皮筋往後拉到 20 公分

八、實驗八：比較橡皮筋旋轉角度對飛行筒飛行距離的影響。

(一) 實驗問題：橡皮筋旋轉角度和飛行筒飛行距離有什麼關係？

(二) 實驗假設：橡皮筋旋轉角度越大，飛行的距離越遠；橡皮筋旋轉角度越小，飛行的距離越近。

(三) 實驗變因：

1. 操作變因：調整橡皮筋旋轉角度，進行實驗觀察與紀錄。

2. 控制變因：飛行筒發射角度（0 度）、橡皮筋彈力距離（30 公分）。

3. 應變變因：飛行的距離（公分）。

(四) 實驗器材：標準發射器、標準飛行筒。

1. 標準發射器、角度發射臺。

2. 標準飛行筒（直徑 8 公分、高度 4.5 公分）。

(五) 實驗步驟：

1. 製作標準飛行器。

2. 把飛行筒放到發射器上，將發射臺往後拉 30 公分並調整橡皮筋旋轉角度。

3. 將橡皮筋旋轉角度依序調整為 0 度、90 度、180 度、270 度、360 度，每個角度重複進行 5 次實驗。

4. 進行實驗觀察並記錄飛行距離。



圖 5-13、橡皮筋旋轉至 0 度



圖 5-14、橡皮筋旋轉至 90 度

陸、研究結果與討論

一、實驗一：比較不同的飛行筒形狀對飛行筒飛行距離的影響。

(一) 實驗結果：

本研究分別將不同形狀的飛行筒依序放到發射器上發射，重複進行 5 次實驗，並以飛行筒飛行距離的變化來推測不同的形狀的飛行筒對飛行筒飛行距離的影響，實驗紀錄表如表 6-1 所示於飛行筒上，因此飛行距離較近；當飛行筒形狀越接近圓形時，飛行升力能平均施力於圓形飛行筒上，因此飛行距離較遠。因此，我們選用「圓形飛行筒」為本研究製，我們根據表 6-1 中平均飛行距離繪製成「飛行筒形狀與飛行筒平均飛行距離關係圖」，如圖 6-1 所示，以進行研究討論。

表 6-1、飛行筒形狀對飛行距離影響的實驗紀錄表

旋轉角度(度)	正三角形	正四邊形	正五邊形	正六邊形	圓形
平均飛行距離(公分)	243.2	353.2	458.6	536.8	1033.8



圖 6-1、飛行筒形狀與飛行筒平均飛行距離關係圖

(二) 實驗討論：

1. 根據表 6-1 與圖 6-1，使用不同形狀的飛行筒時，所測量到的飛行筒飛行距離不相同。實驗結果如下所述：

- (1) 當飛行筒形狀為正三角形時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 280 公分，最近的飛行距離是 202 公分，平均飛行距離是 243.2 公分。
- (2) 當飛行筒形狀為正四邊形時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 395 公分，最近的飛行距離是 322 公分，平均飛行距離是 353.2 公分。
- (3) 當飛行筒形狀為正五邊形時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 490 公分，最近的飛行距離是 422 公分，平均飛行距離是 458.6 公分。
- (4) 當飛行筒形狀為正六邊形時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 562 公分，最近的飛行距離是 524 公分，平均飛行距離是 536.8 公分。

(5) 當飛行筒形狀為圓形時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 1064 公分，最近的飛行距離是 1005 公分，平均飛行距離是 1033.8 公分。

2. 由圖 6-1 的實驗結果發現，不同形狀的飛行筒所測量到的飛行筒的飛行距離，由遠到近依序排列：圓形飛行筒>正六邊形飛行筒>正五邊形飛行筒>正四邊形飛行筒>正三角形飛行筒，我們發現實驗結果與實驗假設相同，實驗討論如下所述：

- (1) 形狀越不接近圓形的飛行筒，推測可能是因為飛行筒的形狀，使氣流通過飛行筒時，所產生的飛行升力無法平均施力飛行筒，飛行到最高點時在空中快速轉動並直接墜落，因飛行筒形狀所產生的角度而有所限制，旋轉並往前飛行時不易產生陀螺效應，使飛行筒穩定性降低，因此飛行距離較近。
- (2) 形狀越接近圓形的飛行筒，適當的旋轉並往前飛行時越容易產生陀螺效應，且飛行升力可以平均施力整個圓形飛行筒，使飛行筒穩定性提高，因此飛行距離較遠。

綜合上述，我們發現不同形狀的飛行筒和飛行筒的飛行距離之間有密切關係。

當飛行筒形狀越不接近圓形時，飛行升力因飛行筒形狀角度的限制無法平均施力而縮短飛行距離。

二、實驗二：比較直徑的大小對飛行筒飛行距離的影響。

(一) 實驗結果：

本研究分別將飛行筒直徑的大小依序調整為 8 公分、10 公分、12 公分、14 公分、16 公分、18 公分、20 公分，重複進行 5 次實驗，並以飛行筒飛行距離的變化來推測不同直徑大小的飛行筒對飛行筒飛行距離的影響，實驗紀錄表如表 6-2 表示。我們根據表 6-2 中平均飛行距離繪製成「飛行筒直徑大小與飛行筒平均飛行距離關係圖」，如圖 6-2 所示，以進行研究討論。

表 6-2、比較直徑的大小對飛行筒飛行距離的影響

飛行筒直徑	8 公分	12 公分	16 公分	20 公分
平均飛行距離(公分)	1033.8	801.0	689.6	495.4

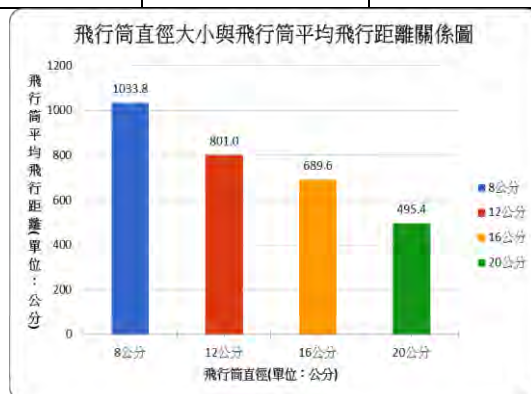


圖 6-2、飛行筒直徑大小與飛行筒平均飛行距離關係圖

(二) 實驗討論：

1. 根據表 6-8 與圖 6-15，使用不同直徑大小的飛行筒時，所測量到的飛行筒飛行距離不相同。實驗結果如下所述：
 - (1) 當飛行筒直徑為 8 公分時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 1064 公分，最近的飛行距離是 1005 公分，平均飛行距離是 1033.8 公分。
 - (2) 當飛行筒直徑為 12 公分時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 865 公分，最近的飛行距離是 715 公分，平均飛行距離是 801.0 公分。
 - (3) 當飛行筒直徑為 16 公分時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 824 公分，最近的飛行距離是 619 公分，平均飛行距離是 689.6 公分。
 - (4) 當飛行筒直徑為 20 公分時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 508 公分，最近的飛行距離是 480 公分，平均飛行距離是 495.4 公分。
2. 由圖 6-16 的實驗結果發現，不同直徑大小的飛行筒所測量到的飛行筒的飛行距離，由遠到近依序排列：飛行筒直徑 8 公分>飛行筒直徑 12 公分>飛行筒直徑 16 公分>飛行筒直徑 20 公分，我們發現實驗結果與實驗假設不相同，實驗討論如下所述：
 - (1) 當飛行筒直徑越大時，飛行筒飛行距離越近，推測可能有二個：第一，因為飛行筒直徑越大，通過飛行筒的氣流越多，所需要飛行升力也要越大，在發射器向後拉的距離都為 30 公分的條件下，就沒辦法飛太遠。第二，可能是飛行筒直徑越大，筒身需要越長，才能使越多氣流在通過飛行筒時發生作用，提供足夠的飛行升力。
 - (2) 當飛行筒直徑越小時，飛行筒飛行距離越遠，推測可能因為飛行筒直徑越小，通過飛行筒的氣流減少，所需要飛行升力越小，在發射器向後拉的距離 30 公分的條件下，能提供直徑較小的飛行筒往前飛行的彈力與足夠的飛行升力。
 - (3) 此外，本研究有嘗試製作直徑為 4 公分的飛行筒，但因為直徑過小，製作飛行筒時容易彈開不易黏貼固定，且飛行時會卡在飛行器前端的擋板處，無法順利發射飛行筒，導致實驗失敗。
3. 綜合上述，我們發現不同直徑大小的飛行筒和飛行筒飛行距離有密切關係。當飛行筒直徑越大時，所需飛行升力也越大，導致飛行筒飛行距離較近；當飛行筒直徑越小時，橡皮筋彈力往後拉 30 公分，就能提供足夠的飛行升力，使飛行筒飛行距離較遠。因此，我們選用「直徑大小為 8 公分」做為本研究製作飛行筒的材料。

三、實驗三：比較飛行筒長度對飛行筒飛行距離的影響。

(一) 實驗結果：

本研究分別將飛行筒依序調整為長度 2.25 公分、4.5 公分、6.75 公分、9 公分、11.25 公分，重複進行 5 次實驗，並以飛行筒飛行距離的變化來推測不同長度的飛行筒對飛行筒飛行距離的影響，實驗紀錄表如表 6-3 所示，我們根據表 6-3 中平均飛行距離繪製成「飛行筒長度對飛行筒平均飛行距離關係圖」，如圖 6-3 所示，以進行研究討論。

表 6-3、飛行筒長度對飛行筒飛行距離的影響實驗紀錄表

飛行筒長度	2.25 公分	4.5 公分	6.75 公分	9 公分	11.25 公分
平均飛行距離(公分)	473.4	1033.8	638.8	417.0	360.0



圖 6-3、飛行筒長度與飛行筒平均飛行距離關係圖

(二) 實驗討論：

1. 根據表 6-3 與圖 6-3，使用不同長度的飛行筒時，所測量到的飛行筒飛行距離不相同。實驗結果如下所述：
 - (1) 當飛行筒長度為 2.25 公分時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 587 公分，最近的飛行距離是 358 公分，平均飛行距離是 473.4 公分。
 - (2) 當飛行筒長度為 4.5 公分時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 1064 公分，最近的飛行距離是 1005 公分，平均飛行距離是 1033.8 公分。
 - (3) 當飛行筒長度為 6.75 公分時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 684 公分，最近的飛行距離是 570 公分，平均飛行距離是 638.8 公分。
 - (4) 當飛行筒長度為 9 公分時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 462 公分，最近的飛行距離是 368 公分，平均飛行距離是 417.0 公分。
 - (5) 當飛行筒長度為 11.25 公分時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 374 公分，最近的飛行距離是 342 公分，平均飛行距離是 360.0 公分。

2. 由圖 6-3 的實驗結果發現，不同長度的飛行筒所測量到的飛行筒的飛行距離，由遠到近依序排列：長度 4.5 公分>長度 6.75 公分>長度 2.25 公分>長度 9 公分>長度 11.25 公分，我們發現實驗結果與實驗假設不相同，實驗討論如下所述：

- (1) 當飛行筒長度為 2.25 公分時，飛行筒發射出去後很快就墜落，飛行距離較短。推測可能原因為飛行筒長度太短，導致飛行筒前端太重，後端的尾翼太短，造成飛行升力不足，使得飛行筒容易失去升力而向下墜落。
- (2) 當飛行筒長度為 4.5 公分時，飛行距離最遠。推測可能原因為飛行筒重心偏向前端，而後端的尾翼長度足夠，使飛行筒有足夠的飛行升力，且能夠穩定向前飛行。
- (3) 當飛行筒長度為 6.75 公分、9 公分和 11.25 公分時，飛行筒發射出去後，飛行筒的後端尾翼會左右搖擺不定，飛行狀態很不穩定且飛行筒前端朝下墜落。推測可能原因有兩個：一為後端尾翼太長，氣流通過飛行筒時，造成飛行升力過大，使後端尾翼朝上左右搖擺，但飛行筒前端則飛行升力不足朝下墜落；二為飛行筒前端重量不夠，飛行筒的飛行重心沒有偏向前端，使得飛行筒的飛行穩定性較低。

3. 綜合上述，我們發現不同長度的飛行筒和飛行筒飛行距離有密切關係。當飛行筒長度小於 4.5 公分時，後端的尾翼太短，造成飛行升力不足，飛行距離較短；當飛行筒長度大於 4.5 公分時，後端尾翼太長，造成飛行升力過大，使後端尾翼左右搖擺，飛行距離較短；當飛行筒長度為 4.5 公分時，尾翼長度足夠，能提供飛行適當的飛行升力，飛行距離最遠。因此，我們選用「直徑 4.5 公分」做為本研究製作飛行筒的材料。

