

# 2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

## 高中 ( 職 ) 組 成果報告表單

題目名稱：一月的天空 - 水火箭的液氣黃金比例

### 一、摘要：

過去看過的水火箭作品大多是測量飛行的落地距離，幾乎未見測量飛行高度的實驗，會有這樣的狀況是因為水火箭經常飛超過學校大樓高度，在過去傳統測量上有所限制。因此我們利用現代科技，藉由 iPad 的 Video Physics 和 Graphical GW 兩種 App 進行飛行高度的分析與測量，我們也上網蒐集資料、和老師討論研究如何改進水火箭，並多次試飛後比較飛行結果。再根據飛行結果改良機頭與機翼使之更加穩定。挑選出最合適的機頭、機翼組合，以水量作為操縱變因，進行測量以尋找能使水火箭飛得最高的水量與瓶身整體體積的比例。

### 二、探究題目與動機

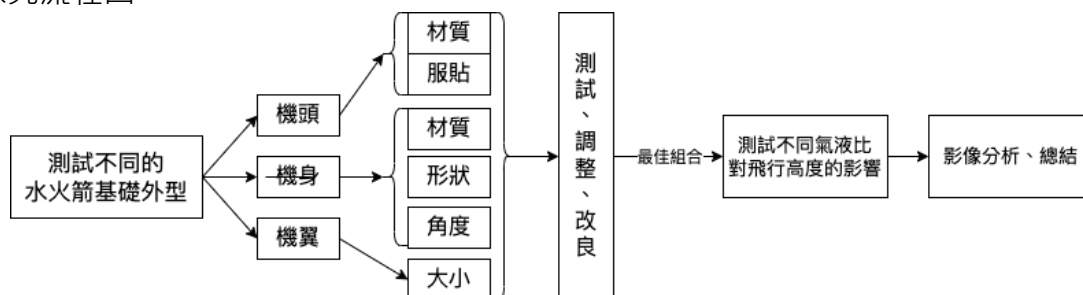
水火箭是多數人在國中小自然課就接觸過的東西，可是對我們這四個組員來說卻是相當新奇的。對未來職涯充滿了夢想與想像的我們，想搶先一小步踏足嶄新的領域，爭取能動手製作水火箭並研究的機會。一開始發射意外的成功激起了我們想要飛得更高更遠的渴望，便一路研究到現在，因此我們決定找出最適合飛行的水火箭，並找出最佳水量的黃金比例。

### 三、探究目的與假設

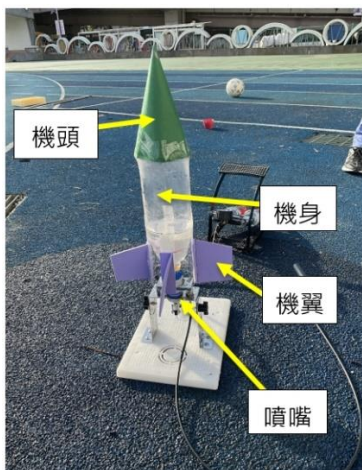
- 一、改變機頭、機身大小和機翼，經多次實驗後找出飛行軌跡最穩定、筆直的模式。
- 二、改變機身瓶中的水量，經過多次實驗收集數據並利用 app 分析得出每次飛行的最大高度，探討能獲得最高射程的水量比例。

