

# 中華民國第 53 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

### 最佳創意獎

080813

飛天奇蹟－自製飛行空拍機

學校名稱：臺北市中正區國語實驗國民小學

作者：	指導老師：
小六 黃涵禎	黃夢怡
小六 林承霈	王郁軒
小六 梁祖禕	
小六 郭家齊	
小六 劉育文	
小六 宋沁凌	

關鍵詞：氦氣球、飛行動力、空拍攝影

# 飛天奇蹟－自製飛行空拍機

## 摘要

我們想在畢業典禮時空拍同學們的影象，並即時投影在大布幕上，因此自行研發出了一個安全的飛行空拍機。我們選擇裝氮氣的中型氣球作為浮力來源；並探究各種市售遙控即時攝影裝置；同時嘗試改裝飛天小鯊魚、直升機、四軸飛行器，遙控小汽車及樂高機器人作為飛行動力。我們的飛行裝置必須同時讓浮力裝置、動力裝置、攝影裝置完美結合，我們在一連串的失敗中發現問題。終於成功研發出二種能在室內安全又穩定飛行的遙控飛行空拍裝置，**飛天一號**是以遙控小汽車改裝的輕巧型機種；**飛天二號**則是用樂高機器人，設計出能朝不同角度靈活移動的專業型機種。最後我們探討螺旋槳的大小和馬達的關係，並改變氣球的排列方式，讓我們的裝置發揮最大的飛行空拍效能。

## 壹、研究動機

近年來台東舉辦熱氣球節，看到熱氣球飛上了青天完成了人類飛的夢想，讓我們心生嚮往。後來在電影三個傻瓜中，看到用四個螺旋槳作成的飛天攝影機畫面，**我們就突發奇想**，自己也來發明一個能像熱氣球一樣穩定，又能像直昇機一樣移動自如的空中攝影裝置，這個裝置可以在畢業典禮時安全又機動的空拍畢業生的生動影像，並即時投影在大螢幕上，希望為我們六年的小學生涯做一個另類的記錄。

雖然現在市面上有很多現成的直升機空拍玩具，但是根據我們自己操作的經驗，如果不是練習有素的操作員，直升機常會發生墜機的慘劇。我們在自然課**空氣與燃燒**單元中學到有關各種氣體的特性，讓我們想用氣體當作是穩定飛行浮力來源。此外，在自然課的**小電池與小馬達**單元中，老師讓我們拆解各種玩具，讓我們想利用現成的玩具遙控小汽車及直升機取得我們所需要的飛行動力。

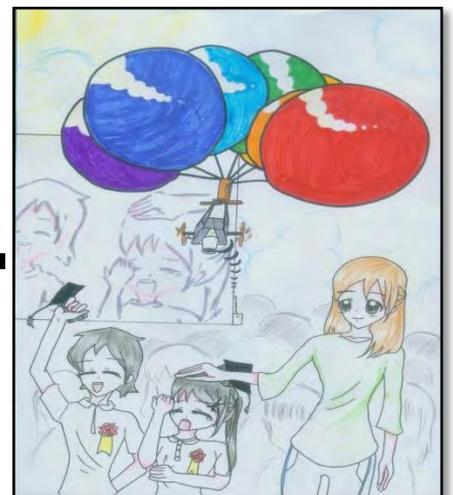
我們在進行研發之前，訪問了直昇機專賣店的工程師、空飄氣球製造商、並上網尋找可用的攝影器材，先做了預算評估，我們**打算用我們自己的積蓄來完成我們的安全自製飛行空拍機**，在畢業之前以我們自己的能力實現我們的飛行空拍夢。



熱氣球平穩，但是移動不靈活。



遙控直昇機、四軸飛行器靈活，但是很容易墜機。(取自電影三個傻瓜)<sup>1</sup>



想自行研發飛行空拍機(畢業典禮時把動人畫面即時投影在布幕上)

## 貳、文獻探討

### 熱氣球及天燈

熱氣球最早由中國人發明，稱為**天燈**或**孔明燈**，約在公元二世紀或三世紀被發明，被用來傳遞軍事信號。十八世紀，法國造紙商孟格菲兄弟在歐洲重新發明了熱氣球。1783年11月21日下午，孟格菲兄弟又在巴黎穆埃特堡進行了世界上第一次載人空中航行，熱氣球飛行了25分鐘，我們想也許熱空氣可以提供我們浮力來源。

### 飛船

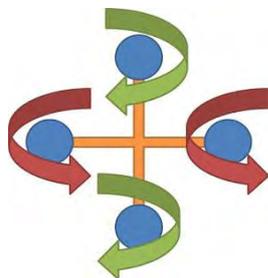
充氫氣飛船在1930年代達到巔峰。在當時的巨型飛船，在跨大西洋的歐美航線上都有豐富的獲利。不料，1937年時興登堡號在美國紐澤西州失火墜毀，也就是著名的「興登堡空難」，不久之後就被新興的民航機給取代了。台灣天興化工有在製造小型飛船，沒充氫氣前就要4萬5千元，十分昂貴。

### 氦氣 helium

「氦」是一種化學元素，它的化學符號是He，它的原子序數是2，為稀有氣體的一種，是一種無色的惰性氣體，在常溫下，它是一種極輕的無色、無臭、無味的氣體。氦氣是所有氣體中最難液化的，是唯一不能在標準大氣壓下液化的物質。氦的化學性質非常不活潑，一般狀態下很難和其他物質發生反應。氦氣的密度是(0 °C, 101.325 kPa) 0.1786 g/L，空氣密度則為1.30g/L。雖然價錢是氫氣的4倍，但是卻相對安全。

### 四軸飛行器

四軸機是一種類似直升機的新種類飛行器，主要是利用四個無刷馬達為動力，使四軸機可以爬升，前進後退，左右移動還有原地旋轉的功能，如上圖所示，這是四軸機的俯視圖，藍色圓圈是馬達，紅色箭頭是逆時針轉，綠色是順時針轉，相鄰的兩邊轉的方向不能相同，以便平衡。四個槳轉動時的離心力是分散的。



四軸機的俯視圖

## 紅外線

遙控器將特定的訊號編碼，然後透過紅外線通訊技術將編碼送出，而紅外線接收器收到編碼之後，將其進行解碼而得到原來的訊號。因為紅外線也是光的一種，所以它前進的速度為光速，不能穿透牆壁或是大型物體，所以，在資料收發的兩端必須相互對準才能進行通訊。

## 無線電

導體中電流強弱的改變會產生無線電波。利用這一現象，通過調製可將信息加載於無線電波之上。當電波通過空間傳播到達收信端，電波引起的電磁場變化又會在導體中產生電流。通過解調將信息從電流變化中提取出來，就達到了信息傳遞的目的。無線電被應用在各種需要遙距控制的設備上。操控者透過發射器發出指令而設備上的接收器則根據所收到來自發射器的指令對設備上的各部份進行操作。例子有無人架駛偵察機、各種遙控模型、各種機器人等。

## 藍牙 (Blue Tooth)

西元十世紀時，挪威有個維京國王 Harald (哈拉德藍芽；Blatand 為丹麥文字，相當英文的 bluetooth) II (940-981)，統一了丹麥(Denmark and Norway)，成為維京人的英雄。Ericsson 將其新的無線電介面的 Project 命名為「藍牙」(Bluetooth)，大概是希望藉由 Bluetooth 統一介面規格，成為一個世界標準。藍牙的運作原理是在 2.45GHz 的頻帶上傳輸作業，除了資料外，也可以傳送聲音。藍牙的傳輸範圍在 10 公尺 (0dBm) 到 100 公尺 (20dBm) 左右，採用每秒 1600 次跳頻展頻技術。

## 參、研究目的

我們想在畢業典禮時空拍同學們的影象，並即時投影在大布幕上，因此想自行研發出了一個安全的飛行空拍機。我們選擇浮力來源；並探究各種市售遙控即時攝影裝置；同時嘗試改裝飛天小鯊魚、直升機、四軸飛行器，遙控小汽車及樂高機器人作為飛行動力。我們的飛行裝置必須同時讓浮力裝置、動力裝置、攝影裝置完美結合，經過一連串的實驗、檢討及和改進，我們終於成功研發出二種能穩定飛行的遙控飛行空拍裝置，以下是我們的研究目的：

- 一、探究飛行器的浮力來源，研發浮力裝置。
- 二、探究空拍攝影裝置角度及拍攝效果。
- 三、研發飛行器的動力裝置，進行試飛。
- 四、精進飛行空拍機的空拍及飛行效能。

## 肆、研究設備及器材

### 一、浮力裝置器材

器材名稱	器材數量	器材名稱	器材數量	器材名稱	器材數量
吹風機	1 台	大塑膠袋 90cm×120cm	1 個	數位照相機	1 台
蒸氣燙衣機	1 台	乳膠氣球 10 吋	10 個	長捲尺	1 個
熱風機	1 台	乳膠氣球 36 吋	15 個	鐵架	2 組
氦氣瓶 6 立方公尺	1 瓶	星型鋁箔氣球	1 個	木條	2 條
包線膠帶	3 個	塑膠繩	1 捆	電子秤	1 個
硬紙捲	2 個	溫度計	1 個	竹筷子	1 把
砝碼	1 包	鐵絲	1 捲	夾鍊袋	2 個