四、實驗四：比較不同的前端厚度對飛行筒飛行距離的影響。

(一) 實驗結果：

本研究分別將飛行筒前端厚度依序調整為一層、兩層、三層、四層、五層，重複 5 次實驗，並以飛行筒飛行距離的變化來推測不同前端厚度的飛行筒對飛行筒飛行距離的影響，實驗紀錄表如表 6-10 表示。將實驗所測得的飛行距離繪製成「飛行筒前端厚度與飛行筒飛行距離關係圖」，如圖 6-19 所示；再根據表 6-10 中平均飛行距離繪製成「飛行筒前端厚度與飛行筒平均飛行距離關係圖」，如圖 6-20 所示，以進行研究討論。

表 6-4、飛行筒的前端厚度對飛行距離遠近的實驗紀錄表

飛行筒厚度	一層	二層	三層	四層	五層
平均飛行距離(公分)	1033.8	722.8	646.2	523.4	463.2

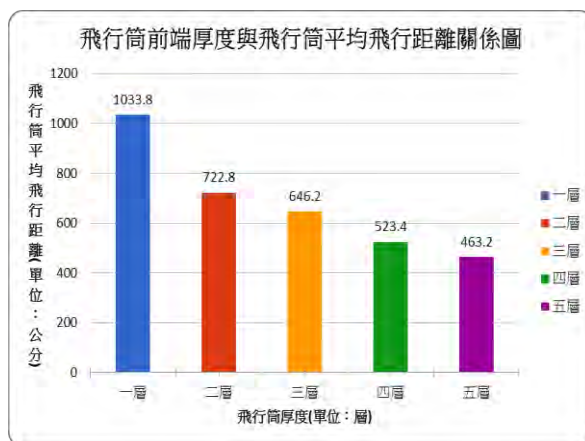


圖 6-4、飛行筒前端厚度與飛行筒平均飛行距離關係圖

(二) 實驗討論：

1. 根據表 6-4 與圖 6-4，使用不同前端厚度的飛行筒時，所測量到的飛行筒飛行距離不相同。實驗結果如下所述：

- (1) 當飛行筒的前端厚度為一層時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 1064 公分，最近的飛行距離是 1005 公分，平均飛行距離是 1033.8 公分。
- (2) 當飛行筒的前端厚度為二層時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 755 公分，最近的飛行距離是 701 公分，平均飛行距離是 722.8 公分。
- (3) 當飛行筒的前端厚度為三層時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 696 公分，最近的飛行距離是 589 公分，平均飛行距離是 646.2 公分。
- (4) 當飛行筒的前端厚度為四層時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 580 公分，最近的飛行距離是 483 公分，平均飛行距離是 523.4 公分。
- (5) 當飛行筒的前端厚度為五層時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 492 公分，最近的飛行距離是 415 公分，平均飛行距離是 463.2 公分。

2. 由圖 6-20 的實驗結果發現，不同前端厚度的飛行筒所測量到的飛行筒的飛行距離，由遠到近依序排列：前端厚度為一層>前端厚度為二層>前端厚度為三層>前端厚度為四層>前端厚度為五層，我們發現實驗結果與實驗假設不相同，實驗討論如下所述：

- (1) 當飛行筒前端厚度越薄，飛行筒的飛行距離越遠，推測可能是因為飛行筒重心偏向前端，使得飛行筒飛行穩定性較高。
- (2) 當飛行筒前端厚度越厚，飛行筒的飛行距離越近，飛行筒飛行到最高點時，後端往下直接掉落，推測可能原因有二：一，當飛行筒重心偏向前端，飛行穩定性較高，所以飛行筒能穩定往前飛行，飛行軌跡不會左右搖擺；二，飛行筒前端重量太重，氣流通過飛行筒時，尾翼長度不夠，無法提供足夠的飛行升力，使得飛行筒到最高點時會直接掉落，造成飛行距離較近。

3. 綜合上述，我們發現不同前端厚度的飛行筒與飛行筒飛行距離有密切關係。飛行筒前端厚度越薄，因飛行筒重心偏向前端，使得飛行筒飛行穩定性較高，飛行距離越遠；飛行筒前端厚度越厚，使得飛行筒前端重量太重，尾翼長度不夠，無法提供足夠的飛行升力，造成飛行距離較近。因此，我們選用「前端厚度為一層」做為本研究製作飛行筒的材料。

五、實驗五：比較不同的發射方法對飛行筒飛行距離的影響。

(一) 實驗結果：

本研究分別將飛行筒調整為薄端朝前發射、厚端朝前發射，重複進行 5 次實驗，並以飛行筒飛行距離的變化來推測不同發射方法對飛行筒飛行距離的影響，實驗紀錄表如表 6-5 所示，我們根據表 6-5 中平均飛行距離繪製成「發射方法對飛行筒平均飛行距離關係圖」，如圖 6-5 所示，以進行研究討論。

表 6-5、不同發射方法對飛行筒飛行距離影響的實驗紀錄表

發射方法	厚端朝前發射	薄端朝前發射
平均飛行距離(公分)	640.2	242.2



圖 6-5、發射方法對飛行筒平均飛行距離關係圖

(二) 實驗討論：

1. 根據表 6-5 與圖 6-5，使用不同的發射方法時，所測量到的飛行筒飛行距離並不相同。實驗結果如下所述：

- (1) 將飛行筒厚端朝前發射時，所測量到飛行筒最遠距離是 715 公分，最近的飛行距離 547 公分，平均飛行距離 640.2 公分。
- (2) 將飛行筒薄端朝前發射時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離 257 公分，最近的飛行距離 210 公分，平均飛行距離 242.2 公分。

2. 由圖 6-5 的實驗結果發現，當飛行筒「厚端朝前」發射時，測量到飛行距離全都比飛行筒「薄端朝前」發射時遠，我們發現實驗結果與實驗假設相同，實驗討論如下所述：

- (1) 當飛行筒薄端朝前發射時，飛行軌跡較不穩定，不易直線前進，也難以控制方向，

容易墜落而且飛行速度比較慢，推測是因為飛行筒薄端朝前發射時，飛行重心偏後方，所以飛行穩定性較低，使得飛行筒無法長距離飛行。

(2) 當飛行筒厚端朝前發射時，飛行距離比飛行筒薄端朝前來的遠，飛行穩定性較高，推測是因為飛行筒厚端朝前時，飛行重心較前面，當重心較前面的時候，飛行軌跡與穩定性較高。

3. 綜合上述，我們發現不同發射方法和飛行筒飛行距離有密切關係。厚端朝前發射時，飛行重心較前面，飛行筒飛行距離較遠；薄端朝前發射時，飛行重心較後面，飛行筒飛行距離較近。因此，我們選用「厚端朝前」的發射方法為本研究飛行筒的發射條件。

六、實驗六：比較不同的發射角度對飛行筒距離的影響。

(一) 實驗結果：

本研究分別將飛行筒發射角度依序調整為 0 度至 90 度，每個角度重複進行 5 次實驗，並以飛行筒飛行距離的變化來推測不同發射角度對飛行筒飛行距離的影響，實驗紀錄表如表 6-6、表 6-7、表 6-8 表示。我們分別將平均飛行距離繪製成「不同發射角度與飛行筒平均飛行距離關係圖（1）」、「不同發射角度與飛行筒平均飛行距離關係圖（2）」及「不同發射角度與飛行筒平均飛行距離關係圖（3）」，如圖 6-6、圖 6-7、圖 6-8 所示，以進行研究討論。

表 6-6、不同發射角度對飛行距離的實驗紀錄表（1）

旋轉角度(度)	0 度	30 度	60 度	90 度
平均飛行距離(公分)	874.0	507.8	236.6	128.2

表 6-7、不同發射角度對飛行距離的實驗紀錄表（2）

旋轉角度(度)	0 度	10 度	20 度	30 度
平均飛行距離(公分)	874.0	906.2	712.6	507.8

表 6-8、不同發射角度對飛行距離的實驗紀錄表（3）

旋轉角度(度)	0 度	5 度	10 度
平均飛行距離(公分)	874.0	1033.8	906.2

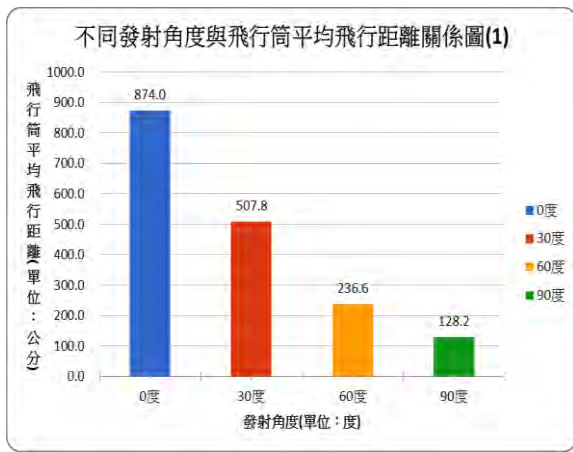


圖 6-6、不同發射角度與飛行筒平均飛行距離關係圖 (1)



圖 6-7、不同發射角度與飛行筒平均飛行距離關係圖 (2)

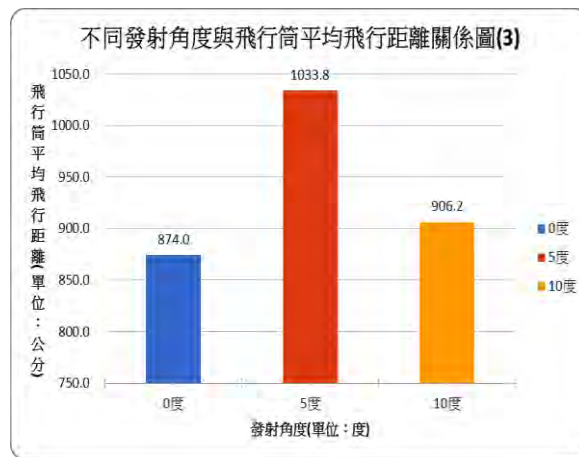


圖 6-8、不同發射角度與飛行筒平均飛行距離關係圖 (3)

(二) 實驗討論：

- 根據表 6-6 與圖 6-6，使用不同的發射角度(0 度、30 度、60 度、90 度)時，所測量到的飛行筒飛行距離不相同，實驗結果如下所述：
 - 將發射角度調整為 0 度時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 1001 公分，最近的飛行距離是 790 公分，平均飛行距離是 874.0 公分。
 - 將發射角度調整為 30 度時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 578 公分，最近的飛行距離是 443 公分，平均飛行距離 507.8 公分。
 - 將發射角度調整為 60 度時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 258 公分，最近的飛行距離是 215 公分，平均飛行距離 236.6 公分。
 - 將發射角度調整為 90 度時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 159 公分，最近的飛行距離是 111 公分，平均飛行距離 128.2 公分。
- 由圖 6-6 的實驗結果發現，不同的發射角度(0 度、30 度、60 度、90 度)所測量到的飛行筒的飛行距離，由遠到近依序排列：發射角度 0 度>發射角度 30 度>發射角度 60 度>發射角度 90 度，實驗結果與實驗假設相同，實驗討論如下所述：

- (1) 當發射角度越接近 0 度時，飛行軌跡較穩定且飛行距離較遠，推測可能是因為飛行筒能夠產生足夠的升力，並適度將橡皮筋旋轉 90 度能產生陀螺效應，使飛行筒能夠進行較長距離的飛行。
 - (2) 當發射角度越接近 90 度時，飛行筒會向上飛行後，立刻垂直失速墜落，推測可能是因為飛行筒的飛行攻角太大造成飛行筒升力不足，飛行筒無法穩定向前飛行，而是失速墜落。
 - (3) 由實驗結果可知，飛行筒最佳的發射角度範圍 0 度~30 度，但我們發現在 30 度、60 度、90 度時，飛行筒都會有飛行到最高點失速掉落的情形，跟我們平常丟球時球墜落會在空中畫出一個弧線的狀況不一樣，因此想縮小發射角度的範圍進一步做實驗，求得精確的數據。
3. 根據表 6-7 與圖 6-7，我們將發射角度範圍縮小為 0 度、10 度、20 度、30 度時，所測量到的飛行筒飛行距離不相同，實驗結果如下所述：
- (1) 將發射角度調整為 0 度時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 1001 公分，最近的飛行距離是 790 公分，平均飛行距離是 874.0 公分。
 - (2) 將發射角度調整為 10 度時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 962 公分，最近的飛行距離是 814 公分，平均飛行距離是 906.2 公分。
 - (3) 將發射角度調整為 20 度時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 777 公分，最近的飛行距離是 643 公分，平均飛行距離 712.6 公分。
 - (4) 將發射角度調整為 30 度時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 578 公分，最近的飛行距離是 443 公分，平均飛行距離 507.8 公分。
4. 由圖 6-7 的實驗結果發現，將發射角度範圍縮小為 0 度、10 度、20 度、30 度時，所測量到的飛行筒的飛行距離，依照飛行距離由遠到近依序排列：發射角度 10 度>發射角度 0 度>發射角度 20 度>發射角度 30 度，我們發現實驗結果與實驗假設不相同，實驗討論如下所述：
- (1) 當發射角度越接近 0 度時，飛行距離越長，推測可能是因為發射角度越小，飛行筒所需要的飛行升力越小，而發射器提供的彈力是固定的，所以導致飛行筒的飛行距離會變長。
 - (2) 當發射角度接近 30 度時，飛行筒飛行距離越短，推測可能是因為發射角度越大，飛行筒所需要的升力越大，而發射器提供的彈力是固定的，所以導致飛行筒的飛行距離會變短。
 - (3) 由實驗結果可知，飛行筒最佳的發射角度範圍 0 度~10 度，但我們發現發射角度