### 四、探究方法與驗證步驟

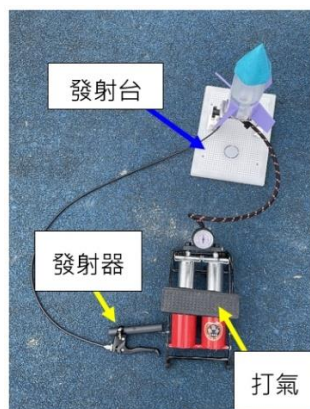
#### 一、探究流程圖



#### 二、實驗裝置：如下圖一、二



圖一 水火箭裝置



圖二 發射裝置

### 三、水火箭的外觀造型設計與改進流程

#### (一)水火箭機頭改進流程

##### 1. 原始機頭材質：雲彩紙

###### (1)問題探討

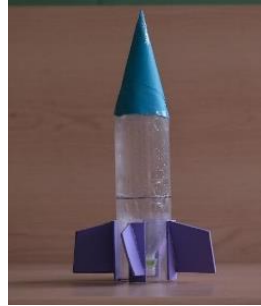
- A. 雲彩紙有一定硬度，包覆在圓弧形瓶身上會產生尖角狀突起，如下圖三。
- B. 機頭放置時無法準確定位於正中央，僅能憑感覺放置，如下圖四。



圖三



圖四



圖五



圖六

###### (2) 解決方法

- A. 花費更多時間將機頭服貼於瓶身，並一次製作多個機頭，以便於機頭毀損時快速替換。
  - B. 放置新機頭後拍攝照片，並利用平板電腦在其上畫一條直線，以確認其位置是否位於中央，如上圖五。
2. 新版機頭材質：一般 A4 紙材。因其取得容易、較雲彩紙柔軟，不易產生明顯凸起且更換容易、貼機頭時需注意膠帶不需貼太多僅需要貼前後兩張，才能保持其流線型，如圖七。

#### (二)水火箭機翼改進與測試流程

##### 1. 原始機翼材質：硬紙板

- (1) 問題探討：第一次軌跡正常，但第二次之後軌跡明顯歪斜，甚至撞地。
- (2) 觀察與推測：機翼經過發射後有受損，並因此影響飛行結果。
- (3) 最終選擇：將機翼材質更改為泡棉紙，並增加底座使其更穩固。

##### 2. 新版機翼材質：泡棉紙

- (1) 材質為泡棉紙（厚度約 4mm）
- (2) 增加了長方形底座，如下圖七，使機翼更穩固
- (3) 使機翼垂直於底座，且擺設於底座正中央的位置（垂直翼）



圖七



圖八



圖九

(4) 問題探討

- A. 機翼沒有準確黏在相差 90 度的位置。
- B. 材質柔軟使黏貼時產生曲折，且每個機翼曲折角度不一，影響飛行。



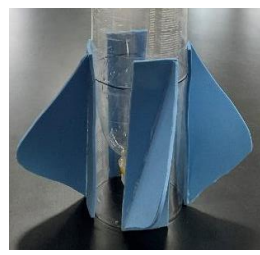
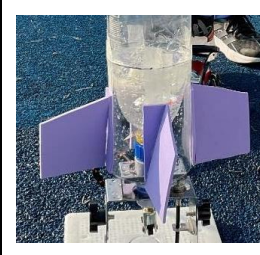
(5) 解決方法

- A. 利用平板查詢指北針圖片，並依此進行機翼黏貼位置之對照，以完成水火箭的翼面佈局，如上圖八。
- B. 製作機翼時增加一定的偏角，如上圖九，使其飛行時能夠旋轉。

3. 機翼形狀選擇

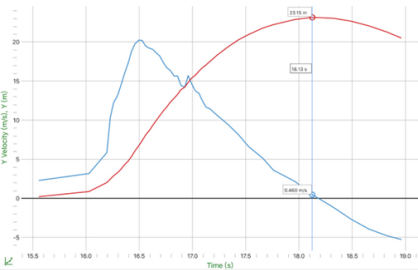
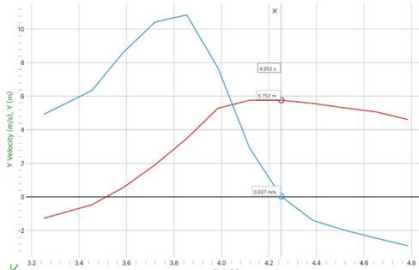
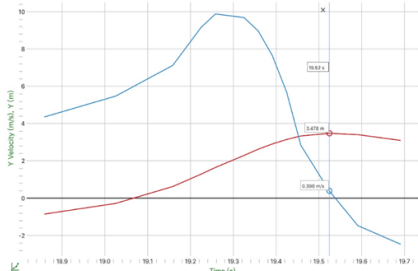
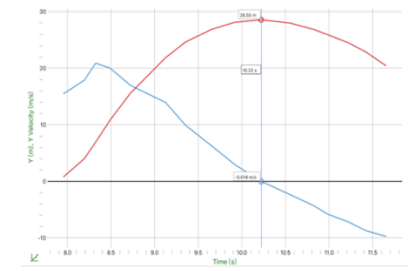
(1) 改變機翼形狀，如下表一。