### 二、空拍投影裝置器材

器材名稱	器材數量	器材名稱	器材數量	器材名稱	器材數量
智慧型手機	1 台	筆記型電腦	1 台	投影機	1 台
無線接收 攝影設備	1 組	影像轉接器	1 個	布幕	1 個
程式軟體	威力導演				

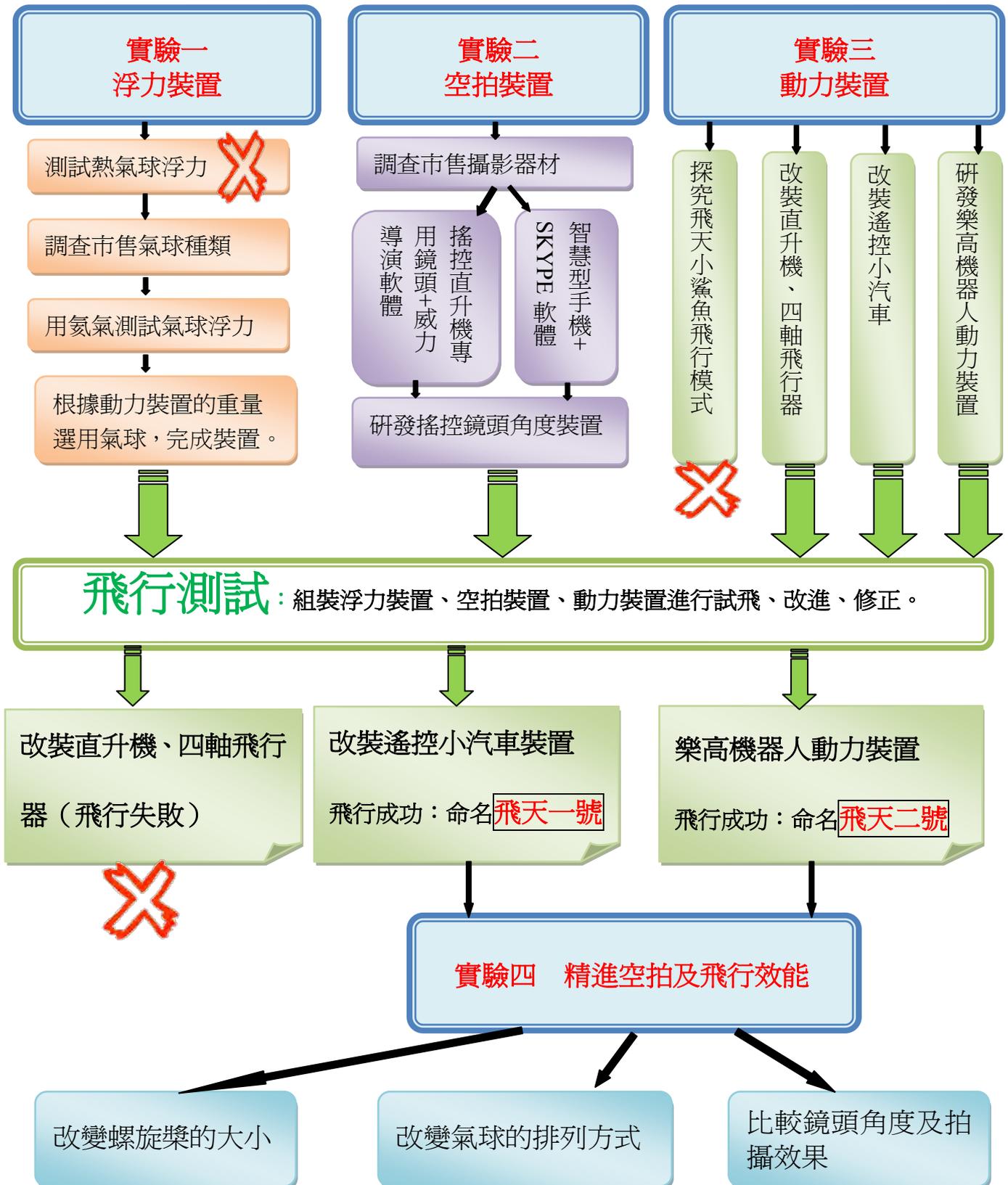
### 三、飛行動力器材

器材名稱	器材數量	器材名稱	器材數量	器材名稱	器材數量
紅外線直升機	1 組	四軸飛行器	2 組	遙控小汽車	3 台
飛天小鯊魚	1 組	二葉螺旋槳	6 組	三葉螺旋槳	6 組
樂高動力機器人 主機	2 個	樂高動力機 器人馬達	2 個	樂高動力機器 人旋轉小馬達	2 個
程式軟體	NXT2.1	酒精燈	1 個	螺絲起子	2 個
風速器	1 個	細橡皮筋	10 條	紙片	1 條
電線	1 捆	書背膠	1 捲	積木	1 個
三秒膠	1 個	粉筆	1 支	裝水夾鍊袋	1 個
數位攝影機	1 個	計時器	1 個	長捲尺	1 個
4 號電池盒	2 個	木條 0.5*0.5*100	4 條	固定鐵環	2 個

※有關研究設備的詳細組裝方式及照片請見各實驗的實驗過程。

## 伍、研究過程

### 研究架構



## 研究過程說明

我們想要研發的飛行空拍機，必須要同時面對三大問題：1.浮力裝置。2.空拍裝置。3.動力裝置。我們將組員分為三隊，同時分頭進行研究，當我們決定用昂貴的氦氣作為浮力來源之後，在積蓄有限的壓力下，**我們必須在充灌氦氣進行試飛前完成所有的裝置，實驗一、二、三互有相關。因此以下的報告內容經過事後整理，按這三大部分呈現，並非按照時間順序。**

### 實驗一 探究飛行器的浮力來源

#### 實驗 1-1 尋找能提供浮力的最佳氣體

##### 一、實驗構想

我們在台東看到熱氣球具有載人上天的浮力，也看到平溪天燈節一盞盞緩緩上升的天燈，於是我們想是否只要是熱空氣就能提供我們飛行器的浮力來源。但是顧慮到我們的飛行場所是在室內人多的地方，因此我們不能用放天燈點火的方式來製造熱空氣。因此我們想用其他的方法來加熱空氣，我們假設足夠的熱空氣可以在還沒失溫前提供飛行設備的浮力。

##### 二、實驗過程及結果

###### (一)熱空氣測試

###### 1.實驗步驟

1.到後車站找到市售最大塑膠袋 90cm×120cm。 	2.用電子秤測量塑膠袋的重量。 	3.用橡皮筋束塑膠袋口，把吹風機的熱風灌入塑膠袋 5min。 
4.測量塑膠袋重量。 	5.用熱風槍的熱風灌氣球 5min 後測重。 	6.改用蒸氣燙衣機灌氣球 5min 後測重。 
7.在塑膠頂端貼上溫度計 	8.用吹風機吹塑膠袋口，記錄每 30 秒鐘的溫度變化。 	

## 2. 實驗結果

120x90 的大塑膠袋用不同電器灌入熱氣 5 分鐘後產生浮力記錄表

	塑膠袋重量	灌熱氣 5 分鐘後重量	產生浮力 (重量相減)	狀態描述
吹風機	71 克	30 克	41 克	原本躺在桌上的塑膠袋自己站起來了，但是無法飄浮。
熱風槍	71 克	22 克	49 克	熱風槍的風力沒有那麼強，但是溫度似乎很高，會燙手。
蒸氣燙衣機	71 克	86 克	-15	熱的蒸氣一下子就變成小水滴，塑膠袋反而變重了。

用吹風機灌熱氣入大塑膠袋頂部溫度記錄表

時間	0	0:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00	3:30	4:00	4:30	5:00
溫度°C	28	35	42	45	50	55	56	57	58	58	58

## 3. 實驗討論

- (1) 在這個測試中，我們發現用安全的電器加熱空氣無法提供我們需要的浮力而且溫度下降非常快，停此提供熱氣不到 10 秒，塑膠袋就扁掉了。
- (2) 我們無法讓裝了熱空氣的大塑膠袋起飛，那平溪的天燈又是如何飛上天的呢？我們在歷屆科展作品中找到其他同學對天燈的研究結果：天燈內部的溫度高達兩三百度，飛行時間可達三分鐘。
- (3) 我們認為這樣的溫度在室內飛行實在太危險了，因此我們得打消用熱氣球飛行的想法，必須另外尋求浮力來源。

### (二) 氣體評估

1. 進行資料蒐集：市面上灌入空飄氣球的氣體有氫氣和氦氣，我們查詢對這兩種氣體的相關資料。氦氣密度只有空氣的 7.2 分之一，是除了氫以外密度最小的氣體。氫氣雖然最輕，但是容易燃燒，用來填充氣球常發生爆炸，但是氦氣也不是絕對安全，如果吸入過多氦氣，會導致缺氧，因此必須在通風的地方充灌氣球。