10 度的飛行距離比發射角度 0 度還要遠，與我們的實驗假設並不相同，我們發現飛行攻角給飛行筒的升力的確可以幫助飛行筒飛的越遠，但是攻角的角度是有一定限制的，當攻角超過一定角度時，反而會讓飛行筒失去前進速度而墜落。因此想縮小發射角度的範圍繼續做實驗，求得更精確的數據。

5. 根據表 6-8 與圖 6-8，將發射角度範圍縮小為 0 度、5 度、10 度時，所測量到的飛行筒飛行距離不相同，實驗結果如下所述：

- (1) 將發射角度調整為 0 度時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 1001 公分，最近的飛行距離是 790 公分，平均飛行距離是 874.0 公分。
- (2) 將發射角度調整為 5 度時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 1064 公分，最近的飛行距離是 1005 公分，平均飛行距離是 1033.8 公分。
- (3) 將發射角度調整為 10 度時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 962 公分，最近的飛行距離是 814 公分，平均飛行距離是 906.2 公分。

6. 由圖 6-8 的實驗結果發現，將發射角度範圍縮小為 0 度、5 度、10 度時，所測量到的飛行筒的飛行距離，依照飛行距離由遠到近依序排列：發射角度 5 度>發射角度 10 度>發射角度 0 度，我們發現實驗結果與實驗假設不相同，實驗討論如下所述：

- (1) 由表 6-6 的實驗結果可知，飛行筒最佳的發射角度約為 5 度。我們推測可能是因為我們製作的飛行筒發射器，所提供的彈射力道最適合的飛行攻角角度為 5 度，在飛行攻角角度為 5 度的情況下，飛行筒的升力可以讓飛行筒飛行距離最遠。
- (2) 我們的實驗結果，跟中華民國第 56 屆科展「筒中求翼」裡面提到以 30 度角發射最遠，45 度角發射第二遠的實驗結果；以及臺北市第 47 屆科展「空中霸主」提到以 10 度角發射最遠的實驗結果都不同。於是我們認為飛行筒的飛行原理並不是拋體運動，而是和子彈發射原理一樣的運動。
- (3) 我們認為三份科展報告實驗結果不同的原因可能有以下兩個：第一，飛行筒發射器的橡皮筋彈力，發射器橡皮筋彈力越強，或許最佳飛行攻角會更大；第二，我們三份報告使用的飛行筒大小、直徑、長度、重量都不同。就像不同型號飛機性能不同的道理一樣，不同大小飛行筒做出來的實驗結果應該也會有所不同。

7. 綜合上述，我們發現當發射角度越小，飛行筒所需要的飛行升力越小，飛行筒的飛行距離會變長；當發射角度越大，飛行筒所需要的升力越大，飛行筒的飛行距離會變短。本研究結果發現，飛行筒最佳的發射角度約為 5 度，在飛行攻角角度為 5 度的情況下，飛行筒的升力可以讓飛行筒飛行距離最遠。因此，我們選用「發射角度 5 度」為本研究的飛行筒發射條件。

七、實驗七：比較橡皮筋彈力對飛行筒飛行距離的影響。

(一) 實驗結果：

本研究以往後拉的距離來調整橡皮筋的彈力，將飛行筒發射器橡皮筋往後拉的距離依序調整為 10 公分、20 公分、30 公分、40 公分、50 公分，重複進行 5 次實驗，並以飛行筒飛行距離的變化來推測橡皮筋彈力對飛行筒飛行距離的影響，實驗紀錄表如表 6-9 表示。我們根據表中平均飛行距離繪製成「橡皮筋彈力與飛行筒平均飛行距離關係圖」，如圖 6-9 所示，以進行研究討論。

表 6-9、橡皮筋的彈力與飛行筒飛行距離的實驗紀錄表

往後拉的距離	10 公分	20 公分	30 公分	40 公分	50 公分
平均飛行距離(公分)	81.6	649.2	887.6	1210.6	1414.8

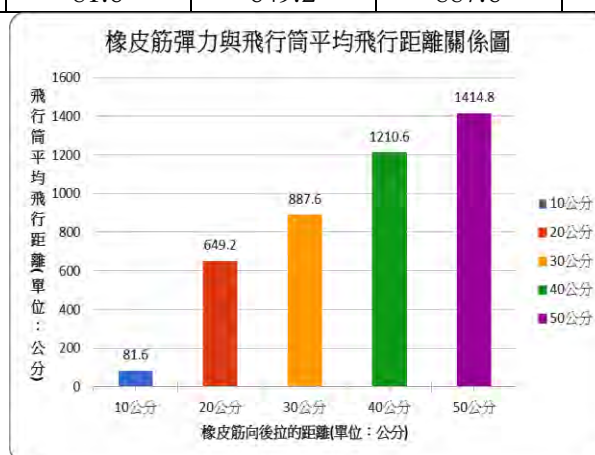


圖 6-9、橡皮筋彈力與飛行筒平均飛行距離關係圖

(二) 實驗討論：

1. 根據表 6-9 與圖 6-9，使用不同的橡皮筋彈力時，所測量到的飛行筒飛行距離不相同。

實驗結果如下所述：

- (1) 將橡皮筋往後拉 10 公分時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離為 91 公分，最近的飛行距離為 71 公分，平均飛行距離為 81.6 公分。
- (2) 將橡皮筋往後拉 20 公分時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 690 公分，最近的飛行距離是 578 公分，平均飛行距離 649.2 公分。
- (3) 將橡皮筋往後拉 30 公分時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 999 公分，最近的飛行距離是 790 公分，平均飛行距離是 887.6 公分。
- (4) 將橡皮筋往後拉 40 公分時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離是 1300 公分，最近的飛行距離是 1148 公分，平均飛行距離是 1210.6 公分。
- (5) 將橡皮筋往後拉 50 公分時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離 1571 公分，最近的飛行距離 1357 公分，平均飛行距離是 1414.8 公分。

2. 由圖 6-9 的實驗結果發現，不同的橡皮筋彈力所測量到的飛行筒的飛行距離，由遠到近依序排列：橡皮筋往後拉 50 公分>橡皮筋往後拉 40 公分>橡皮筋往後拉 30 公分>橡皮筋往後拉 20 公分>橡皮筋往後拉 10 公分，我們發現實驗結果與實驗假設相同，實驗討論如下所述：

- (1) 當橡皮筋往後拉 10 公分時，飛行筒的飛行軌跡較不穩定，且速度較慢又容易墜落，推測可能是因為橡皮筋的往後拉的距離不夠，橡皮筋彈力較小，造成飛行筒無法穩定往前飛行。
- (2) 當橡皮筋往後拉 20 公分~50 公分時，飛行筒的飛行軌跡越來越穩定，速度逐漸變快且不易墜落，推測可能是因為橡皮筋的往後拉的距離越來越長，橡皮筋彈力逐漸變大，使得飛行筒能穩定往前飛行。

3. 綜合上述，我們發現橡皮筋彈力(橡皮筋往後拉的距離)和飛行筒飛行距離有密切關係。橡皮筋往後拉的距離越長，表示橡皮筋的彈力越大，飛行的距離越遠；橡皮筋往後拉的距離越短，表示橡皮筋的彈力越小，飛行的距離越近。

4. 由實驗結果可知，橡皮筋往後拉 50 公分為飛行筒最佳發射條件，但考慮橡皮筋經多次實驗容易彈性疲乏；因此我們以「橡皮筋往後拉 30 公分」為本研究飛行筒發射條件。

八、實驗八：比較橡皮筋旋轉角度對飛行筒飛行距離的影響。

(一) 實驗結果：

本研究分別將橡皮筋旋轉角度 0 度、90 度、180 度、270 度、360 度，重複進行 5 次實驗，並以飛行筒飛行距離的變化推測橡皮筋的旋轉角度對飛行筒飛行距離的影響，實驗紀錄表如表 6-10 所示，我們根據表 6-10 中平均飛行距離繪製成「橡皮筋旋轉角度對飛行筒平均飛行距離關係圖」，如圖 6-10 所示，以進行研究討論。

表 6-10、橡皮筋旋轉角度對飛行筒飛行距離的影響實驗紀錄表

旋轉角度(度)	0 度	90 度	180 度	270 度	360 度
平均飛行距離(公分)	863.6	1033.8	808.6	645.2	647.0

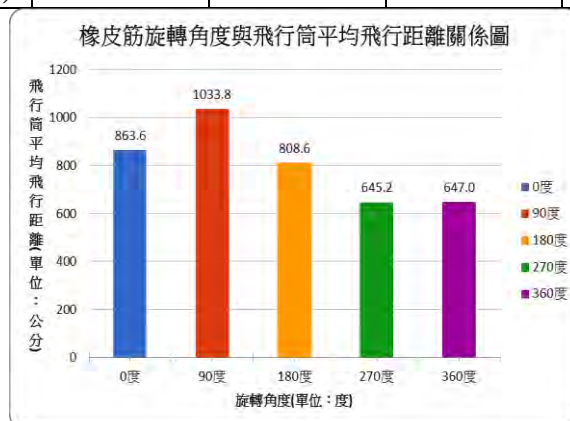


圖 6-10、橡皮筋旋轉角度對飛行筒平均飛行距離關係圖

(二) 實驗討論：

1. 根據表 6-10 與圖 6-10，使用不同的橡皮筋旋轉角度，所測量到的飛行筒飛行距離不相同。實驗結果如下所述：

- (1) 將橡皮筋旋轉 0 度時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離為 944 公分，最近的飛行距離為 735 公分，平均飛行距離為 863.6 公分。
- (2) 將橡皮筋旋轉 90 度時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離為 1064 公分，最近的飛行距離為 1005 公分，平均飛行距離為 1033.8 公分。
- (3) 將橡皮筋旋轉 180 度時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離為 950 公分，最近的飛行距離為 701 公分，平均飛行距離為 808.6 公分。
- (4) 將橡皮筋旋轉 270 度時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離為 698 公分，最近的飛行距離為 581 公分，平均飛行距離為 645.2 公分。
- (5) 將橡皮筋旋轉 360 度時，所測量到飛行筒最遠的飛行距離為 769 公分，最近的飛行距離為 509 公分，平均飛行距離為 647.0 公分。

2. 由圖 6-10 的實驗結果發現，不同的橡皮筋旋轉角度所測量到的飛行筒的飛行距離，由遠到近依序排列：橡皮筋旋轉 90 度>橡皮筋旋轉 0 度>橡皮筋旋轉 180 度>橡皮筋旋轉 360 度>橡皮筋旋轉 270 度，我們發現實驗結果與實驗假設不相同，實驗討論如下所述：

- (1) 當橡皮筋旋轉角度為 0 度時，雖比橡皮筋旋轉 180 度以上還要遠，但是不易直線前進，也難以控制方向，雖然有橡皮筋的彈力可以使飛行筒前進，飛行筒飛行時缺少旋轉的施力，因此無法產生陀螺效應，使飛行筒無法產生定軸性與穩定性，使得飛行時不易控制方向。
 - (2) 當橡皮筋旋轉角度為 90 度時，飛行距離最遠且飛行軌跡較穩定，可能是因為旋轉角度 90 度時，能發揮陀螺效應的最大作用，橡皮筋旋轉 90 度時帶動飛行筒前進時同時產生旋轉的力量，如同子彈和陀螺般，因旋轉而產生定軸性與穩定性，使得飛行筒能夠保持穩定向前飛行。
 - (3) 當橡皮筋旋轉角度為 180 度以上時，飛行軌跡容易偏轉，穩定性較低且飛行距離較短，推測可能有兩個原因：第一，因為飛行筒旋轉角度太大，造成氣流通過飛行筒時不穩定，而使飛行筒飛行距離縮短。第二，因為發射器上的橡皮筋旋轉太多圈，造成橡皮筋的彈力因旋轉而被分散至四面八方，使得往前進的彈力變少了。
3. 綜合上述，適度旋轉橡皮筋可以幫助飛行筒飛行前進同時旋轉，進而產生陀螺效應以穩定飛行筒的飛行方向，使得飛行筒飛行距離增加，但橡皮筋旋轉太多反而無法發揮陀螺效應的作用，使得力量被分散，造成飛行筒飛行距離縮短。因此，我們選用「橡皮筋