表一

機翼形狀 1	機翼形狀 2	機翼形狀 3	機翼形狀 4
			

(2) 利用 Graphical GW 分析不同機翼的最大飛行高度，如下表二。

表二

機翼 1	機翼 2
	
飛行的最大高度約 23.05 公尺	飛行的最大高度約 5.7 公尺
機翼 3	機翼 4
	
飛行的最大高度約 3.5 公尺	飛行的最大高度約 28.5 公尺

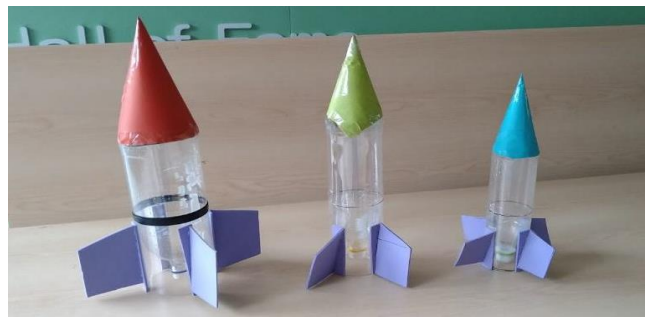
(3) 最終選擇：經過比較測試結果與飛行穩定度，最終選定機翼 4 作為後續測試使用之機翼樣式。

### (三)水火箭機身的挑選

1.機身大小比較：左至右分別為小型、大型、中型水火箭，如下圖十



圖十



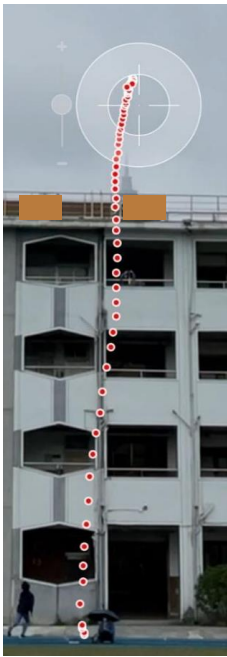


圖十一

2.機身可能造成的影響

- (1) 水火箭瓶身越大，機頭製作越困難，且機頭貼合程度會影響軌跡。
- (2) 最初製作旋轉機翼時，並未將傾斜角度固定，故最後大、中、小水火箭之機翼傾斜角度不同，其中小型之傾斜角度最大，大型最小，如上圖十一，解決方式就是底座都要一樣大小，傾斜角度才會相同。

3.軌跡分析驗證，如下表三。

表三

		
500ml 小型水火箭	1250ml 中型水火箭	2000ml 大型水火箭
軌跡最筆直	軌跡看起來很理想且高	軌跡最容易發生彎曲

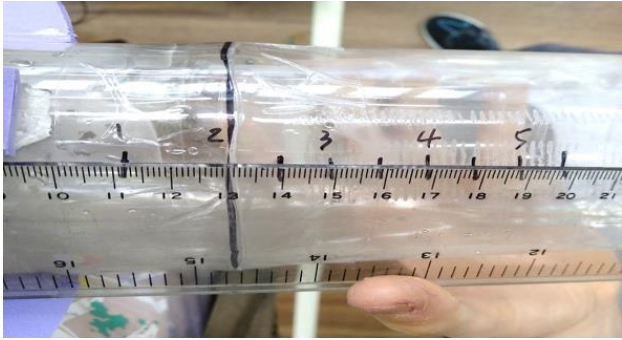
4.最後選擇：1250ml 的中型水火箭，因每次平均飛行高度最高。

### 四、水火箭氣液比例與飛行高度的探討

#### (一)實驗變因分析

1. 操縱變因：不同的水量，如下表四
2. 應變變因：水火箭飛行的最大高度
3. 控制變因：機身大小、機翼形狀、機翼歪斜角度、機頭狀況、打進去汽水瓶的氣壓值(皆 400kpa)