具浮力氣體優缺點評估表

氣體	優點	缺點	評估結果
熱氣	取得容易	必須在高溫下才有浮力	測試失敗
氫氣	最輕	容易爆炸	危險禁用
氦氣	輕且安全性高	價格較貴	採用

2. 尋找氦氣提供廠商：我們的飛行空拍機必須承載約 850 克的重量(詳見實驗二、實驗三)，我們詢問了多間氣球公司大約需要買多少氦氣(氦氣瓶有大中小之分)，但是每一家說的都不太一樣。有一位好心的叔叔聽到我們的計畫後，決定搬 50 公斤重 6 立方公尺的氦氣鋼瓶到校協助我們灌到足夠的氦氣，解決了我們的問題。



## 實驗 1-2 測試各種市售氣球的浮力效果

### 一、實驗構想

我們決定要用氦氣球來作為我們的浮力來源，必須承載約 850 克的動力及空拍設備，究竟要用多大的氣球呢？要用多少顆才夠呢？因此我們進行各種市售氣球的浮力測試。

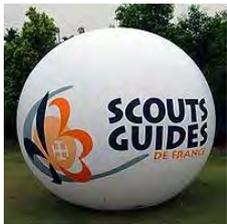
### 二、實驗過程

#### (一) 實驗步驟：

1. 打電話到到全台的氣球公司詢問各種氣球的尺寸及價錢。
2. 購買 5 吋乳膠氣球 10 個，36 吋乳膠氣球 1 個，星型鋁箔氣球一個，將氣球充滿氦氣，加掛砝碼，將能承載的重量記錄下來。

#### (二) 實驗結果：

市售氣球充氦氣後承載重量記錄表

	直徑 2mPVC 氣球 (市售最小尺寸) 	星型鋁箔氣球 (有各種大小形狀) 	10 吋乳膠氣球 (最常見尺寸) 	36 吋乳膠氣球 (市售最大尺寸) 
單價	2000 元	100 元	2 元	120 元
原始重量	3000 克	9 克	2 克	24 克
充足氦氣 後直徑	200 公分	不規則	25 公分	90 公分
可承載重 量	1~6 公斤 (氣球公司資料)	3 克	2.57 克 (用 10 顆平均)	107 克
承重 850 克 所需顆數	1 顆	284 顆	331 顆	8 顆
優點	只需要灌一次氦氣，可用一星期	氦氣可保存一星期	容易拆解	容易拆解，進出會場入口方便
缺點	直徑太大，不方便進出，不能完全符合機器的重量	浮力不大，價錢太貴	需要的數量太多	不能完全符合飛行器的重量

#### (二) 實驗討論：

1. 在市售氣球中，經過我們的調查及測試，2 公尺 PVC 氣球太大了，不適合室內飛行。鋁箔氣球單價太貴，而且太重了，一般最常見的 10 吋乳膠氣球要 331 顆，數量太多。而 36 吋的乳膠氣球 8 顆正好適合當我們的浮力裝置。
2. 在灌氦氣時，氦氣鋼瓶會發出巨大的響聲，灌完後氦氣鋼瓶變得冰冰冷冷的，老闆說：氦氣雖然不會燃燒，但不能在不通風的地方灌氣，灌氦氣不但要有勇氣，還要注意危險性。

## 實驗二 探究空拍攝影裝置

### 實驗 2-1 比較市售攝影裝置尋找合適攝影器材

#### 一、實驗構想

我們一開始的想法很簡單，只要加裝一個針孔攝影機就可以達到我們的空拍目的，詢價後才發現我們無力負擔。因此我們展開了一連串的探訪，希望能找到合適的設備。因為我們希望能達到即時輸出投影的功能，因此不考慮像行車記錄器的設備。

#### 二、實驗過程

1. 在網路、光華商場尋找能即時輸出影像的裝置，比較功能及價錢。
2. 電話詢問遙控直升機專賣店的工程師，了解目前空拍直升機的空拍設備。
3. 研究智慧型手機視訊交談功能。
4. 綜合比較各項器材的優缺點。

#### 三、實驗結果

1. 我們先測試智慧型手機上的 SKYPE 軟體在校園中的視訊效果。
2. 我們發現當手機保持不動時，影像穩定，但是只要手機稍有移動，畫面就十分模糊，而且會停格很久。可能是校園網路太慢。
3. 市售攝影設備的評估報告如下：



智慧型手機上的 SKYPE 軟體在校園中的視訊畫面會停格模糊。

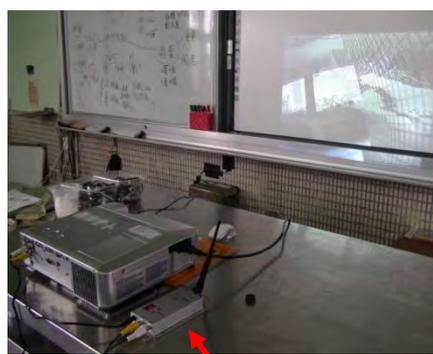
市售攝影設備評估報告表

	智慧手機 SKYPE 視訊交談	針孔攝影機 (HERO3)	網路攝影機	遙控直升機 專用攝影機
				
價錢	25000 元	16000 元	7499 元	4050 元
重量	156 克	73 克	300 克	226 克
缺點	學校網路測試影像停格畫面不清	超出預算	超出預算 是所有中最重的	比針孔攝影機 (HERO3) 和手機重
優點	一體成型，取得容易	耐摔、高畫質、 防水 30 公尺	鏡頭可上下左右倒置 畫面	價錢合理 鏡頭重量小

4. 我們決定選用直升機專用的攝影裝置，但因為這個設備並非一體成型，我們照老闆教我們的方法將裝置加以連線、組裝及測試，最後化零為整以方便懸掛。



空拍裝置包含電池、鏡頭、發射器，。



影像回傳給接收器，可以直接接在投影機上。



也可以用轉換卡及威力導演軟體將影像錄起來。



我們用紙盒及鐵絲將攝影器材整合成一個方便懸掛的裝置，可以在試飛時方便測試。

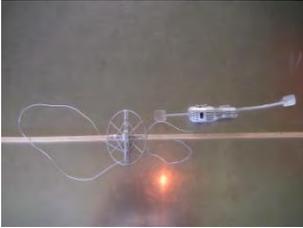
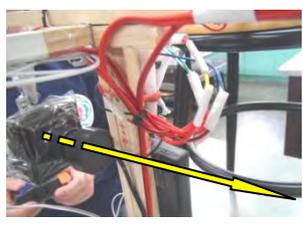
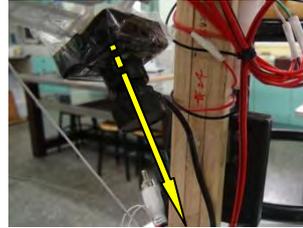
## 實驗 2-2 研發遙控鏡頭角度裝置

### 一、實驗構想

要如何才能讓空中的鏡頭轉換角度呢？現成的遙控雲台可以達到這個目的，但是要價 4000 元，因此我們想，是不是可以用別種方式達到這個簡單的動作呢？

### 二、實驗過程及結果

1. 我們在進行飛行動力實驗時，研究了飛天小鯊魚前進的動力來源(見實驗 3-1): 依靠尾鰭的左右擺動。因此我們決定改裝它的尾鰭裝置來當我們的簡易遙控雲台。
2. 我們將飛天小鯊魚的動力裝置拆下來，將尾鰭朝下固定在木條上，把空拍鏡頭用膠帶固定在尾鰭上。
3. 我們發現小鯊魚的尾鰭因為加上了重量，已不能 90 度左右擺動，但依然能改變 30 度左右，我們調整鏡頭的固定角度，就能依我們所希望的拍出俯角及斜角的不同角度。

 <p>拆下飛天小鯊魚的動力裝置</p>	 <p>把尾鰭裝在竹片上</p>	 <p>調整鏡頭固定在尾鰭上的各種角度</p>
 <p>加裝在飛行動力裝置上</p>	 <p>操作遙控器讓鏡頭向前拍</p>	 <p>操作遙控器讓鏡頭向下拍</p>

### 實驗三 研發飛行器的動力裝置

#### 實驗 3-1 探討市售小鯊魚的飛行方式

探究問題 1：探究飛天小鯊魚的零件對於飛天小鯊魚的飛行功能

##### 一、實驗構想

我們發現市面上的「飛天小鯊魚」十分有趣，牠可以在空間中自由的緩慢飛行，不像遙控直昇機那麼容易墜機。牠的浮力來源是氦氣，運用遙控器和尾鰭就能控制左右旋轉和前進。

我們想要先對飛天小丑魚進行了解，牠是怎麼改變方向呢？能夠移動多快呢？牠的載重量最大是多少呢？改良頭部或尾鰭是否能加快小鯊魚的飛行速度呢？加裝針孔攝影機是否就能達到我們的理想呢？因此我們展開了一系列的探究活動。

##### 二、實驗過程及結果

##### 1.飛天小鯊魚的組裝方法

 <p>1.灌滿安全氦氣</p>	 <p>2.裝上背鰭</p>	 <p>3.裝上側鰭</p>
---	---	---

		
<p>4. 裝上尾鰭</p>	<p>5. 滑動接收器置於塑膠條中間位置</p>	<p>6. 調整適當粘土量以增加重量讓小鯊魚能停在半空中</p>

## 2. 飛天小鯊魚的零件功能

### 各種器材的功能：

器材	胸鰭	尾鰭	接受器	遙控器	黏土
照片					
功能	裝飾	擺動就能前進	控制前後	搖控方向	增加魚的重量保持平衡

## 3. 飛天小鯊魚的承重量

- (1) 調整接受器的位置至中間位置。
- (2) 加紙黏土讓小鯊魚能不施加外力的情形下靜止於同一位置。
- (3) 測量黏土重量。
- (5) 測量 4 天中小鯊魚能不施加外力的情形下靜止的黏土重量。