旋轉角度 90 度」為本研究飛行筒的發射條件。

4. 我們發現實驗五將發射方法調整為厚端朝前發射時，平均飛行距離 640.2 公分；實驗六將發射角度調整為 5 度時，平均飛行距離是 1033.8 公分；實驗七將橡皮筋彈力調整為橡皮筋拉 30 公分時，平均飛行距離是 887.6 公分；以及實驗八將橡皮筋旋轉角度調整為 90 度時，平均飛行距離為 1033.8 公分，彙整實驗五到實驗八的飛行筒發射條件後，我們發現飛行筒的飛行距離越來越遠。於是，我們的飛行筒最適合以厚端朝前、橡皮筋往後拉 30 公分、橡皮筋旋轉角度 90 度，以及發射角度 5 度的情況下發射，這是在飛行筒發射器橡皮筋別那麼快彈性疲乏的狀態下，最適合的發射條件。

柒、結論

- 一、不同形狀的飛行筒和飛行筒的飛行距離之間有密切關係。當飛行筒形狀越不接近圓形時，飛行升力無法平均施力於飛行筒上，飛行筒飛行距離較近；當飛行筒形狀越接近圓形時，飛行升力能平均施力於圓形飛行筒上，飛行筒飛行距離較遠。因此，我們選用「**圓形飛行筒**」為本研究製作飛行筒的材料。
- 二、不同直徑大小的飛行筒和飛行筒飛行距離有密切關係。當飛行筒直徑越大時，所需飛行升力較大，使飛行筒飛行距離較近；當飛行筒直徑越小時，所需飛行升力較小，使飛行筒飛行距離較遠。因此，我們選用「**直徑大小為 8 公分**」做為本研究製作飛行筒的材料。
- 三、不同長度的飛行筒和飛行筒飛行距離有密切關係。當飛行筒長度小於 4.5 公分時，後端的尾翼太短，造成飛行升力不足，飛行距離較短；當飛行筒長度大於 4.5 公分時，後端尾翼太長，造成飛行升力過大，使後端尾翼左右搖擺，飛行距離較短；當飛行筒長度為 4.5 公分時，尾翼長度足夠，能提供飛行適當的飛行升力，飛行距離最遠。因此，我們選用「**直徑 4.5 公分**」做為本研究製作飛行筒的材料。
- 四、不同前端厚度的飛行筒與飛行筒飛行距離有密切關係。飛行筒前端厚度越薄，因飛行筒重心偏向前端，使得飛行筒飛行穩定性較高，飛行距離越遠；飛行筒前端厚度越厚，使得飛行筒前端重量太重，尾翼長度不夠，無法提供足夠的飛行升力，造成飛行距離較近。因此，我們選用「**前端厚度為一層**」做為最佳製作飛行筒的材料。
- 五、不同發射方法和飛行筒飛行距離有密切關係。飛行筒厚端朝前時，飛行重心較前面，當重心較前面的時候，飛行軌跡與穩定性較高。因此，選用「**厚端朝前**」的發射方法為本研究飛行筒的發射條件。
- 六、當發射角度越小，飛行筒所需要的飛行升力越小，飛行筒的飛行距離會變長；當發射角度越大，飛行筒所需要的升力越大，飛行筒的飛行距離會變短。本研究結果發現，飛行

筒最佳的發射角度約為 5 度，在飛行攻角角度為 5 度的情況下，飛行筒的升力可以讓飛行筒飛行距離最遠。因此，我們選用「發射角度 5 度」為本研究的飛行筒發射條件。

七、橡皮筋彈力(橡皮筋往後拉的距離)和飛行筒飛行距離有密切關係。飛行筒發射器的橡皮筋往後拉的距離越長，表示橡皮筋的彈力越大，飛行筒飛行的距離越遠。在本研究中，橡皮筋往後拉 50 公分時，飛行筒飛行距離最遠。但考慮橡皮筋經過多次實驗容易產生彈性疲乏，所以我們選用「橡皮筋往後拉 30 公分」為本研究飛行筒發射器的發射條件。

八、當橡皮筋旋轉角度為 90 度時，飛行筒的飛行距離最遠，因陀螺效應使飛行筒前進時同時適度旋轉，讓飛行筒能夠穩定向前飛行，因此選用「橡皮筋旋轉角度 90 度」為本研究飛行筒發射器的發射條件。

捌、參考資料及其他

- 1、六下自然與生活科技課本—第一單元：力與運動（2017）。臺南市：翰林出版事業股份有限公司。
- 2、六下自然與生活科技課本—第二單元：簡單機械（2017）。臺南市：翰林出版事業股份有限公司。
- 3、六上自然與生活科技課本—第四單元：力與運動（2016）。新北市：康軒文教事業股份有限公司。
- 4、六上自然與生活科技課本—第一單元：簡單機械（2016）。新北市：康軒文教事業股份有限公司。
- 5、臺北市第 47 屆中小學科學展覽會生活與應用科，空中霸主—千力砲發射器之改良與影響飛行筒飛行距離之因素探討（2017/03/01）
<http://www.tpes.tp.edu.tw/t0110/%E7%A7%91%E5%B1%95%20%E7%A9%BA%E4%B8%AD%E9%9C%B8%E4%B8%BB.pdf>
- 6、中華民國第 56 屆中小學科學展覽會物理科，筒中求翼—研究飛行筒投射條件對於飛行狀態的影響並探討其飛行原理（2017/03/01）
<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/56/pdf/080104.pdf>
- 7、維基百科—陀螺儀，（2017/03/01）
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%99%80%E8%9E%BA%E5%84%80>
- 8、維基百科—攻角，（2017/03/01）<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%94%BB%E8%A7%92>
- 9、維基百科—升力，（2017/03/01）<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8D%87%E5%8A%9B>
- 10、加州飛行學園 facebook 粉絲專頁—[航空學堂]飛機重心與穩定性的關係 CG and stability，（2017/03/01）<https://www.facebook.com/flyingCA/posts/728423567203243>

【評語】 080123

本作品自製飛行筒與發射器，研究最佳飛行條件，探討的變因有飛行筒形狀、直徑、長度、前端厚度以及發射方法、角度與力道等，對於飛行筒飛行距離的影響。主題有趣且具科學研究精神。報告中提到了轉動的概念，如果可以對於轉動或是旋轉的情況更進一步的研究，將會更加完整。

作品海報

摘要

本研究利用自然課所學過的「力與運動」與「簡單機械」來探討飛行筒的飛行現象與原理，探討方法分別為：一、自製不同形狀的飛行筒，找出飛行距離最遠的飛行筒，並觀察飛行筒的飛行現象，探討飛行筒的飛行原理；二、自製飛行筒發射器找出最佳發射條件。

本研究發現：一、在飛行筒部分，飛行筒最佳形狀為圓形、最佳直徑大小為8公分、最佳飛行筒長度為4.5公分、飛行筒最佳前端厚度為一層；二、在發射條件部分，飛行筒發射時厚端朝前發射、發射角度為5度、橡皮筋彈力設定為往後拉30公分、橡皮筋旋轉角度為90度。

壹、研究動機

我們從科學遊戲的網站看到飛行筒這個科學實驗，它是用寶特瓶做的，只要輕輕一丟，就可以飛很遠，十分新奇又有趣，於是充滿好奇心的我們不禁產生許多疑問？為什麼只是一個環狀的寶特瓶卻可以飛那麼遠？只有圓形的飛行筒才能飛行嗎？同時，我們也在網路上找到它不只可以用手丟，它也可以用專屬的發射器來發射，於是我們在學過力與運動和簡單機械後，利用彈力可以測量力的大小，以及運用橡皮筋彈力傳送動力的原理，動手自製發射器。

為了解開心中的疑問，結合我們自然實驗課所學的科学研究方法，我們決定著手進行更深入的實驗與研究。

相關教材：五年級「力與運動」、六年級「簡單機械」

貳、研究目的

- 一、探討不同的飛行筒形狀對飛行距離的影響。
- 二、探討不同直徑大小對飛行距離的影響。
- 三、探討不同飛行筒長度對飛行距離的影響。
- 四、探討不同飛行筒前端厚度對飛行距離的影響。
- 五、探討不同的發射方法對飛行距離的影響。
- 六、探討不同飛行筒發射角度對飛行距離的影響。
- 七、探討不同橡皮筋彈力對飛行距離的影響。
- 八、探討不同橡皮筋旋轉角度對飛行距離的影響。

參、研究設備及器材

一、主要研究器材

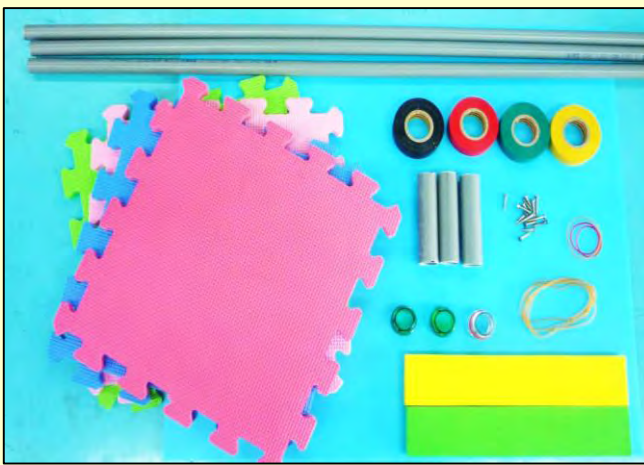
(一)「飛行筒」器材：
透明投影片（厚度0.1mm）、
透明資料夾（厚度0.5mm）、
寶特瓶身、泡棉膠帶、隱形膠帶。



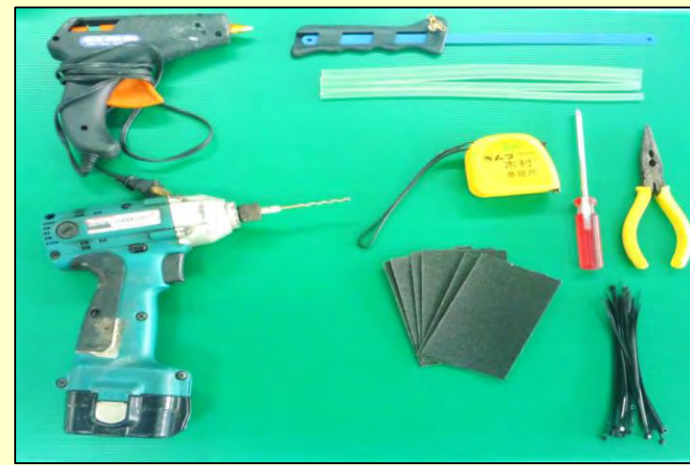
(三)文具用品：
圓規刀、圓規、美工刀、
剪刀、透明膠帶、雙面膠帶、
泡棉膠帶、鐵尺、奇異筆、
鉛筆、橡皮擦、立可帶、
竹籤、切割墊。



