

屏東縣第 62 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：物理科

組 別：國小組

作品名稱：向前「衝」「衝」「衝」～軌道飛機移動距離之探討

關 鍵 詞：軌道飛機、扭力、彈力、摩擦力

編號：A2005

向前「衝」「衝」「衝」～軌道飛機移動距離之探討

摘要

本研究主要探討影響軌道飛機移動距離的因素，發現讓軌道飛機移動的原因除了橡皮筋的扭力、彈力及扇葉轉動的作用力外，滑軌和軌道線的摩擦力也是重要的關鍵。

我們以方形寶特瓶為實驗主體，是因為它的四邊較其他形狀的寶特瓶平整，上方黏接實驗物品較為牢固，在軌道上移動時，飛機本體不易產生晃動而影響移動的距離。接著探討影響飛機移動距離的變因，發現「橡皮筋扭轉圈數」、「橡皮筋數量」、「扇葉大小」、「寶特瓶大小」都會影響軌道飛機移動的距離。

除了軌道飛機本體的因素外，軌道這個變項也是我們探討的主題。「吸管滑軌長短」和「軌道線材質」之間接觸的摩擦力，也都會影響軌道飛機移動距離的遠近。

壹、研究動機

還記得四年級自然課的「彈力飛機」，用的橡皮筋勾住紙飛機，然後利用彈力發射出去。此外，在進行「橡皮筋受力實驗」時，發現當彈珠放的愈多，橡皮筋的長度就愈長。因此，我們決定將飛機改良，結合扇葉，運用用橡皮筋的彈力及扭力讓飛機的扇葉轉動，並設計滑軌，讓飛機可以在軌道線上行走，老師鼓勵我們自己動手做做看，試試哪一種方法可以讓軌道飛機飛的最遠，我們決定透過不同的實驗，一起去尋找答案。

貳、研究目的

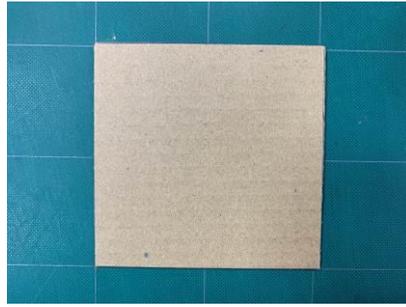
- 一、探討不同橡皮筋扭轉圈數對軌道飛機移動距離的影響。
- 二、探討不同橡皮筋數量對軌道飛機移動距離的影響。
- 三、探討不同扇葉大小對軌道飛機移動距離的影響。
- 四、比較不同寶特瓶大小對軌道飛機移動距離的影響。
- 五、比較不同吸管滑軌長度對軌道飛機移動距離的影響。
- 六、比較不同軌道線材質對軌道飛機移動距離的影響。

參、研究設備及器材

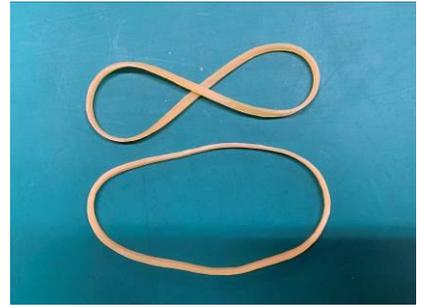
		
皮尺	電子秤	寶特瓶
		
扇葉	迴紋針	圓珠



牛奶紙盒



紙板



橡皮筋



吸管(粗)