加黏土讓小鯊魚能不施加外力的情形下靜止於同一位置



測量黏土重量

小鯊魚在 4 天中的黏土重量記錄表 單位：公克

	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天
黏土重量	9	6.2	4.8	2.1

### 三、實驗討論

1. 小鯊魚前進的動力來自於尾鰭擺動，要上升下降是靠一個重力軌道車前進後退來改變魚身的重心，讓魚頭上揚或下墜，它無法像直升機垂直上升下降。
2. 一隻小鯊魚的承重是在第一天時只有 9 克，如果要加上攝影設備可能要多加氣球。
3. 每一天能承重的重量也變少了，所以我們必需把握第一天充氣的寶貴時間。

### 探究問題 2：探究飛天小鯊魚的運動方式及速度

#### 一、探討飛天小鯊魚行進的速度。

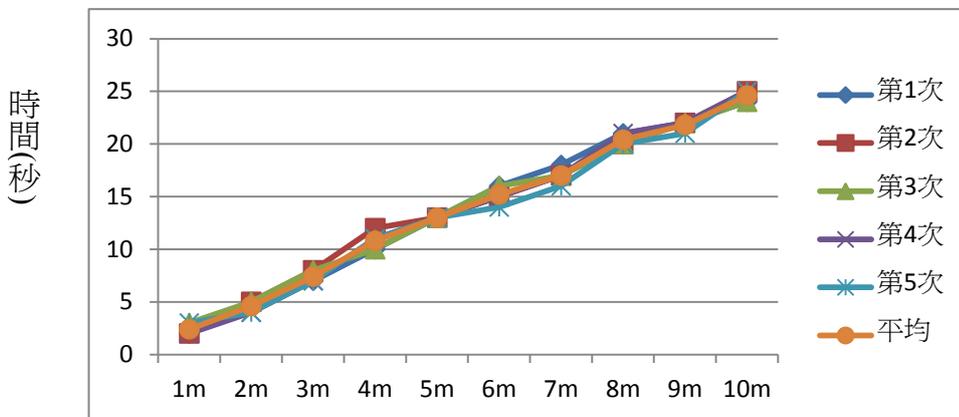
##### (一)實驗步驟：

1. 將小鯊魚固定在教室離地板 1.5 公尺。
2. 打開尾鰭開關，讓他能夠直線前進
3. 測量小鯊魚端飛行到不同的距離所需要的時間。
4. 拍照並記錄測量結果。



##### (二)實驗結果：

測量小鯊魚飛行到不同的距離所需要的時間。



小鯊魚行進距離和秒數折線圖

##### (三)實驗討論

1. 小鯊魚約以每秒 40.65 公分的等速度前進，我們覺得它的速度穩定，有自動模式可以直線前進。
2. 前進時身體會因為尾鰭擺動而左右晃動，如果加裝攝影鏡頭可能導致畫面晃動。

#### 二、探討飛天小鯊魚旋轉 90 度的時間

##### (一)實驗步驟：

1. 調整好飛天小鯊魚的裝置讓他保持平衡。
2. 先只擺動其中一邊(左邊)，讓他能夠轉彎。
3. 記錄魚頭轉到 90 度需要多少時間。

## (二)實驗結果：

飛天小鯊魚左右旋轉 90 度時間記錄表 單位：秒

	左轉	右轉
第 1 次	10.77	7.64
第 2 次	9.06	11.53
第 3 次	10.69	11.17
第 4 次	13.03	12.21
第 5 次	11.70	12.00
平均	11.05	10.77

## (三)實驗討論

1. 要讓小鯊魚改變方向不太容易操作，轉彎時魚身會搖擺不定，大約花上 10 秒的時間。
2. 綜合之前小鯊魚載重太輕及魚身晃動的觀測結果，我們認為用擺動的方式並不適合我們進行空拍的任務，雖然它是現成的飛行器，但是我們必須放棄以這種方式當動力來源，**小鯊魚飛行器宣告失敗。**

## 實驗 3-2 改裝直升機研發飛行動力裝置

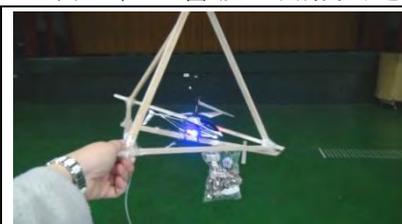
探究問題 1：探究傳統直升機動力是否能帶動氣球飛行

### (一)實驗構想：

市面上已有現成的空拍直升機玩具，售價 2400 元，是把影像存在硬碟中無法即時傳輸，而且如果不是訓練，很容易發生墜機，我們想是不是直接把傳統直升機加上氣球，就能變成穩定的飛行動力呢？

### (二)實驗過程及結果

1. 依據實驗一的結果，我們選擇用 36 吋的乳膠氦氣球當浮力來源。我們請氣球店老闆幫我們把 9 顆 36 吋氦氣球充好氦氣。
2. 我們用木條製作一個三角錐，將直升機固定在底部。
3. 上方綁上氦氣球，讓裝置保持平衡。
4. 試飛後發現，直升機很快就飛上去了，但是停在天花板上下不來。因為直升機沒有下降的動力，因此我們把重量加重，讓螺旋槳停住時，可以靠重力下降。
5. 我們試著讓它往前飛，但是整個飛行裝置聞風不動，仔細觀察思考，我們發現直升機在往前飛時，頭會向前傾，但我們把它緊緊固定，它的力量沒有辦法拉動整個三角架。
6. 我們將直升機鬆綁，用塑膠繩把直升機吊起來，期待它能像平常一樣前進。但是，鬆綁的直升機一不小心就會往上飛撞上來不及上升的三角錐，上升過程中，不但失速旋轉，甚至會發生翻機的意外。



我們用木條製作一個三角錐，將直升機固定在底部。



我們把重量加重，讓螺旋槳停住時可以靠重力下降。



直升機可以平穩的上升下降，但是無法往前飛。



我們想把直升機鬆綁，吊在三角錐中會打到木條。



我們改將直升機吊在三角錐之下。



鬆綁後，不但失速旋轉，甚至會發生翻機的意外。

### (三)實驗討論

1. 我們的直升機氣球只能達到平穩上升的目的，但是無法前進。
2. 因為要搭載攝影裝備，因此氣球體積很大，要對抗空氣阻力需要更大的力量，也許大一點的直升機可以有比較大的力量拉動氣球，但是大型機種價錢昂貴，已超出我們的預算，因此玩具直升機的構想只能定點進行上升下降的拍攝任務。

### 探究問題 2：探究四軸飛行器動力是否能帶動氣球飛行

#### (一)實驗構想：

在三個傻瓜電影中出現的四軸飛行器，目前市面上也有現成玩具，我們想也許四軸的動力比較大，而且吊掛時不會受到中間螺旋槳的阻擋，是不是可以提供氣球足夠的動力？

#### (二)實驗過程及結果

1. 先了解四軸飛行器的操作方式，它可以上升、往前後左右飛、但是要靠重力下降。
2. 我們將氦氣球的拉繩直接綁在兩軸交會處，加掛空拍器材，讓整個裝置能靠重力緩緩下降。
3. 開機測試，沒想到四軸飛行機瘋狂轉動，把氣球的繩子全扭轉在一起了，而且也飛不起來。怎樣才能讓氣球的繩子不扭轉呢？
4. 我們試著把繩子穿過硬紙筒，把硬紙筒緊緊的用膠帶固定在四軸飛行器的中間。測試後，繩子還是會滑動，最後又扭在一起。
5. 於是，我們試著在紙筒中間塞滿厚紙片，沒想到，繩子就被我們分開了，不會再扭在一起了。這個小動作讓我們朝成功邁進了一大步。
6. 四軸機不打轉後，果然能順利的起飛，但是跟傳統直升機一樣，無法前後左右的移動。
7. 經過觀察後，我們又將四軸飛行機鬆綁，只用兩條繩子和浮力裝置連接，重獲自由的四軸機開始慢慢拉動整個飛行裝置。
8. 我們測試它從禮堂地面上升到天花板的時間，從天花板下降到地面所需的時間，並測量它水平飛行 10 公尺的時間，及飛行中左轉 90 度的時間。各測五次。



四軸飛行機



瘋狂轉動，把氣球的繩子全扭轉在一起，無法飛行。



在紙筒中間塞滿厚紙片





能順利上升卻無法前進

必須靠重力下降

將四軸飛行機鬆綁，只用兩條繩子和浮力裝置連接

開始慢慢拉動整個飛行裝置

要不斷調整才能保持手平飛行，很容易往上飄。

測量上升、下降、及平飛 10 公尺的時間。

四軸飛行空拍機飛行效能記錄表

單位:秒

	上升 6 公尺	下降 6 公尺	平飛 10 公尺	左轉 90 度
第 1 次	16.85	14.7	45.39	29.76
第 2 次	13.33	16.09	39.99	27.03
第 3 次	14.7	16.17	45.83	29.76
第 4 次	14.36	15.48	40.26	27.58
第 5 次	12.58	16.23	48.25	26.35
平均	14.364	15.734	43.944	28.096
秒速	41.77cm/s	38.13 cm/s	22.76 cm/s	