表四

在瓶身上做好水量的等間隔刻度記號 (瓶身總體積 1355 ml)	刻度 序號	水量 體積	空氣 體積	水量佔汽水瓶 總體積的比例
	1	296 ml	1059 ml	約 21.85%
	2	412 ml	943 ml	約 30.41%
	3	518 ml	837 ml	約 38.23%
	4	624 ml	731 ml	約 46.05%
	5	740 ml	615 ml	約 54.61%

五、數據分析流程

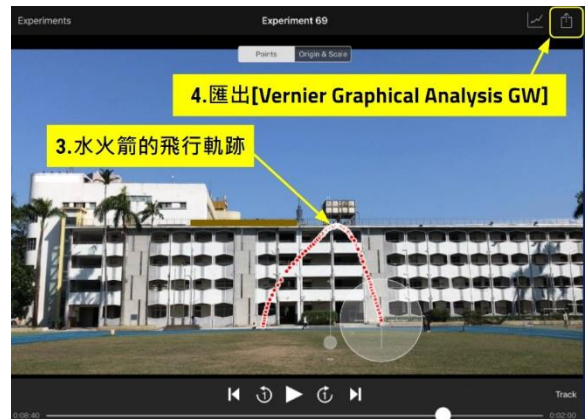
1. 利用 Video Physics 進行影像分析，如下圖十二、十三

(1) 設定座標原點與比例尺

(2) 點出水火箭飛行軌跡後匯出至 Graphical GW

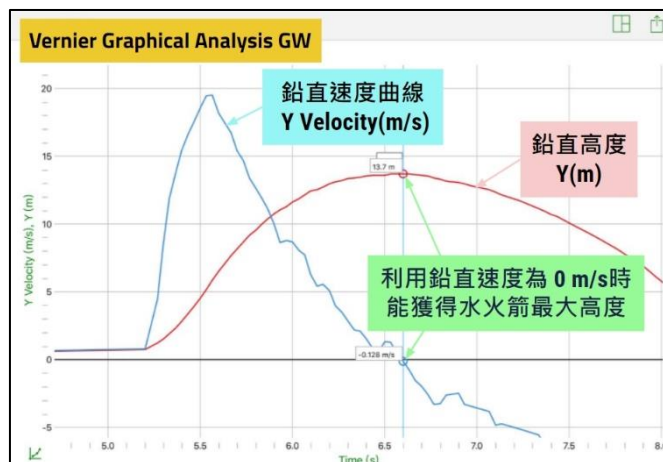


圖十二



圖十三

2. 利用 Graphical GW 進行飛行高度分析，如下圖十四



圖十四

五、結論與生活應用

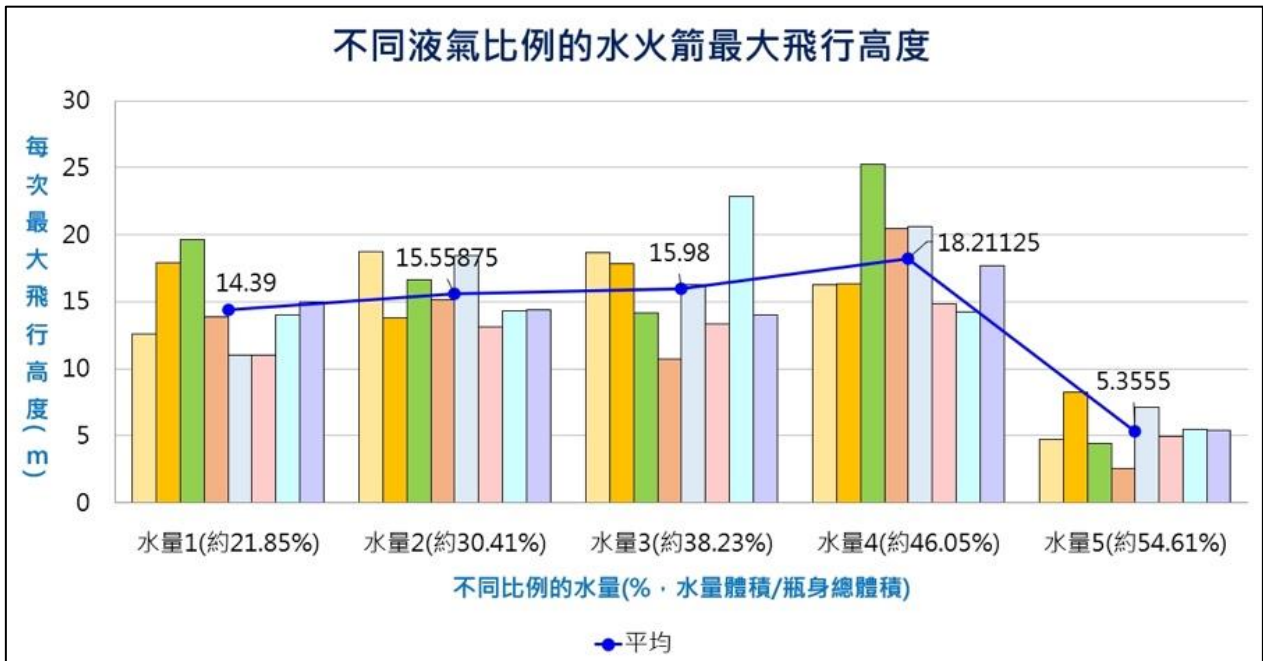
根據實驗結果，我們發現水量越多時，水火箭能飛行的最大高度平均值也越高，符合牛頓第三運動定律內容，藉由水與氣體向後噴出時的反作用力使水火箭上升，因此當水量越多，平

均能上升更高的機率越大，且能看到水量 4 發射的最大高度超過 20m 的次數相較於其他水量較多次，因此推測水量占整體體積約 38%~46% 有很大的機率能使水火箭飛得很高。

但當水量越多也就意味著整體質量越大，重量越重，當水量佔總體機的比值達到 54% 時，非常明顯的水火箭原本依賴的上升力已經不足以支撐整體重量，飛行的高度皆不高，甚至是軌跡呈現歪斜、詭異等結果。詳如下表五與下圖十五所示。

