

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：
一、摘要：
紙飛機的飛行過程比較複雜，會受到空氣阻力與空氣密度、空氣濕度、出手時的速度以及拋射體本身的大小等因素影響，是數學、物理、手工等多種技能的集中表現。紙飛機的材質是影響飛行的一個重要因素。太重的紙張做的飛機所需升力也更大，因此，這些紙張製作的紙飛機都飛不遠。另外，紙飛機的重量與重心也是影響飛行的重要因素，我們希望藉由改變紙飛機的飛行時的因素，讓大家玩紙飛機時，能有更多的選擇讓自己的紙飛機飛的又高又遠。
二、探究題目與動機
紙飛機是很多人的童年，看到自己折的紙飛機飛得又高又遠，是這個遊戲最令人著迷的地方。看著別人的紙飛機飛得比較遠，我們不禁去想：難道自己折的紙飛機飛不遠的問題無法解決嗎？可不可以透過改變飛機飛行時的變因，讓自己的紙飛機飛得比別人還要遠、還要高！
三、探究目的與假設
目的：測試改變重心的紙飛機飛行距離。 假設：我們覺得在哪裡加重，飛機的重心就會往哪裡偏，且飛行落點也會往加重的方向偏。
四、探究方法與驗證步驟

(一) 研究設備及器材

		
各式紙張	裁切工具	測距工具
		
筆記型電腦	自製紙飛機發射器	橡皮筋
		
黏貼用具	大迴紋針(1.5g)	小迴紋針(0.5g)

(二) 研究流程

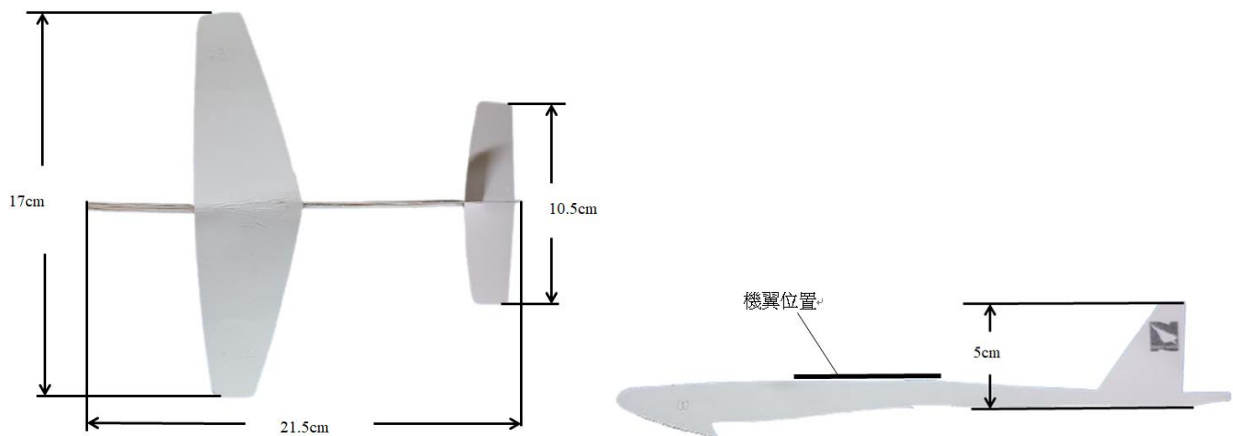
我們想知道如果加重在其他位置，會不會改變其重心，進而改變其飛行距離及姿態。下圖為我們的研究流程圖：



圖(一)研究流程圖

(三) 飛機尺寸

我們按照《二宮康明の紙飛行機集》的飛機設計圖，以等比例切割製作紙飛機，尺寸如下圖所示。



圖(二)飛機尺寸示意圖

(四) 測量距離方法

1. 利用自製紙飛機發射器發射紙飛機後，利用卷尺記錄其距離或直角坐標。
2. 以發射前的機頭為直角坐標原點，向右為 x 軸正向，向前為 y 軸正向，一單位為 1cm。

(五) 實驗數據

1. 機頭加重

下表(一)為對照組的飛機，沒有任何加重，表(二)、(三)分別為在機頭加重 1g、3g 的數據。

表(一)對照組飛機

	落點位置(x, y) (cm)	飛行及落地姿態
第一次	-188, 639	機腹著地
第二次	18, 638	
第三次	-95, 730.5	
第四次	-77.5, 704	
第五次	-190, 651	

表(二)機頭加重 1g

	落點位置(x, y) (cm)	飛行及落地姿態
第一次	-165, 862	機腹著地
第二次	-115, 680	
第三次	-94, 681	
第四次	-131, 814	
第五次	-103, 730	