### (三) 實驗討論

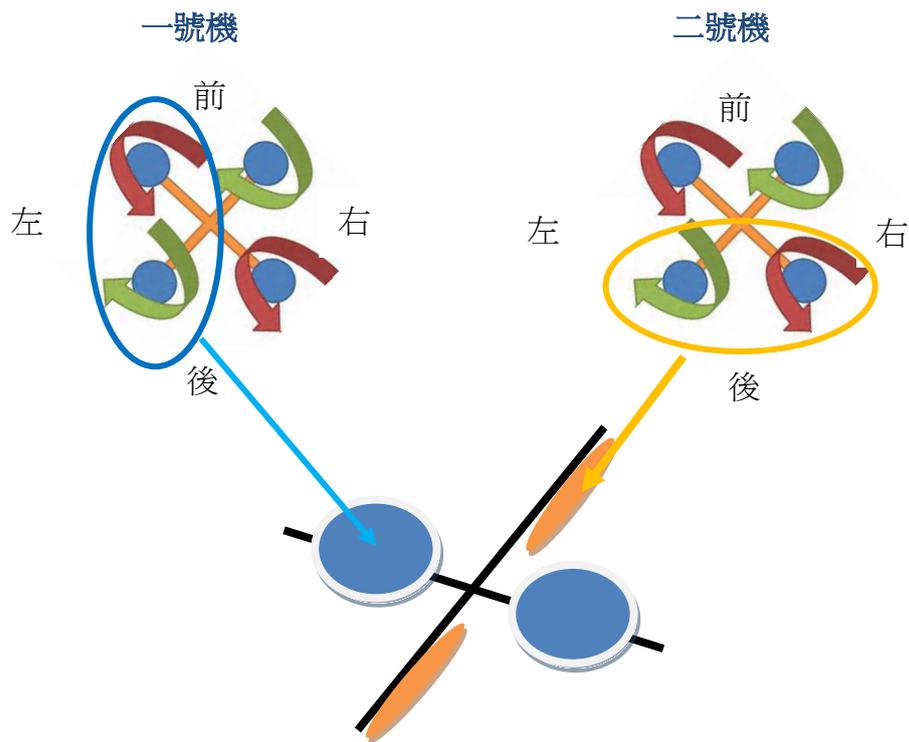
1. 四軸飛行器必須能自由的傾斜才能前後左右前進，但是飛行速度很緩慢。
2. 沒有下降的動力，油門一下加太猛可能就無法水平的飛行。
3. 綜合討論後，我們覺得四軸飛行器也無法擔任我們飛行空拍的任務。

### 探究問題 3：探究改裝四軸飛行器動力是否能帶動氣球飛行

#### (一) 實驗構想

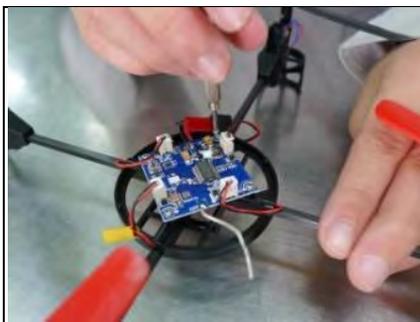
我們研究四軸飛行器時了解了四軸飛行機的原理，藍色圓圈是馬達，紅色箭頭是逆時針轉，綠色是順時針轉，相鄰的兩邊轉的方向不能相同，以便平衡。**我們可以取 1 號機的兩個馬達當向上的動力，取 2 號機的兩個馬達放垂直水平方向當前進的動力。**如此一來就可以彌補四軸機水平方向飛行太慢的缺點，而且可以遙控向左或向右飛。

兩台四軸機的俯視圖



四軸飛行機改裝設計圖

## (二)實驗過程及結果



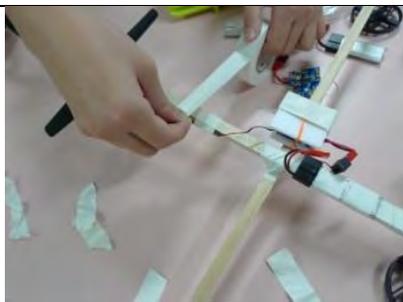
1. 將兩個四軸飛行器的電路板拆下。



2. 拆下四個馬達



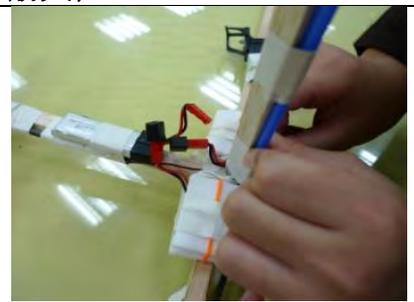
3 將電路板用珍珠板及橡皮筋夾住。



4.將電路板及四個馬達按照設計圖用膠帶固定在木條上。



5.將馬達接上電路，並用膠帶固定好電線。



兩軸交叉處立一根短木條方便固定繩子。



7. 四軸機改裝版完成品。



8. 加裝上攝影設備。



9. 測試時，負責往前動力的兩個螺旋槳總是不明原因的自動停止一邊，無法正常向前。

### (三) 實驗討論

1. 我們原本以為把四軸機轉速很強的馬達當作前進動力，效果一定很好，沒想到我們發現馬達不聽遙控器的話，說停就停，讓只有一邊螺旋槳在轉的飛行器一直打轉，停一停又開始轉了，因此整個裝置晃來晃去。
2. 我們發現可能是受到四軸機中的內建陀螺儀影響，所以只要稍微傾斜就會自動停止，因此才無法完全照我們的意願操作。
3. 我們原本的想法以為很完美，但是它飛行的效能卻不如直接把完整的四軸機吊在氣球下。因此，**我們改裝四軸機失敗。**

### 實驗 3-3 改裝遙控小汽車研發飛行動力裝置

#### (一) 實驗構想

我們想到會前進後退的遙控汽車，只要把遙控汽車上的馬達接上螺旋槳，是不是就成了簡易又實用的遙控飛行動力？於是我們先了解遙控小汽車的操作原理，再試著改裝成飛行器。

#### (二) 實驗過程及結果

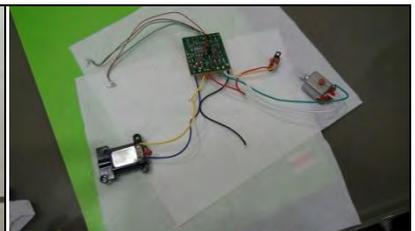
1. **製作原始機**：利用兩台同一頻率的遙控車，當我們用一個遙控器，就可以同時遙控兩台車，我們如下所示將它們改裝成飛行動力裝置。



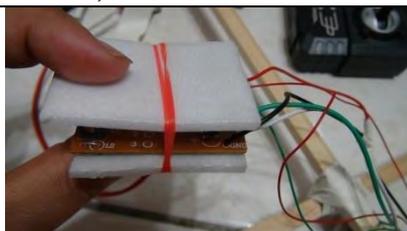
準備 2 台遙控小汽車(皆為 27MHz)



拆開電路板及馬達。



兩顆都可以正轉和倒轉



將電路板和電池盒固定在十字木條上。



把兩顆前輪馬達當作是往上及往下的動力，加上螺旋槳後水平固定。



把兩顆後輪馬達當作是往前及往後的動力，加上螺旋槳後垂直固定。



將它固定在浮力裝置上。



**試飛成功！**它能穩定的上升前進，馬達反轉時也能下降後退。

**最大缺點：不能轉彎！**

2. **研發能轉彎的飛行機**：我們找了不同頻率（49MHz）的遙控車。用其零件加裝一個獨立的垂直螺旋槳，啟動時可用來調整方向。



加裝一個獨立垂直螺旋槳，啟動時可用來調整方向。



只是遙控車的遙控距離不超過 5 公尺，操作者要追著它。



可以串聯另一顆馬達，也可保持平衡。

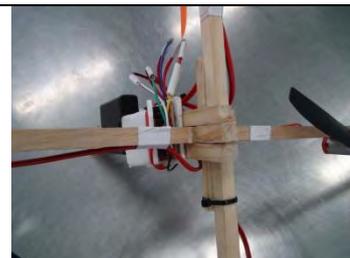
3. **進階改良飛行機**：滑動式的螺旋槳可以隨時讓飛行器保持左右平衡，維持直線飛行。