(二)「飛行筒」發射器：
小PVC塑膠管（直徑13mm）、
大PVC塑膠管（直徑20mm）、
皮尺、量角器、絕緣膠帶、
地墊。



(四)專業工具：
電鑽、熱熔槍、熱熔膠條、
螺絲起子、老虎鉗、捲尺、
砂紙、鋸子。



二、測量工具與實驗場地

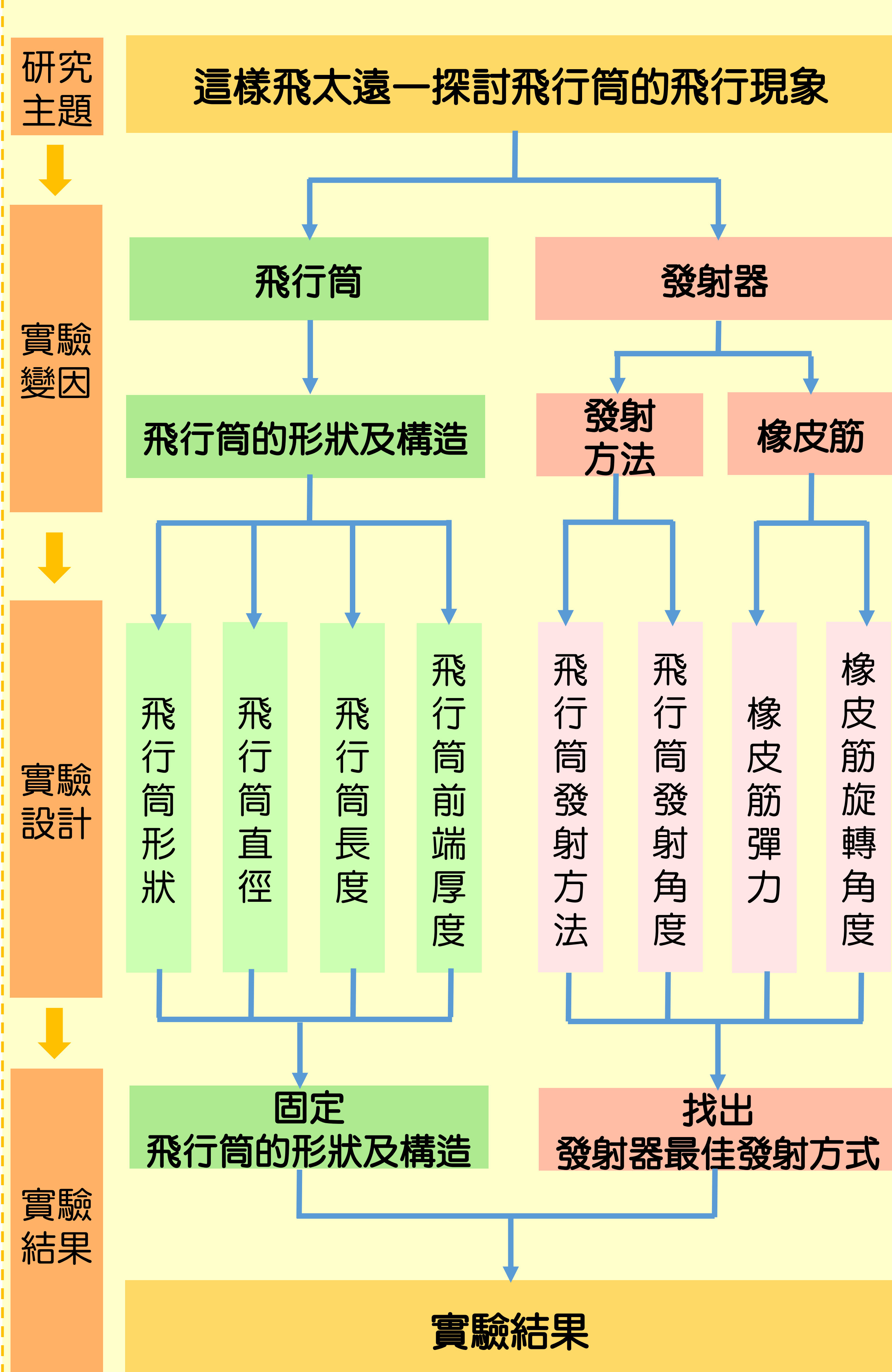


(1) 跑道測量尺



(2) 學校室內體育館

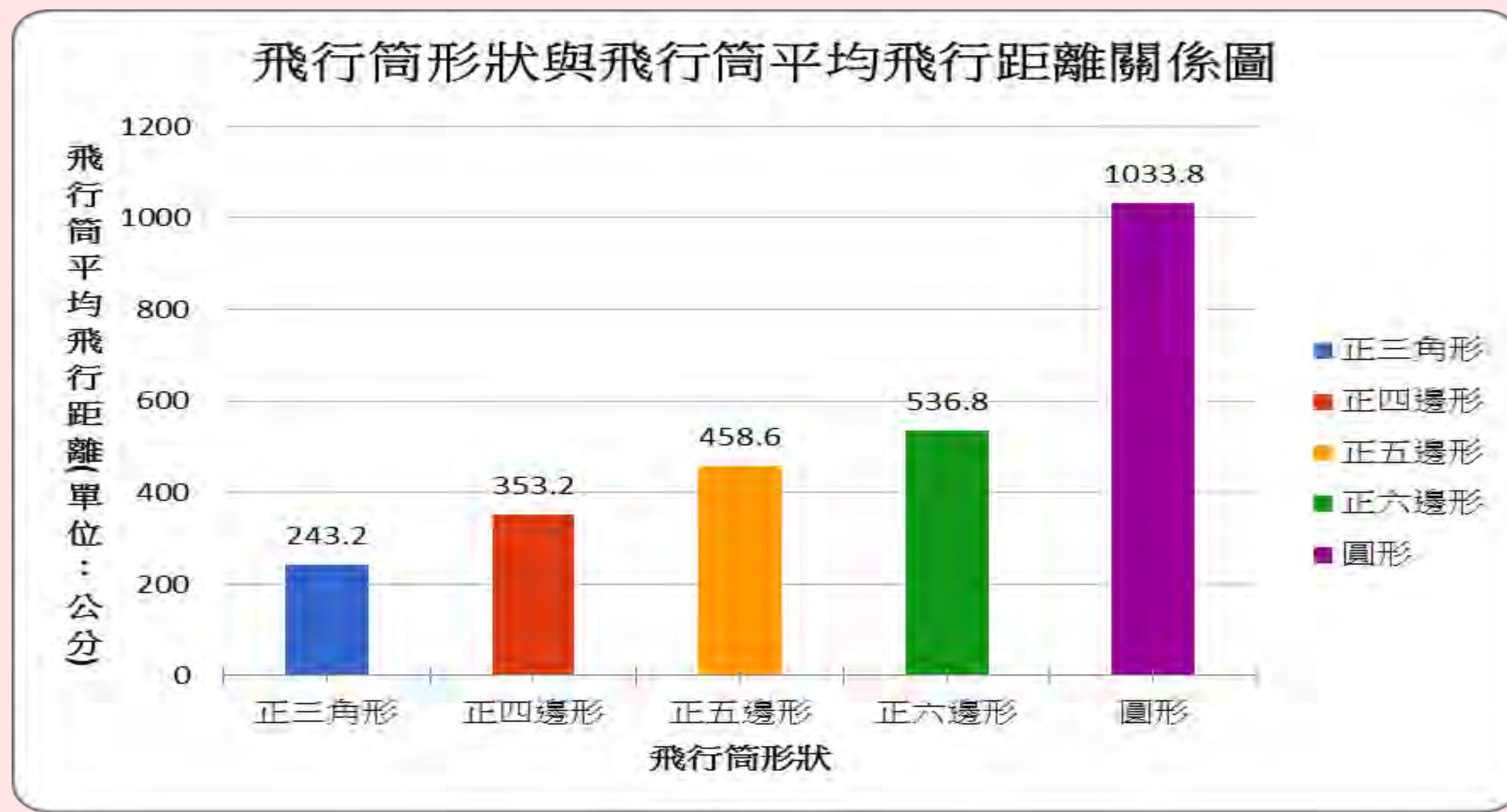
肆、研究方法



伍、研究結果與討論

實驗一、比較不同飛行筒形狀對飛行筒飛行距離的影響

- (一)實驗問題：不同的飛行筒形狀和飛行距離有什麼關係？
(二)實驗假設：形狀越接近圓形的飛行筒，飛行距離越遠；
形狀越不接近圓的飛行筒，飛行距離越近
(三)實驗結果：
1.不同飛行筒形狀與飛行筒平均飛行距離關係圖

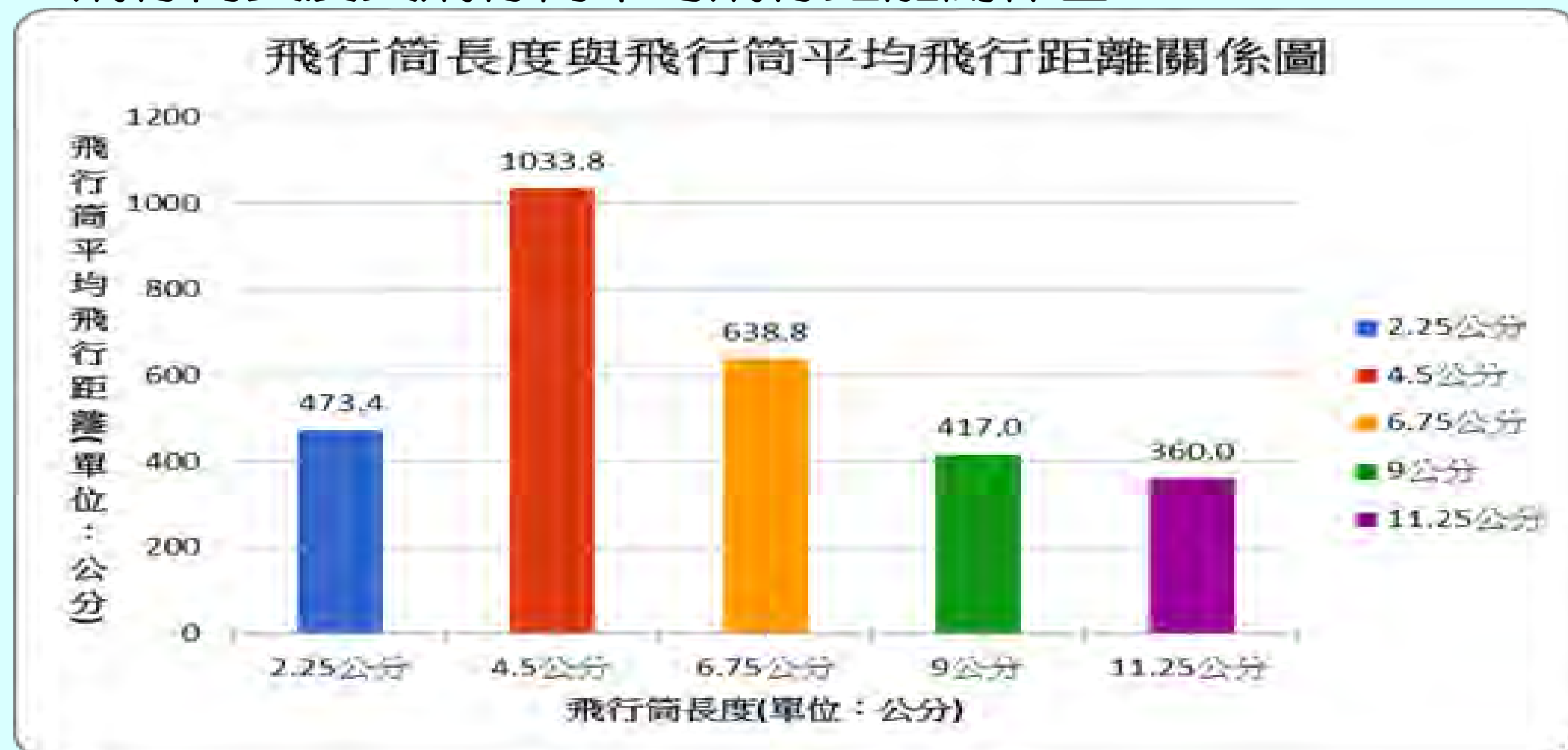


(四)實驗討論

- 根據長條圖所示，使用不同形狀的飛行筒時，所測量到飛行筒飛行距離不相同。
- 由實驗結果發現，不同形狀的飛行筒所測量到飛行筒飛行距離由遠到近依序排列：**飛行筒形狀為圓形>正六邊形>正五邊形>正四邊形>正三角形**，實驗結果與實驗假設相同。
- 綜合上述，不同形狀的飛行筒和飛行距離之間有密切關係。當形狀越**不接近圓形**時，因形狀的限制飛行升力無法平均施力於飛行筒上，飛行距離較**近**；當形狀越**接近圓形**時，飛行升力能平均施力於圓形飛行筒上，飛行距離較**遠**。
- 因此，我們選用「**圓形飛行筒**」為本研究製作飛行筒的材料。

實驗三、比較不同飛行筒長度對飛行筒飛行距離的影響

- (一)實驗問題：飛行筒長度和飛行距離有什麼關係？
(二)實驗假設：飛行筒長度越長，飛行的距離越遠；
飛行筒長度越短，飛行的距離越近。
(三)實驗結果：
1.飛行筒長度與飛行筒平均飛行距離關係圖



(四)實驗討論

- 根據長條圖所示，使用不同直徑大小的飛行筒時，所測量到飛行距離不相同。
- 由實驗結果發現，不同長度的飛行筒所測量到飛行筒飛行距離，由遠到近依序排列：**長度4.5公分>長度6.75公分>2.25公分>9公分>11.25公分**，實驗結果與實驗假設不相同。
- 綜合上述，不同長度的飛行筒和飛行距離有密切關係。當飛行筒長度**小於4.5公分**時，尾翼太短升力**不足**；當飛行筒長度**大於4.5公分**時，尾翼太長升力**過大**；當飛行筒長度為**4.5公分**時，有適當的飛行升力，飛行距離**最遠**。
- 因此，選用「**直徑4.5公分**」為本研究製作飛行筒的材料。