表五

水量 次序	水量 1 (約 21.85%)	水量 2 (約 30.41%)	水量 3 (約 38.23%)	水量 4 (約 46.05%)	水量 5 (約 54.61%)
1	12.62	18.75	18.69	16.26	4.708
2	17.88	13.77	17.85	16.36	8.216
3	19.65	16.66	14.15	25.24	4.427
4	13.88	15.11	10.7	20.46	2.532
5	11.02	18.41	16.3	20.6	7.153
6	11.05	13.13	13.32	14.86	4.923
7	14.01	14.28	22.84	14.21	5.467
8	15.01	14.36	13.99	17.7	5.418
平均高度	14.39	15.559	15.98	18.211	5.3555



圖十五

由這次實驗結果更可以明顯看出水量介於 46.05% ~ 54.61% 之間其最大飛行有明顯的差異，因此推測若想要造出一支飛得很高的水火箭，除了建議機翼應該做旋轉型，整體水量佔整體體積的 40~50% 時會有較高機率能飛得很高。

參考資料

小峯龍男(2013)。流體力學：透過人類智慧，巧妙掌控氣體與液體。新北市  
 黃種瀛 楊宗穎 (民國 109 年 8 月 4 日)。水火箭變身拋繩槍！義消研發救災利器。華視新聞。  
 取自 <https://news.cts.com.tw/cts/general/202008/202008042009319.html>