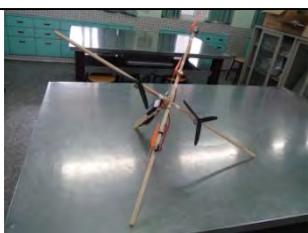
用束線帶及鐵環將螺旋槳改為滑動式。



可隨時調整螺旋槳的遠近。



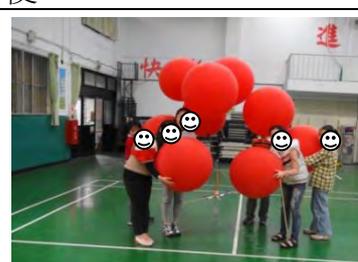
用木條及三秒膠取代膠帶，更堅固且換電池更方便。



完成輕巧實用的飛行動力裝置。



空拍鏡頭可以直接固定在木條上。



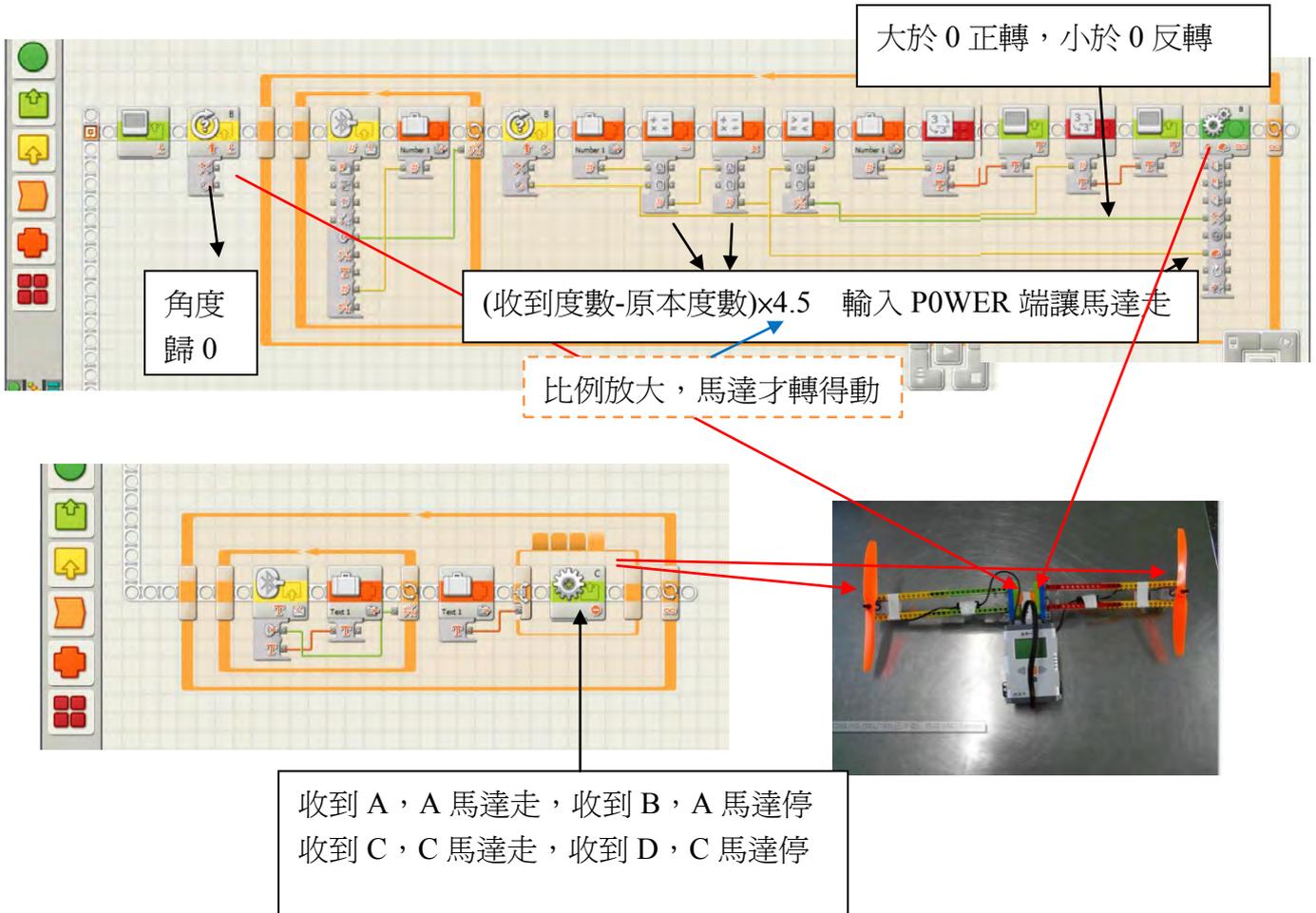
研發人員於終擁抱成功！正式為它命名為「**飛天一號**」

### (一) 實驗討論

1. 我們的自製飛行裝置終於成功了，看起來簡單的由遙控車改裝的動力飛行裝置，不但具備了上升下降、前進後退、以及轉彎功能，如果不用載攝影設備，也是一種很有趣的小玩具。在畢業典禮也可以用來公告時程或是尋人通告。



## 接收端程式說明(Slave)



### (三) 實驗討論

1. 我們的飛天二號，只用了兩個螺旋槳就能完成各個角度的飛行，可說非常方便。
2. 我們發現它在靜止時要突然轉彎時會來回晃動，造成影像不清，我們發現要讓它轉彎必須助飛一段，然後放開一邊的動力，如此飛天二號就能很滑順的轉彎了。
3. 如果我們的飛行器不需要人操作而自動在禮堂中飛行，那就更好了，也許樂高的無線電距離偵測器可以幫我們完成夢想，因此我們展開進一步的測試。

### (四) 研發自動轉彎飛行器

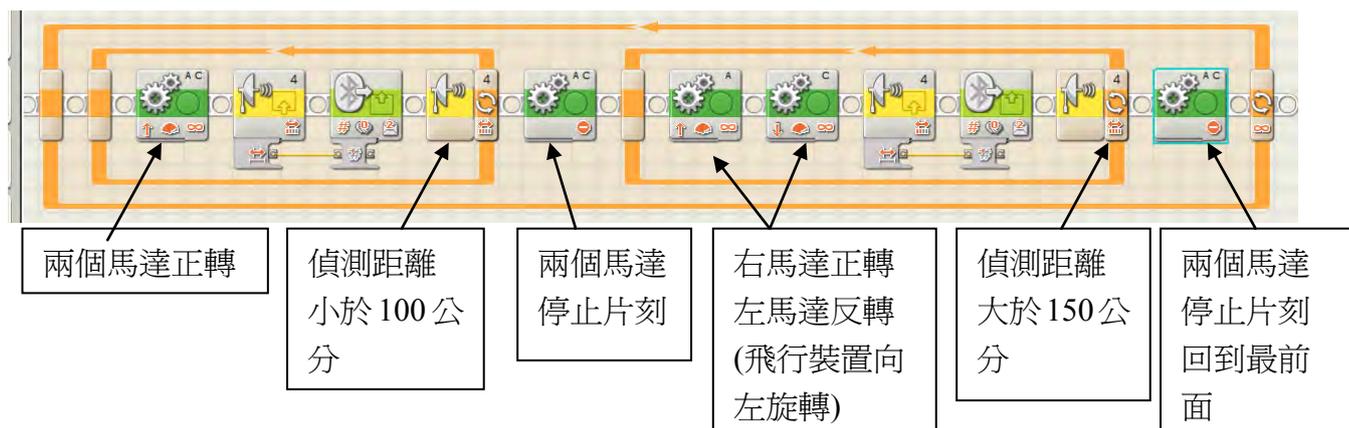
1. 我們的想法：我們希望飛行器可以在無人操作的情況下自動在禮堂上空盤旋。因此我們想讓飛行器的前進馬達一直轉動，並加裝樂高的**超音波距離偵測器**，只要飛行器靠近牆壁 100 公分，左邊馬達就會反轉，讓整個飛行裝置向左旋轉，直到偵測器測到前方距離大於 150 公分，左邊馬達就恢復為正轉，又可以直線前進。

#### 2. 實驗結果

### 自動模式發送端程式說明(Master A)



## 自動模式接收端程式說明(Slave A)



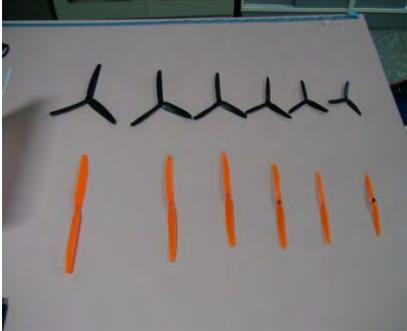
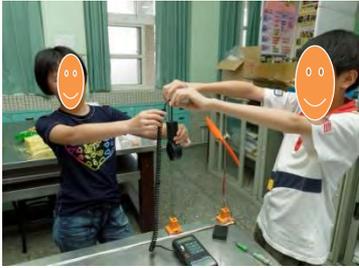
## 實驗四 精進飛行空拍機的空拍飛行效能

### 實驗 4-1 探究螺旋槳的大小對飛行動力的影響

#### (一) 實驗構想

目前為止我們成功了二代飛天設備，都是用馬達外加螺旋槳當作動力來源，我們當初在測試時只是拿可以轉得動的，心中不禁在想，要用多大的螺旋槳才能發揮最大的動力呢？因此我們針對螺旋槳進行一連串的探究。

#### (二) 實驗過程

		
<p>1. 我們訂購了 12 組大小不同的扇葉。</p>	<p>2. 將紙片放在扇葉前，用飛天二號的馬達(樂高馬達)測不同扇葉，記錄最遠可被吹動的距離。</p>	<p>3. 用飛天一號的馬達(遙控車馬達)測不同扇葉，記錄最遠可被吹動的距離。</p>
		