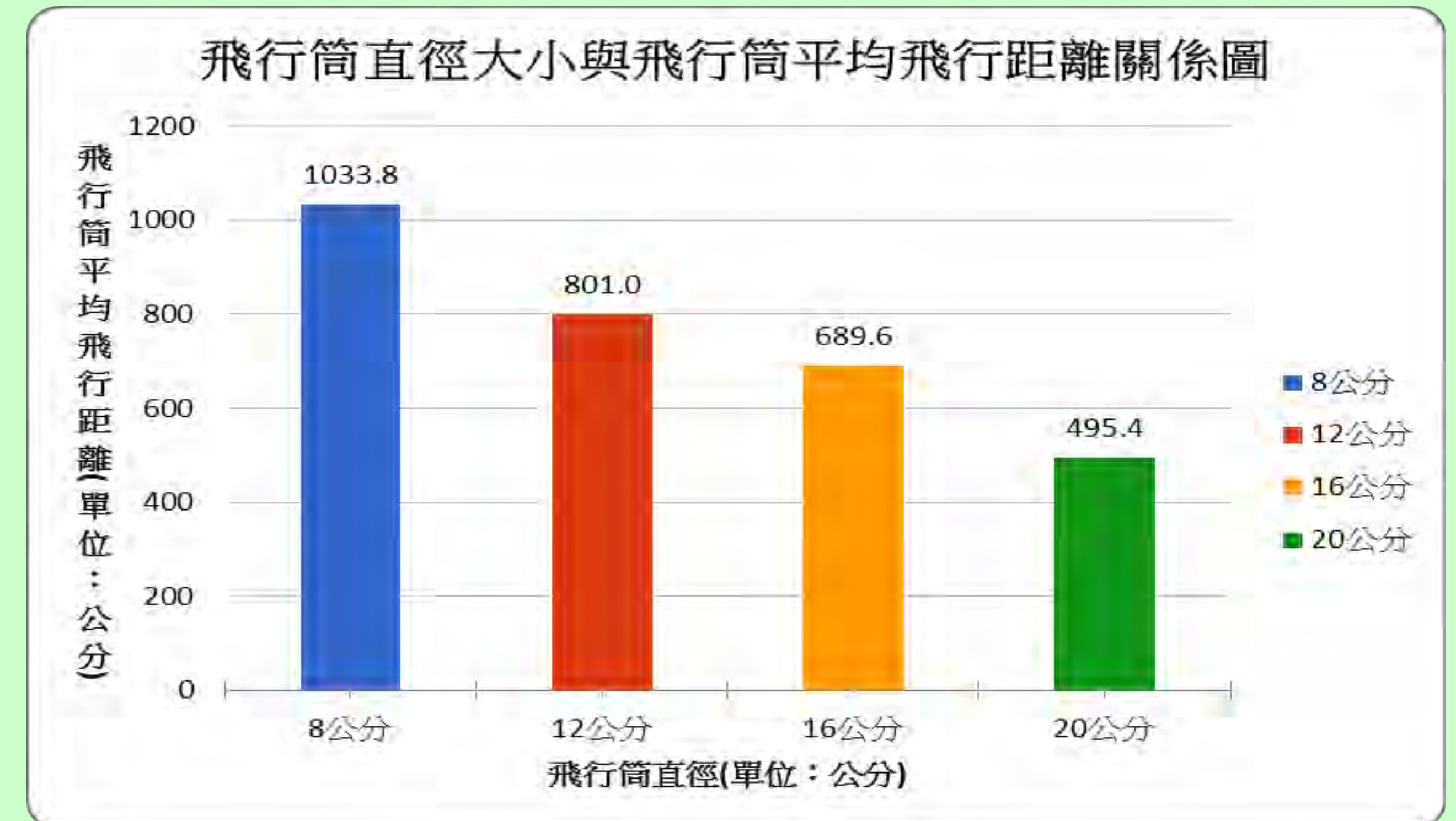
實驗五、比較不同發射方法對飛行筒飛行距離的影響

- (一)實驗問題：發射方法和飛行筒飛行距離有什麼關係？
(二)實驗假設：飛行筒較厚的一端，朝前發射，飛行距離較遠；
飛行筒較薄的一端，朝前發射，飛行距離較近。
(四)實驗討論

- 根據長條圖所示，使用不同的發射方法時，所測量到飛行筒飛行距離並不相同。
- 由實驗結果發現，當飛行筒「**厚端朝前**」發射時，所測量到飛行距離全都比飛行筒「**薄端朝前**」發射時還要遠，實驗結果與實驗假設相同。
- 綜合上述，不同發射方法和飛行筒飛行距離有密切關係。當**厚端朝前發射**時，飛行**重心較前面**，飛行筒飛行距離較**遠**；當**薄端朝前發射**時，飛行**重心較後面**，飛行筒飛行距離較**近**。
- 因此，我們選用「**厚端朝前**」的發射方法為本研究飛行筒的發射條件。

實驗二、比較不同直徑大小對飛行筒飛行距離的影響

- (一)實驗問題：不同的飛行筒直徑大小和飛行距離有什麼關係？
(二)實驗假設：飛行筒的直徑越大，飛行的距離越遠；
飛行筒的直徑越小，飛行的距離越近。
(三)實驗結果：
1.不同飛行筒直徑大小與飛行筒平均飛行距離關係圖

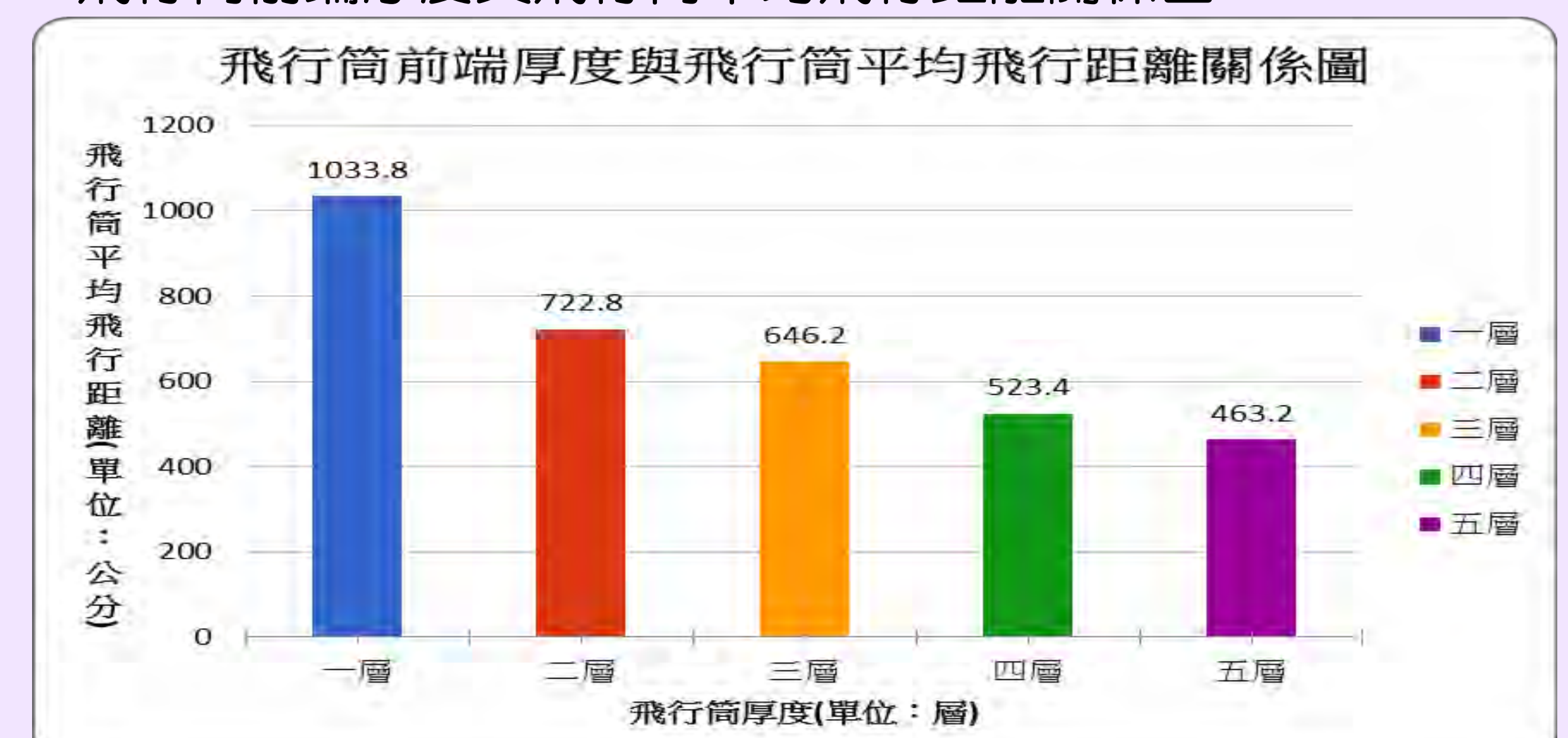


(四)實驗討論

- 根據長條圖所示，使用不同直徑大小的飛行筒時，所測量到飛行筒飛行距離不相同。
- 由實驗結果發現，不同直徑大小的飛行筒所測量到飛行距離，由遠到近依序排列：**飛行筒直徑為8公分>12公分>16公分>20公分**，實驗結果與實驗假設不相同。
- 綜合上述，不同直徑大小的飛行筒和飛行距離有密切關係。當直徑越**大**時，所需飛行升力越**大**，飛行距離較**近**；當直徑越**小**時，所需飛行升力越**小**，飛行距離較**遠**。
- 因此，選用「**直徑大小為8公分**」為本研究製作飛行筒的材料。

實驗四、比較不同飛行筒前端厚度對飛行筒飛行距離的影響

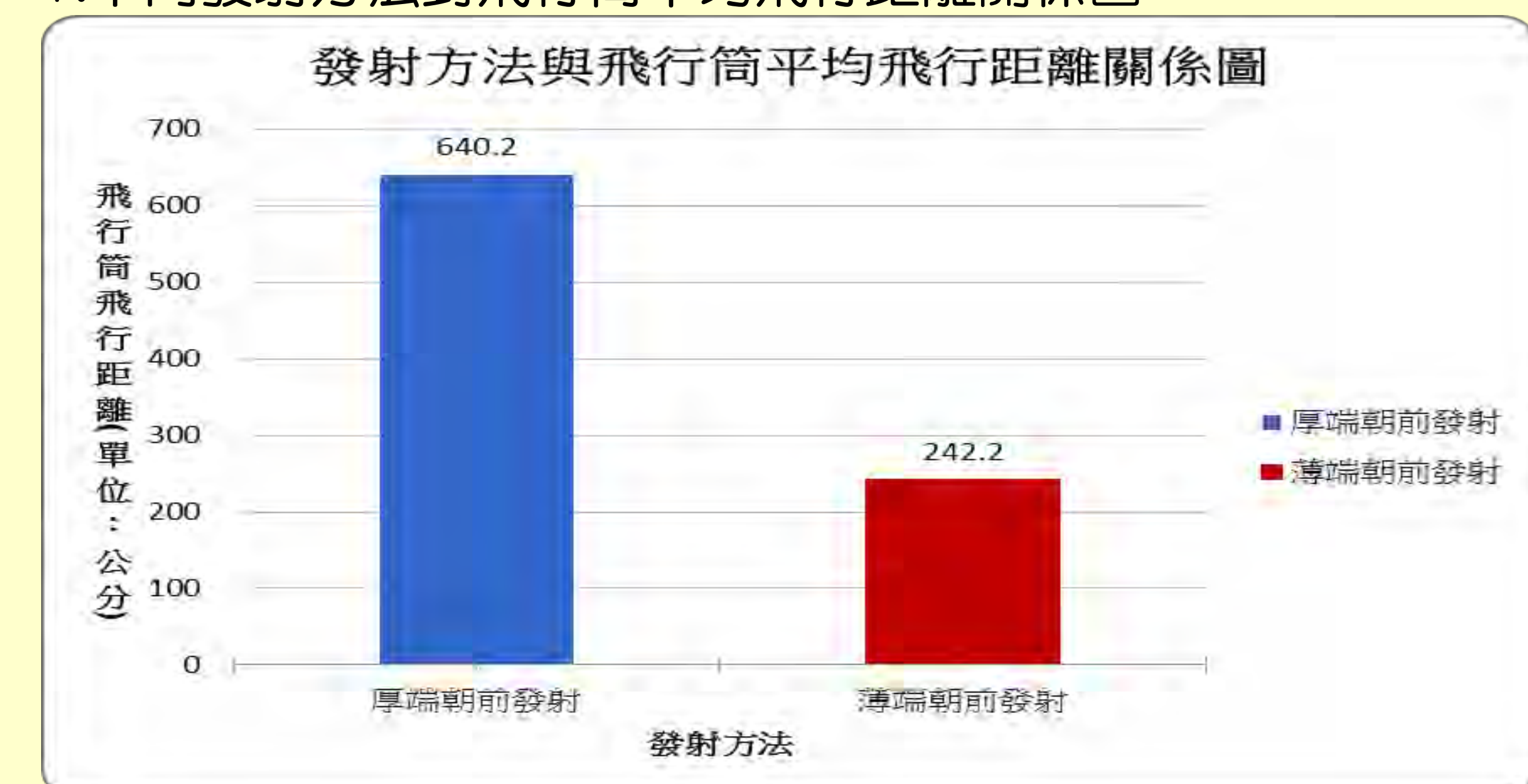
- (一)實驗問題：不同厚度的飛行筒前端和飛行距離有什麼關係？
(二)實驗假設：前端厚度越薄，飛行距離越遠；
前端厚度越厚，飛行距離越近。
(三)實驗結果：
1.飛行筒前端厚度與飛行筒平均飛行距離關係圖