表(三)機頭加重 3g

	落點位置(x, y) (cm)	飛行及落地姿態
第一次	-27, 301	機頭朝下墜地
第二次	-50, 410	
第三次	-25, 436	
第四次	-24, 442	
第五次	-29, 426	

針對飛機在機頭加重後，飛機飛行的姿態進行下列說明：

- (1) 機頭加重 1g 時， x 軸距離差距小於 1m。
- (2) 當機頭加重 3g 時， y 軸的距離明顯減少約 2m，且機頭向下墜地，偏航的程度減少約 1m。

2. 機尾加重

下表(一)為對照組的飛機，沒有任何加重，表(四)、(五)分別為在尾翼加重 1g、3g 的數據。

表(一)對照組飛機

	落點位置(x, y)(cm)	飛行及落地姿態
第一次	-188, 639	機腹著地
第二次	18, 638	
第三次	-95, 730.5	
第四次	-77.5, 704	
第五次	-190, 651	

表(四)尾翼加重 1g

	落點位置(x, y) (cm)	飛行及落地姿態
第一次	-123, 657	最高點攻角迅速變 大到約 90°
第二次	-43, 456	
第三次	-275, 653	
第四次	-15, 430	
第五次	-126, 516	

表(五)尾翼加重 3g

	落點位置(x, y) (cm)	飛行及落地姿態
第一次	-62, 375	最高點攻角迅速變 大到約 90°
第二次	-20, 234	
第三次	-61, 303	
第四次	-26, 333	
第五次	-78, 292	

針對飛機在尾翼加重後，飛機飛行的姿態進行下列說明：

- (1) 當機尾加重時，機頭會在接近最高點時攻角變大，當到達最高點時，攻角會呈現 90° 的狀態，然後飛機會失速並迅速掉到地面。
- (2) 機尾加重 1g 時，飛行距離減少了約 1m，機尾加重 3g 時，飛行距離則減少了約 3m。
- (3) 機尾加重 3g 時，偏航的程度減少約 50cm。

五、結論與生活應用

(一) 結論

1. 機頭加重

- (1) 機頭加重 1g 時， x 軸與對照組差距小於 1m，推測在機頭加上 1g 的重量還不足以對飛機造成偏航影響，但飛行距離卻增加了約 1m。
- (2) 當機頭加重 3g 時， y 軸的距離明顯減少約 2m，且機頭向下墜地，偏航的程度減少約 1m，推測因為在機頭加重，導致重心偏向機頭，但升力作用位置不變，使飛機產生機頭向下的力矩，讓飛機向下俯衝，導致距離減少。

2. 機尾加重

- (1) 當機尾加重 1g 時，機頭會在飛到最高點時攻角接近 90° ，推測在機尾加重，導致重心偏向機尾，但升力作用位置不變，使飛機產生機頭向上的力矩，讓飛機向上揚起，且飛行距離減少了約 1m。
- (2) 當機尾加重 3g 時，機頭會在接近最高點時攻角呈現 90° 的狀態，然後飛機會失速並迅速掉到地面，然後機尾會迅速掉到地面，推測飛機到達最高點時，因為失速的關係，沒有足夠的速度，使其迅速墜地，且飛行距離則減少了約 3m。
- (3) 機尾加重 3g 時， x 軸減少約 50cm，推測因為飛機來不及偏航就墜地了。

(二) 生活應用

1. 我們認為在做紙飛機時，可以在它機頭的部分增加一些重量，因為我們測量到的數據顯示在機頭加重 1g 時，飛行距離有增加，且不會偏航，但加重 3g 時就會縮短，所以機頭重量不要過重，就可以使飛機飛得更遠。
2. 可以透過改變機頭與機尾的重量，進而控制紙飛機的攻角與落點，可以讓紙飛機達到理想的飛行。
3. 我們認為在做紙飛機時，如果沒有控制好它的重心，就會對飛行產生負面的影響。

參考資料

- 一、歷屆科展有關紙飛機的參考資料
- 二、<https://xw.qq.com/cmsid/20200702A0AMPS00> 飛行的基本規律
- 三、<https://slidesplayer.com/slide/11615260/> 手擲滑翔機設計與製作
- 四、二宮康明《二宮康明の紙飛行機集》
- 五、中村寬治《飛機的構造與飛行原理》
- 六、秋本俊二《飛機如何飛上天》
- 七、阿施光南、酒井真比古《航空知識の ABC》
- 八、世界民航雜誌第 240 期