<p>4. 覺得用風速計比較精準。</p>	<p>5. 把風速計架在風扇前 20 公分。</p>	<p>6. 把風速記錄下來。</p>

### (三)實驗結果

#### 遙控汽車馬達裝二葉風扇風力記錄表

風扇編號	風扇重量(克)	吹紙片最遠距離 (cm)	風力(m/s)
EP-5030	1	90	1.05
EP-7035	2	133	1.25
EP-8040	5	160	1.52
EP-9050	7	98	0.9
EP-1060	9	90	0.8
EP-1170	12	70	0.64

#### 遙控汽車馬達裝三葉風扇風力記錄表

風扇編號	風扇重量(克)	吹紙片最遠距離 (cm)	風力(m/s)
EP-5030*3	2	85	1.3
EP-6030*3	3	65	1.4
EP-7035*3	5	90	1.4
EP-8040*3	7	85	0.84
EP-9050*-3	10	95	0.89
EP-1060*3	16	80	0.66

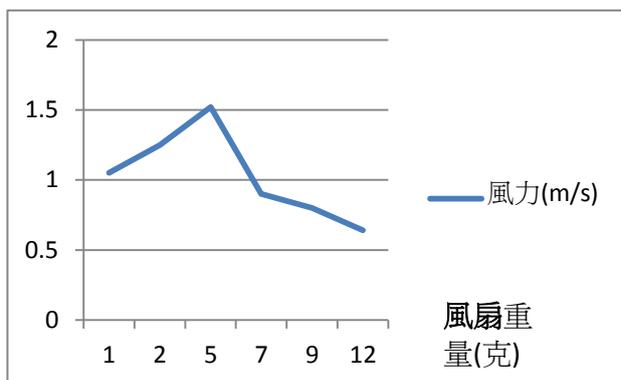
#### 動力機器人馬達裝二葉風扇風力記錄表

風扇編號	風扇重量(克)	吹紙片最遠距離 (cm)	風力(m/s)
EP-5030	1	134	1.25
EP-7035	2	150	1.5
EP-8040	5	187	1.57
EP-9050	7	185	1.56
EP-1060	9	200	1.7
EP-1170	12	190	1.6

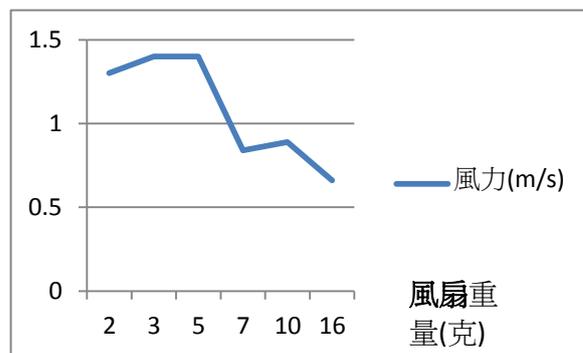
#### 動力機器人馬達裝三葉風扇風力記錄表

風扇編號	風扇重量(克)	吹紙片最遠距離 (cm)	風力(m/s)
EP-5030*3	2	100	0.9
EP-6030*3	3	156	1.49
EP-7035*3	5	190	1.68
EP-8040*3	7	202	1.68
EP-9050*-3	10	147	1.32
EP-1060*3	16	141	1.31

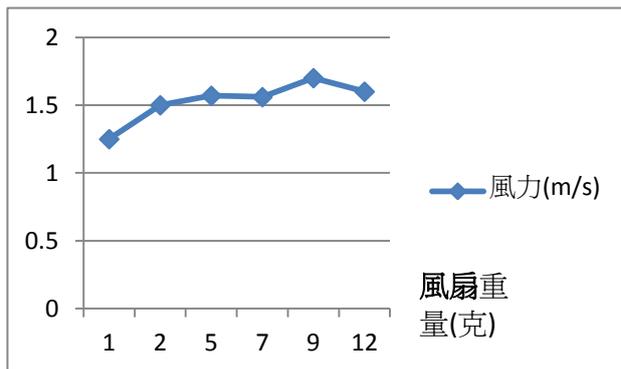




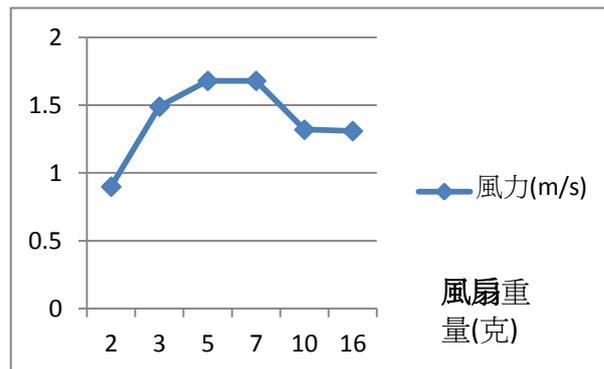
遙控汽車馬達裝二葉風扇風力記錄圖



遙控汽車馬達裝三葉風扇風力記錄圖



動力機器人馬達裝二葉風扇風力記錄圖



動力機器人馬達裝三葉風扇風力記錄圖

### (三) 實驗討論

1. 我們原本以為扇葉越大風力就會越大，但經過實驗後發現不同的扇葉要和不同的馬達搭配，沒有固定的公式。
2. 我們發現，遙控車的馬達載重到了 5 公克就是最佳表現了，再重的風扇就轉不動了。而動力機器人的馬達則可以載重到 9 公克，因此風力也比較強。
3. 實驗後，我們決定未來的飛行一號空拍機(遙控車改裝)就用編號 EP8040 的兩片扇葉。而飛行二號(動力機器人)則要用 EP-1060。選用適合的風扇才能發揮最佳飛行效能。

## 實驗 4-2 探究改變氣球的排列方式對飛行效能的影響

### (一) 實驗構想

我們在飛行時覺得空氣阻力很大，我們就開始思考，如果改變氣球的形狀是不是就可以增加氣球的飛行效率？飛機的頭都是尖尖的，我們是不是也可以用形狀來減少空氣阻力，讓我們的飛行空拍機更加靈活？

### (二) 實驗過程及結果





我們將氣球分成兩堆，固定在 2 公尺的木條上。在中心的位置加上動力設備。



我們分別用一堆氣球及兩堆氣球測試飛天二號上升下降及平飛的速度。



我們在飛天空拍機上吊上水袋，讓他一路滴水、記錄它轉 90 度彎的路徑。



用白粉筆沿水滴畫出路徑，以防水乾了。記錄旋轉半徑。



我們分別用一堆氣球及兩堆氣球測試飛天一號上升下降及平飛，轉彎的速度。

註:禮堂高 6 公尺

飛天一號(遙控汽車)飛行空拍機用一堆氣球飛行效能記錄表

	上升 6 公尺 時間(S)	下降 6 公尺 時間(S)	平飛 10 公尺 時間(S)	左轉 90 度 時間(S)	左轉半徑 (公分)
第 1 次	27.28	20.65	30.34	20.45	165
第 2 次	25.26	19.07	30.24	17.28	180
第 3 次	26.24	21.88	28.15	20.77	137
第 4 次	26.58	21.79	34	20.1	123
第 5 次	24.98	20.21	35.23	23.7	167
平均	26.068	20.72	31.592	20.46	154.4
秒速(cm/s)	23.02	28.96	31.65		

飛天一號(遙控汽車)飛行空拍機用二堆氣球飛行效能記錄表

	上升 6 公尺 時間(S)	下降 6 公尺 時間(S)	平飛 10 公尺 時間(S)	左轉 90 度 時間(S)	左轉半徑 (公分)
第 1 次	27.78	28.89	34.65	43.08	265
第 2 次	35.67	27.76	35.65	36.25	221
第 3 次	25.12	30.56	30.32	42.76	234
第 4 次	31.24	27.35	39.78	52.11	312
第 5 次	34.6	29.67	34.12	46.78	342
平均	30.88	28.84	34.90	44.19	274.8
秒速(cm/s)	19.43	20.80	28.65		

飛天一號(遙控汽車)飛行空拍機用一堆氣球飛行效能記錄表

	上升 6 公尺 時間(S)	下降 6 公尺 時間(S)	平飛 10 公尺 時間(S)	左轉 90 度 時間(S)	左轉半徑 (公分)
第 1 次	18.5	21.35	28.53	12.46	150
第 2 次	13.5	21.5	22.02	12.56	180
第 3 次	15.86	17.78	21.3	9.56	176
第 4 次	14.56	16.84	19.52	8.77	190
第 5 次	14.38	18.96	23.07	10.33	167
平均	15.36	19.286	22.888	10.74	172.6
秒速(cm/s)	39.06	31.11	43.69		

飛天一號(遙控汽車)飛行空拍機用二堆氣球飛行效能記錄表

	上升 6 公尺 時間(S)	下降 6 公尺 時間(S)	平飛 10 公尺 時間(S)	左轉 90 度 時間(S)	左轉半徑 (公分)
第 1 次	13.5	17.07	28.53	30.01	250
第 2 次	16.61	12.61	25.23	35.6	235
第 3 次	14.7	22.21	27.68	26.76	229
第 4 次	22.96	22.88	27.72	39.26	220
第 5 次	15.57	21.88	34.82	21.76	210
平均	16.668	19.33	28.796	30.68	228.8
秒速(cm/s)	35.99	31.04	34.73		