(四)實驗討論：

- 根據長條圖所示，使用不同前端厚度的飛行筒時，所測量到飛行距離不相同。
- 由實驗結果發現，不同前端厚度的飛行筒所測量到飛行距離，由遠到近依序排列：**前端厚度為一層>二層>三層>四層>五層**，實驗結果與實驗假設不相同。
- 綜合上述，不同前端厚度的飛行筒與飛行距離有密切關係。飛行筒前端厚度越**薄**，重心偏前端，飛行距離越**遠**；飛行筒前端厚度越**厚**，前端重量太重，尾翼長度不夠，無法提供足夠的飛行升力，飛行距離越**近**。
- 因此，選用「**前端厚度為一層**」為本研究製作飛行筒的材料。

- (三)實驗結果
1.不同發射方法對飛行筒平均飛行距離關係圖



伍、研究結果與討論

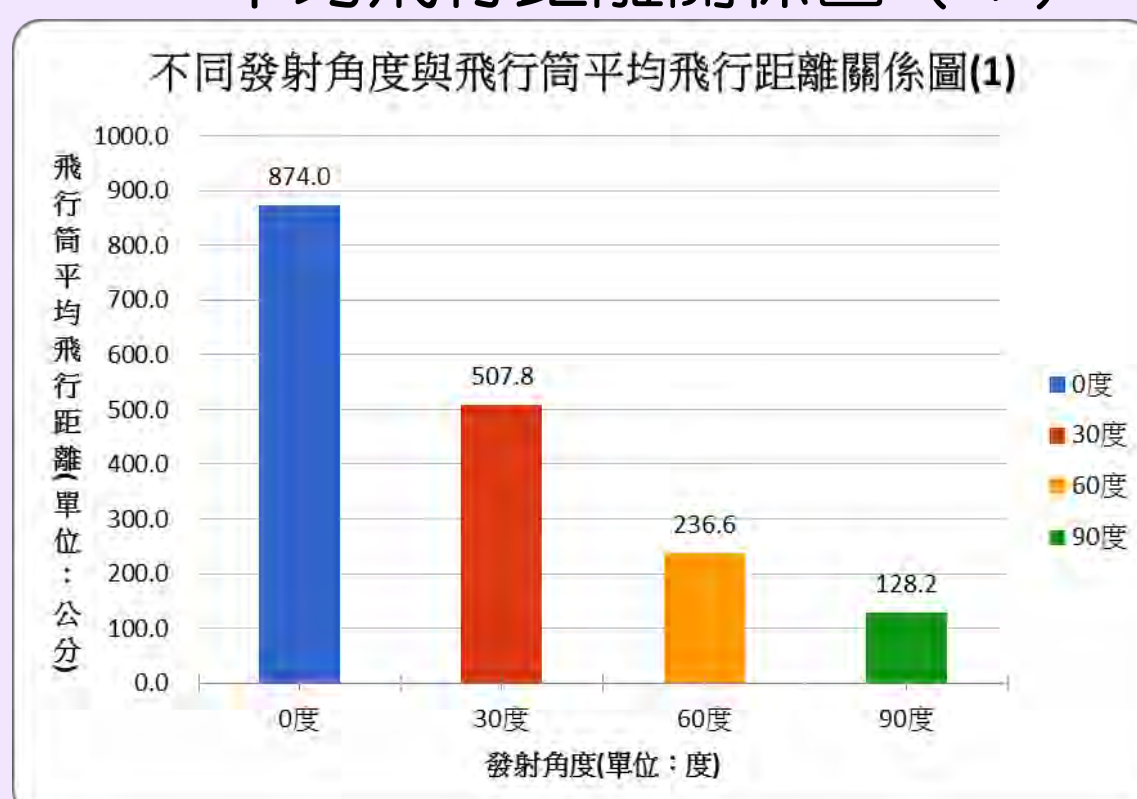
實驗六、比較不同發射角度對飛行距離的影響

(一)實驗問題：不同的發射角度和飛行距離有什麼關係？

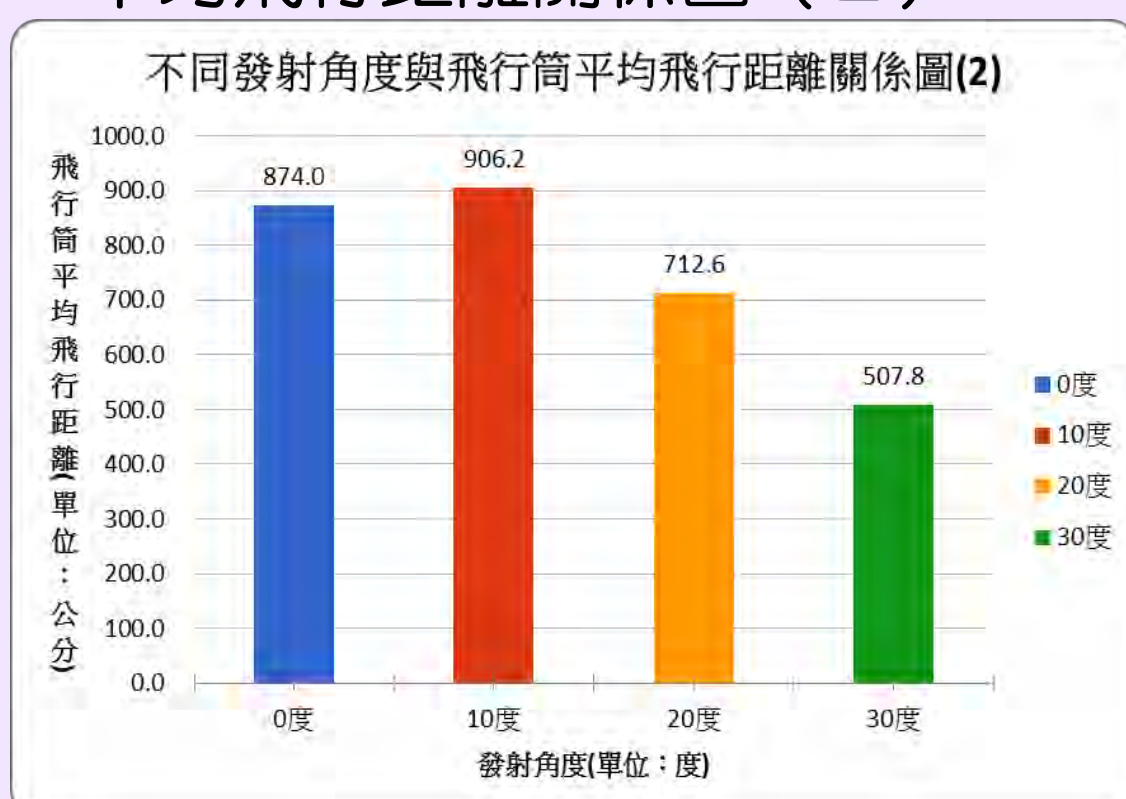
(二)實驗假設：發射角度越小，飛行距離越遠；
發射角度越大，飛行距離越近。

(三)實驗結果：

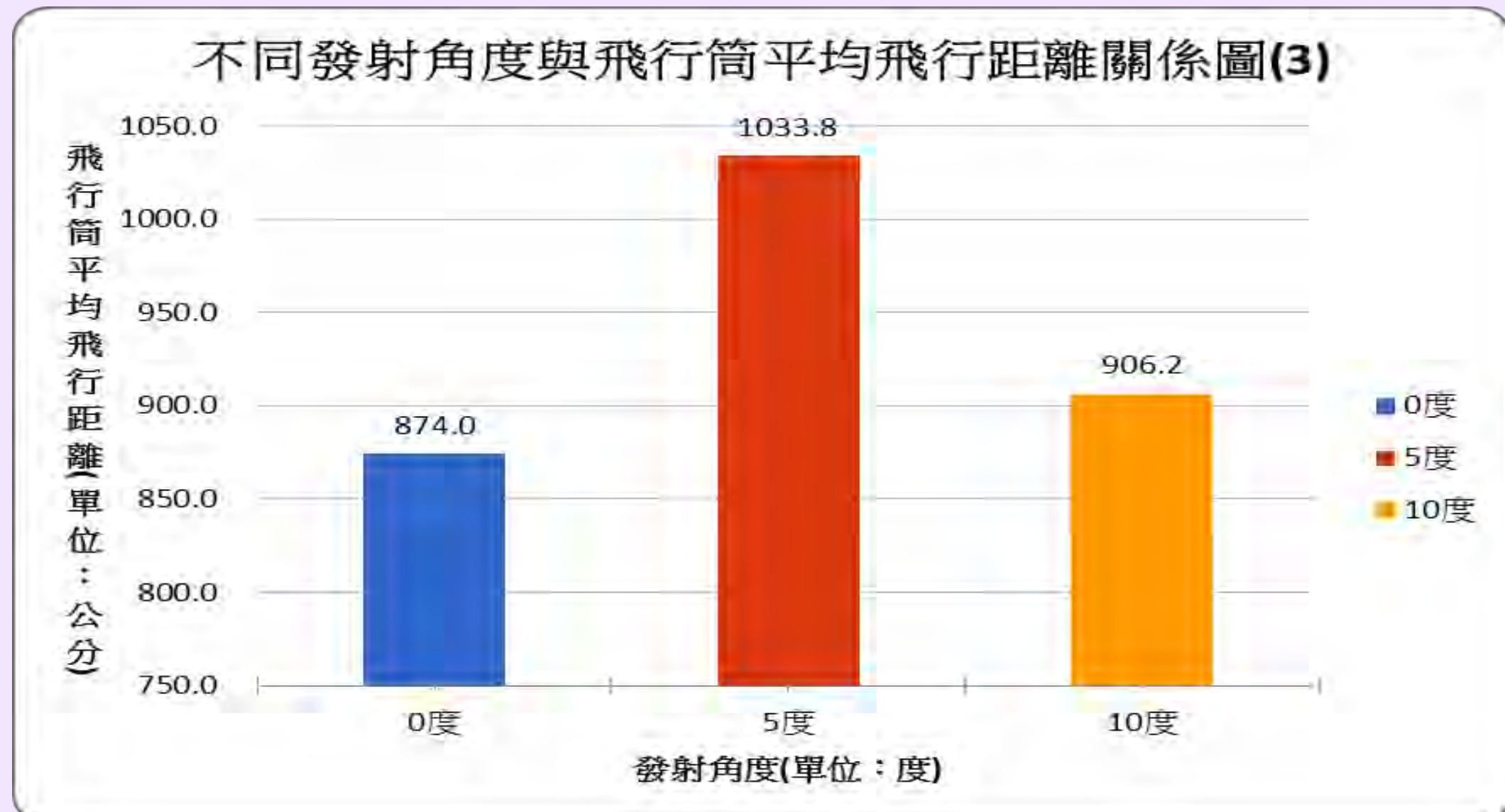
1.不同發射角度與飛行筒平均飛行距離關係圖(1)



2.不同發射角度與飛行筒平均飛行距離關係圖(2)



3.不同發射角度與飛行筒平均飛行距離關係圖(3)



(四)實驗討論：

- 根據長條圖-(1)所示，最佳發射角度範圍0度~30度實驗結果與假設相同，將發射角度的範圍縮小再實驗根據長條圖-(2)所示，最佳發射角度範圍0度~10度實驗結果與假設不相同，將發射角度範圍縮小再實驗
- 根據長條圖-(3)所示，將發射角度範圍縮小為0度、5度、10度時，依照飛行距離由遠到近依序排列：**發射角度5度>10度>0度**，我們製作的飛行筒發射器，所提供的彈射力道最適合的飛行攻角角度為5度。
- 由實驗結果我們認為飛行筒的飛行原理並不完全取決於拋體運動，而是和子彈發射原理一樣的運動。
- 綜合上述，飛行筒最佳的發射角度約為5度，在飛行攻角為5度的情況下，飛行的升力可以飛行的距離最遠，此外，**當發射角度越小，所需飛行升力越小，飛行距離較遠；當發射角度越大，所需飛行升力越大，飛行距離較近。**
- 因此，選用「發射角度5度」為本研究發射條件。