飛天一號、飛天二號綜合比較表

動力 裝置	<p>飛天一號(遙控汽車改裝)</p>		<p>飛天二號(動力機器人)</p>	
氣球 排列	<p>一堆氣球</p>	<p>二堆氣球</p>	<p>一堆氣球</p>	<p>兩堆氣球</p>
重量	540 克	590 克	850 克	900 克
無線傳 輸距離	7 公尺	7 公尺	70 公尺	70 公尺
平飛 秒速	31.65cm/s	28.65 cm/s	43.69 cm/s	34.73 cm/s
左轉 90 度時間	20.46s	44.19s	10.74s	30.68s
旋轉 半徑	154.4 公分	274.8 公分	172.6 公分	228.8 公分

穩定度 描述	轉彎會搖晃	平穩	轉彎會搖晃	平穩
馬達 聲音	較吵雜	較吵雜	幾乎聽不到聲音	幾乎聽不到聲音

### (三) 實驗討論

1. 我們發現，把氣球變成兩堆並沒有減少阻力，反而使速度變慢一些。但是在轉彎上卻是大大的費力，變得很不靈活。
2. 但是我們發現，在分為兩堆氣球的狀況下，拍出來的畫面很穩定，有電影軌道車的感覺，因此如果要求拍攝穩定，雖然一堆氣球較靈活，但是二堆氣球不容易搖晃，拍攝畫面穩定。

## 實驗 4-3 比較鏡頭角度及拍攝效果

### (一) 實驗過程及結果



45 度角可拍全班



90 度高空攝影具美感



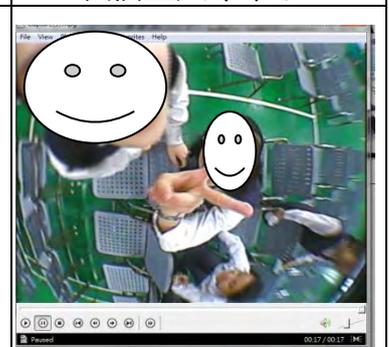
YA!我們上大布幕了!



22.5 度角可拍正常半身照。



22.5 度可以拍舞台表演。



成功補捉童年珍貴畫面。

### (二) 實驗討論

1. 我們的飛行空拍機不但可以飛到任何角度，而且我們也可以遙控鏡頭的角度，讓畫面更多元。
2. 看到自己的影像出現在大家面前，真是一件有趣又開心的事，看到大家笑得好開心，我們所有的努力都值得了。
3. 感謝我們同班同學來當我們的主角，讓我們更有臨場感。

## 陸、研究結果

### 實驗一 探究飛行器的浮力來源

1. 我們無法用讓裝了熱空氣的大塑膠袋起飛，我們決定用氦氣當我們的浮力來源。
2. 我們必須裝載約 850 克的氣球，因此選用 36 吋的乳膠氣球做為浮力來源，一個剛裝滿氦氣的氣體具有 107 克的浮力。

### 實驗二 探究空拍攝影裝置

1. 因為我們希望能即時呈現影像，因此找到市價 4050 元的直升機專用攝影機。
2. 我們利用市售小鯊魚的尾鰭改裝成功成為遙控雲台。

### 實驗三 研發飛行器的動力裝置

#### 實驗 3-1 探討市售小鯊魚的飛行方式

1. 小鯊魚用尾鰭擺動會晃來晃去，而且無法即時上下活動。
2. 鋁箔的器材太重，無法承載太重。

#### 實驗 3-2 改裝直升機研發飛行動力裝置

1. 傳統直升機無法直接接在氣球上，固定在三角錐是不能前進，鬆綁後卻一直打轉。
2. 在氣球下加裝四軸機固定時不能移動，但是用線吊在氣球下可以非常慢的移動。
3. 我們自己改裝的四軸機因為受到陀螺儀的影響，一下轉一下停的，無法順利飛行。

#### 實驗 3-3 改裝遙控小汽車研發飛行動力裝置

1. 我們用兩台同頻率的遙控車，前輪當往上的動力，後輪當往前的動力。
2. 另外找一台跟這兩台不同頻率的遙控車來當左右轉的動力。就成功完成了能自由飛行的空拍機——飛天一號。

#### 實驗 3-4 研發樂高機器人全方向飛行動力裝置

1. 我們用兩台動力機器人的主機，運用藍牙來遙控馬達，成功研發出只有兩個螺旋槳的靈活飛行機器-飛天二號。
2. 飛天二號的穩定性很強，很少失誤。
3. 研發自動飛行程式，讓飛行器可以自動偵測前方障礙物而自動左轉。

### 實驗四 精進飛行空拍機的空拍飛行效能

1. 我們讓飛天一號和飛天二號裝上十二組不同的螺旋槳，發現飛天一號用 5 克的動力最強，飛天二號則是用 9 克的動力最強。
2. 我們將氣球排列成三角形，結果太重又不平衡，不能飛。
3. 如果把氣球分成兩堆，呈較長的樣子，反而變慢而且不容易轉彎，但是拍出來的畫面比較穩定。
4. 請來班上同學來測試，我們自己研發的飛行機實際可用，為我們的童年留下見證。

## 柒、討論

### 一、研究的重要性

- (一) **結合不同的領域用自己的積蓄完成的飛行夢**：目前已有市售的空拍飛船，不加氦氣就要四萬五，我們爲了不超過預算，所以訪問了許多店家，也學到了許多的知識。
- (二) **運用學校所學研發動力裝置，用生活上的物品加以組合運用**：我們利用生活上的小玩具加以組合，改造可以讓小兵立大功，研發真正可用的裝備，我們的飛天裝置，其實是我們在無數次錯誤嘗試下的結晶品
- (三) **短時間內必須解決面對問題**：我們的氦氣只要充氣，只有兩三天的浮力，我們必須在當場發現問題解決問題，否則就會有很大的經濟壓力，很高興我們成功了。
- (四) **利用樂高動力機器人，跨足科技生活**：在不斷的學習和測試下，我們利用樂高動力機器人的馬達實現了我們的夢想。我們讓這個科技裝置讓我們美夢成真。

### 二、未來研究的方向

- (一) **研發可重複使用的浮力裝置**：乳膠氣球只能用一次，很不環保，也許另外有更好的選擇。
- (二) **飛行方式再進化**：未來我們想考慮更快的動力裝置，讓飛行更靈活。
- (三) **動力機器人的程式可以設計馬達反轉**：可設計不同的程式，讓飛行器可以在空串煞車。

### 三、未來展望

- (一) **室內典禮、球賽高空拍攝**：只要是室內都可使用我們自己研發的飛行空拍機。
- (二) **商業展場進行廣告**：可以在各種展場上空飛行，廣告效果良好。
- (三) **研發出可愛造型成爲熱門玩具**：找出多種飛行模式，成爲受歡迎的玩具。

## 捌、結論

- 一、我們想在畢業典禮時空拍同學們的影象，並即時投影在大布幕上，因此自行研發出了一個安全的飛行空拍機，我們選擇裝氦氣的中型氣球作為浮力來源。
- 二、我們探究各種市售遙控即時攝影裝置；直升機專用攝影機來當空拍設備。
- 三、我們改裝飛天小鯊魚、直升機、四軸飛行器，遙控小汽車及樂高機器人作為飛行動力。我們的飛行裝置必須同時讓浮力裝置、動力裝置、攝影裝置完美結合，我們在一連串的失敗中發現問題。終於成功研發出二種能在室內安全又穩定飛行的遙控飛行空拍裝置，飛天一號是以遙控小汽車改裝的輕巧型機種；飛天二號則是用樂高機器人，設計出能朝不同角度靈活移動的專業型機種。
- 四、最後我們探討螺旋槳的大小和馬達的關係，並改變氣球的排列方式，讓我們的裝置發揮最大的飛行空拍效能。

## 玖、參考資料

- 許山鍾等(2003)。願望之翼 — 天燈飛行之探討。中華民國第51屆中小學科學展覽會作品說明書
- 嘉蒙(2003)。有趣的熱氣球。國家地理兒童百科27冊。新店：多元智慧。
- 黃意翔譯(2011)。千萬不要搭乘興登堡號飛船：一場支離破碎的航空夢想。新店：明山。
- 李匡邦（1999）。無線電波。科學真有趣 22。新店：錦鏞文化。
- 我愛氣球批發網。引自 <http://www.5279.com.tw/shop/category.php?id=38>
- 天譯社。引自 <http://www.skyes.com.tw/>
- 天興化工。引自 <http://www.thballoon.com.tw/ch-products-Giant-04.htm>

## 【評語】 080813

本作品研製一飛行空拍機，以氦氣氣球作為浮力，探究各種市售遙控即時攝影裝置，以改裝相關器材製作為飛行動力，故作品結合浮力、動力及攝影等裝置，所作成之飛行空拍機成功拍下同學之活動，為國小生活留下美好的見證。