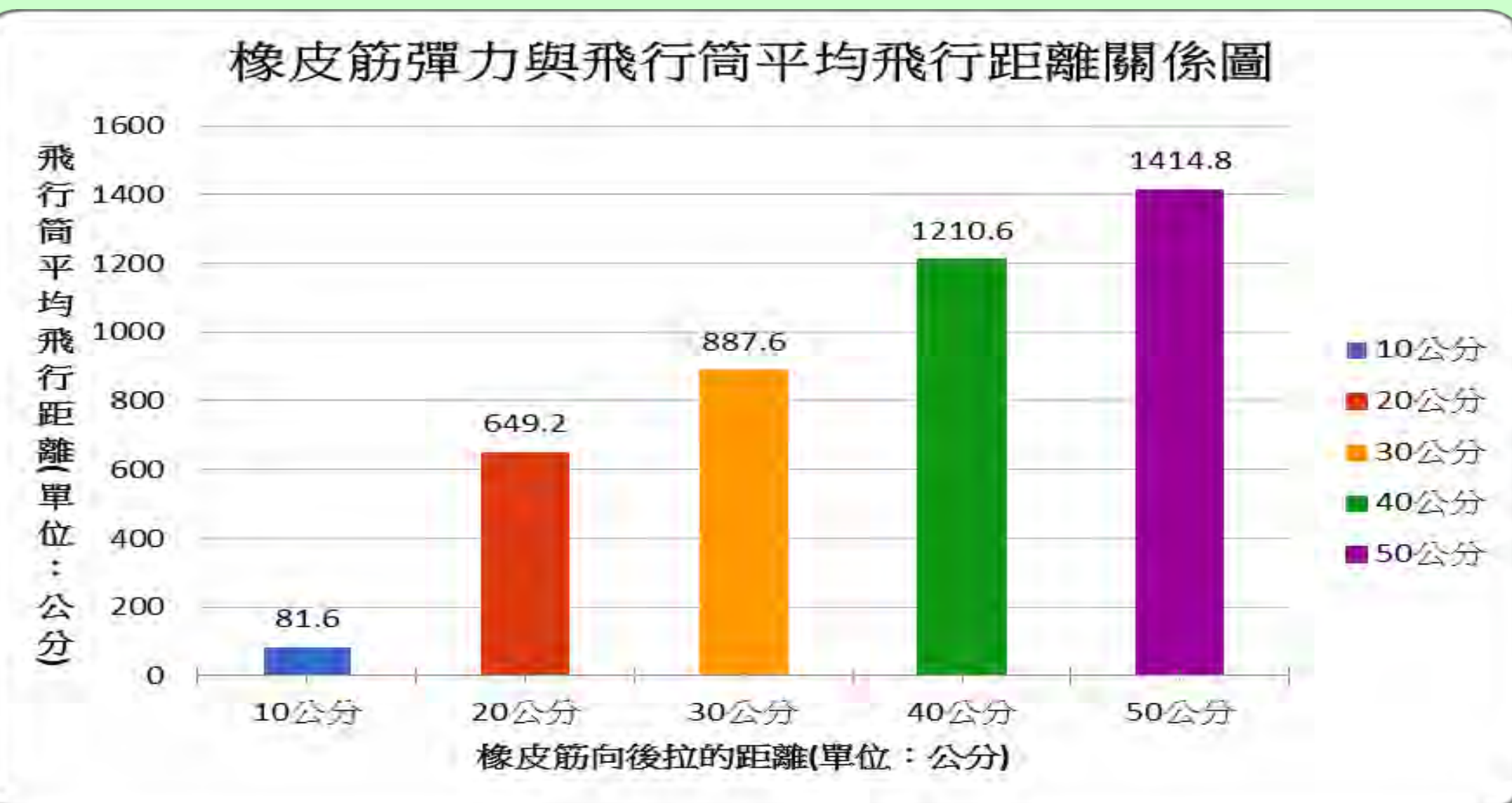
實驗七、比較不同橡皮筋彈力對飛行筒飛行距離的影響

(一)實驗問題：橡皮筋彈力和飛行距離有什麼關係？

(二)實驗假設：往後拉的距離越長，飛行距離越遠；
往後拉的距離越短，飛行距離越近。

(三)實驗結果

1.不同橡皮筋彈力與飛行筒平均飛行距離關係圖



(四)實驗討論：

- 根據長條圖所示，不同橡皮筋彈力所測量到飛行距離，**由遠到近依序排列：橡皮筋往後拉50公分>40公分>30公分>20公分>10公分**，實驗結果與假設相同
- 當橡皮筋往後拉10公分時，橡皮筋的往後拉的距離較短，使橡皮筋彈力較小，飛行筒無法穩定往前飛行
- 當橡皮筋往後拉20公分~50公分時，橡皮筋往後拉的距離逐漸變長，使橡皮筋彈力逐漸變大，飛行筒能穩定飛行。
- 綜合上述，**往後拉的距離越長，橡皮筋彈力越大，飛行距離越遠；往後拉的距離越短，橡皮筋彈力越小，飛行距離越近。**
- 因此，橡皮筋往後拉50公分為飛行筒的最佳發射條件，但考慮橡皮筋經過多次實驗而容易彈性疲乏；最後，選用「橡皮筋往後拉30公分」為本研究飛行筒的發射條件。

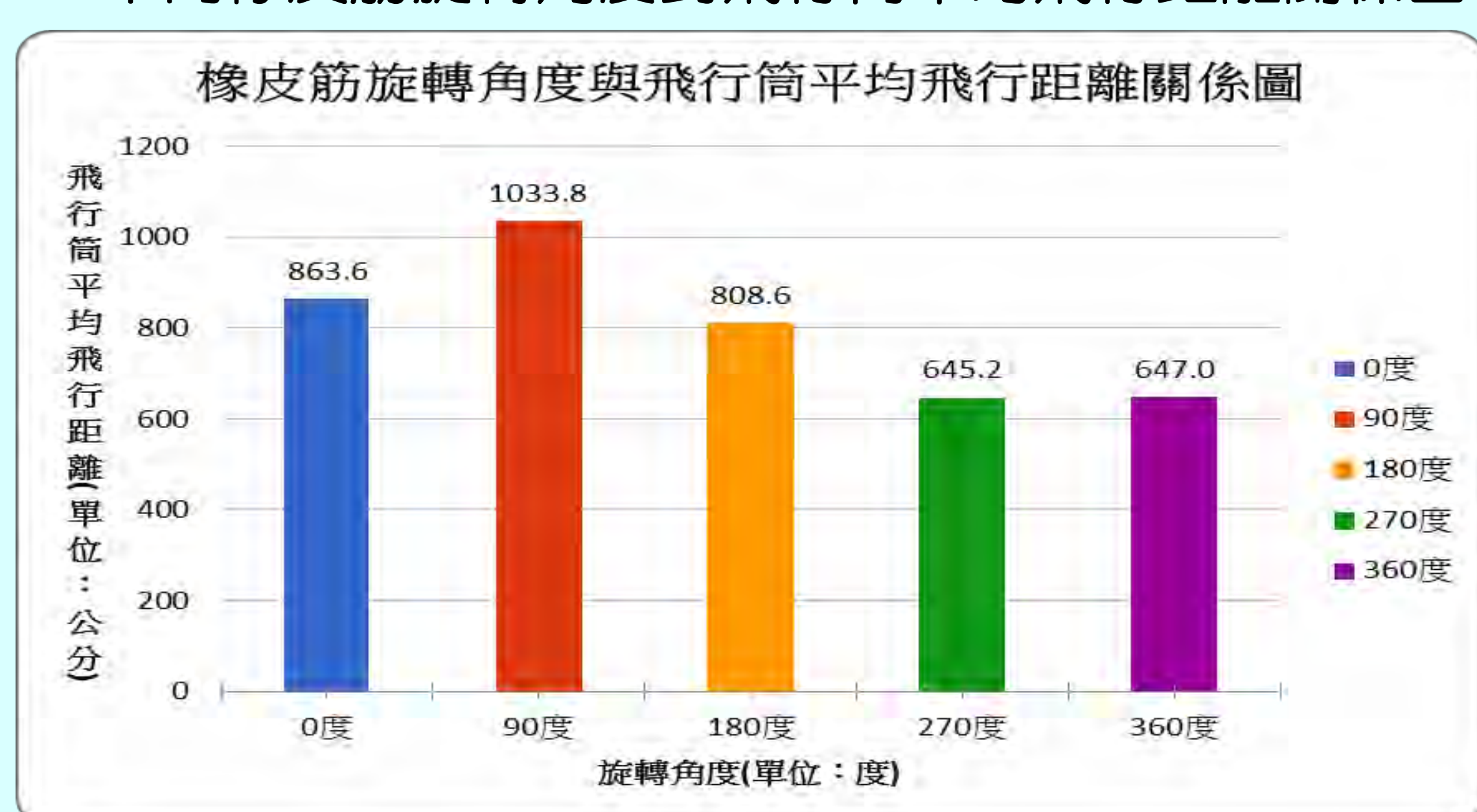
實驗八、不同橡皮筋旋轉角度對飛行筒飛行距離的影響

(一)實驗問題：橡皮筋旋轉角度和飛行距離有什麼關係？

(二)實驗假設：橡皮筋旋轉角度越大，飛行的距離越遠；
橡皮筋旋轉角度越小，飛行的距離越近。

(三)實驗結果：

1.不同橡皮筋旋轉角度對飛行筒平均飛行距離關係圖



(四)實驗討論

- 根據長條圖所示，使用不同的橡皮筋旋轉角度，所測量到的飛行距離不相同。
- 由實驗結果發現，不同旋轉角度所測量到的飛行距離，**由遠到近依序排列：90度>0度>180度>360度>270度**，實驗結果與實驗假設不相同。
- 當橡皮筋旋轉角度為0度時，缺少旋轉的施力，無法產生陀螺效應，缺少定軸性與穩定性，使飛行筒難以穩定飛行。
- 當橡皮筋旋轉角度為90度時，能發揮陀螺效應的最大作用，如同子彈和陀螺般，因旋轉而產生定軸性與穩定性，使得飛行筒能夠保持穩定向前飛行。
- 當橡皮筋旋轉角度為180度以上時，穩定性較低且飛行距離較短，推測可能原因有二：
第一，飛行筒旋轉角度太大，造成氣流通過飛行筒時不穩定，而使飛行筒飛行距離縮短。
第二，因為發射器上的橡皮筋旋轉太多圈，橡皮筋的彈力因旋轉而被分散至四面八方，使得往前進的彈力變少了。
- 綜合上述，**適度旋轉橡皮筋可以產生陀螺效應以穩定飛行筒的飛行方向**，使得飛行筒飛行距離增加，但橡皮筋旋轉太多反而無法發揮陀螺效應的作用，使得力量被分散，造成飛行筒飛行距離縮短。
- 因此，我們選用「橡皮筋旋轉角度90度」為本研究飛行筒的發射條件。

陸、研究結論

- 當形狀越接近圓形時，飛行升力能平均施力於圓形飛行筒上，飛行距離較遠。
- 當飛行筒直徑越小時，所需飛行升力較小，飛行距離較遠。
- 當飛行筒長度為4.5公分時，尾翼長度足夠，能提供飛行適當的飛行升力，飛行距離最遠。
- 當飛行筒前端厚度越薄，因飛行筒重心偏向前端，使得飛行筒飛行穩定性較高，飛行距離越遠。
- 當飛行筒厚端朝前時，飛行重心較前面，飛行軌跡與穩定性較高，飛行距離較遠。
- 當發射角度越小，飛行筒所需要的飛行升力越小，飛行筒的飛行距離會越遠。本研究的飛行筒最佳的發射角度約為5度，飛行距離最遠。
- 當飛行筒發射器的橡皮筋往後拉的距離越遠，表示橡皮筋的彈力越大，飛行筒飛行距離越遠。但考慮橡皮筋經過多次實驗而容易彈性疲乏；最後，我們選用「橡皮筋往後拉30公分」為本研究飛行筒的發射條件。
- 當橡皮筋旋轉角度為90度時，能發揮陀螺效應的最大作用，如同子彈和陀螺般，因旋轉而產生定軸性與穩定性，使得飛行筒能夠保持穩定向前飛行，飛行筒的飛行距離最遠。

柒、未來發展

- 嘗試改變飛行筒的材質進行實驗，例如：紙張、鋁片、塑膠片...等等。
- 運用電腦程式進行飛行錄影，探討飛行筒的飛行軌跡變化。
- 嘗試找出能夠飛最遠的飛行筒長寬比例，並依照此比例做出大小不同的飛行筒，找出最佳的發射條件