竹筷子



玉線



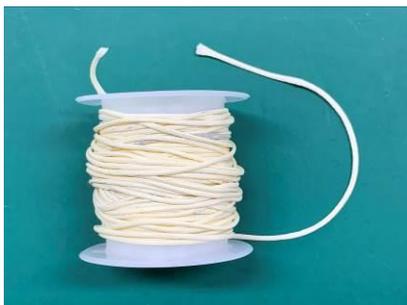
棉線



尼龍線



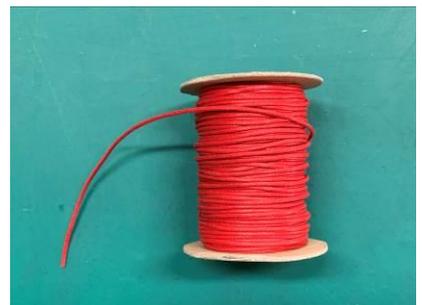
水波線



臘線



魚線



仿皮繩線



苧麻線



螺絲釘



雙面膠

肆、研究過程與方法

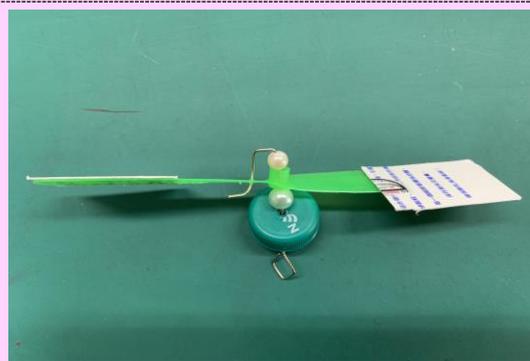
一、實驗裝置：

(一) 軌道飛機製作方法：

1. 以方形寶特瓶為飛機主體，在接近瓶底 1 公分處劃線後切除瓶底，接著於瓶身下緣三角摺痕處挖相對的 2 個洞，以便裝入竹筷子。



2. 瓶蓋中心處挖洞，然後將迴紋針拉直後，先穿過瓶蓋，然後將兩端折彎，一端裝上扇葉和圓珠。



3. 剪一塊方形紙板，一端黏在寶特瓶上，另一端黏上一支粗吸管，作為吸管滑軌。



4. 將瓶蓋一端裝上橡皮筋鎖緊，再將底部的竹筷子穿入橡皮筋，然後將線穿入吸管滑軌內即可開始進行實測。



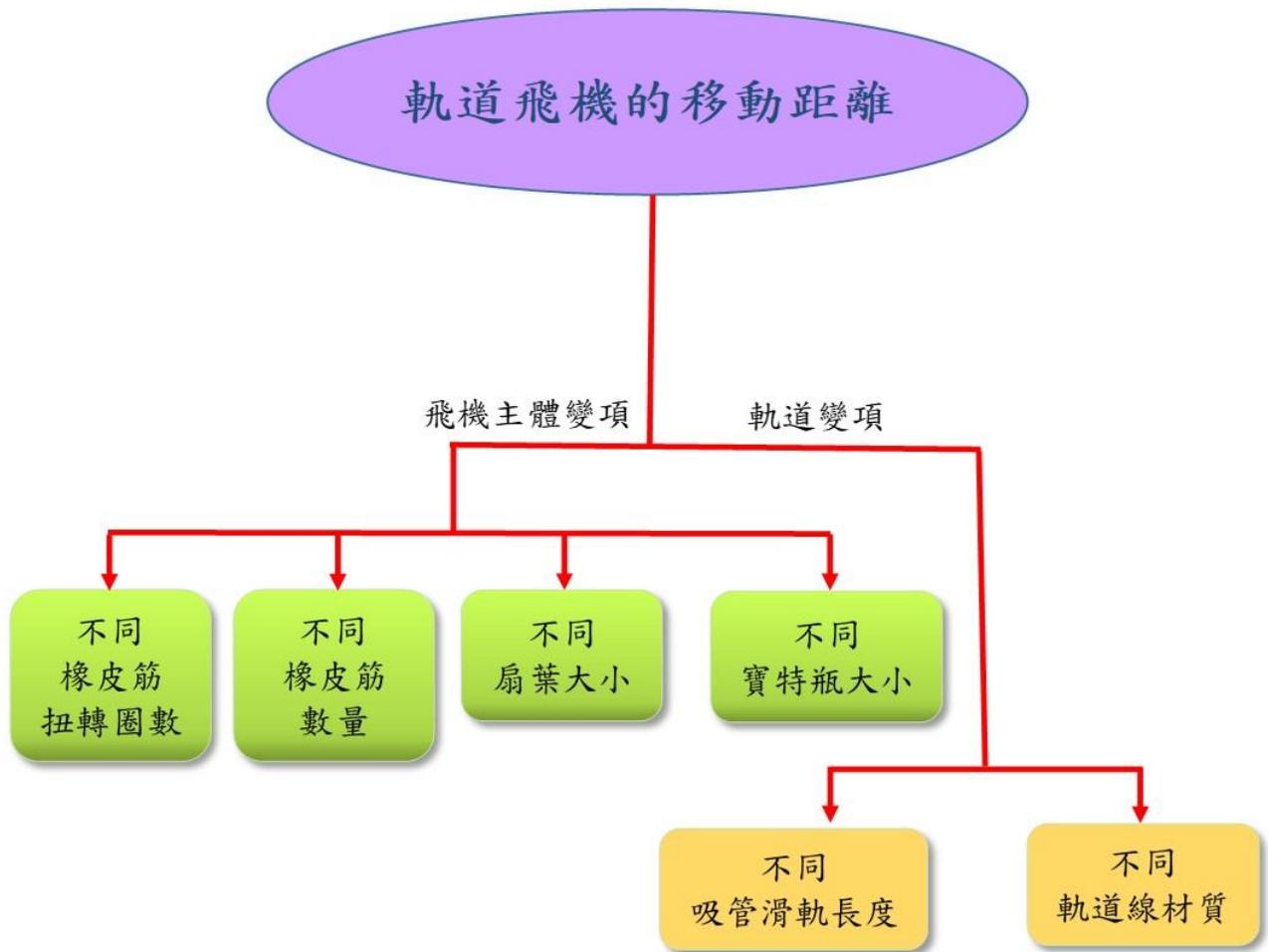
(二) 軌道飛機移動測量：

將實驗用的線穿過軌道飛機上方的吸管，然後固定線的兩端於同一水平，並於線上標記出發的起點，接著將扇葉轉動 30 圈後固定住並對齊起點，放掉扇葉時，保持軌道飛機平穩，直到完全停下來後，測量其移動的距離並記錄下來。



(三) 研究流程：

根據研究目的，我們將實驗的分成「飛機主體」與「軌道」兩個主要變項。在飛機主體方面，我們改變飛機的動力來源，想要測試不同「橡皮筋圈數」及「橡皮筋數量」的移動結果如何。此外，改變動能配備，測試不同的「扇葉大小」，以及改變機身大小，調整「寶特瓶大小」。在軌道變項方面，我們將飛機黏上不同長度的吸管，改變吸管滑軌的長度，也運用多種線材做軌道線，比較不同軌道線對飛機滑行距離的影響。



二、 實驗過程與討論：

依據研究目的及實驗流程規畫，我們依序進行六個實驗，並將過程與討論記錄下來，內容摘錄如下：

研究一：不同橡皮筋扭轉圈數對軌道飛機移動距離的影響？

不同橡皮筋扭轉圈數會影響軌道飛機向前移動的距離嗎？我們選了「20 圈、30 圈、40 圈、50 圈、60 圈」等不同圈數來比較軌道飛機移動距離。

一、實驗步驟

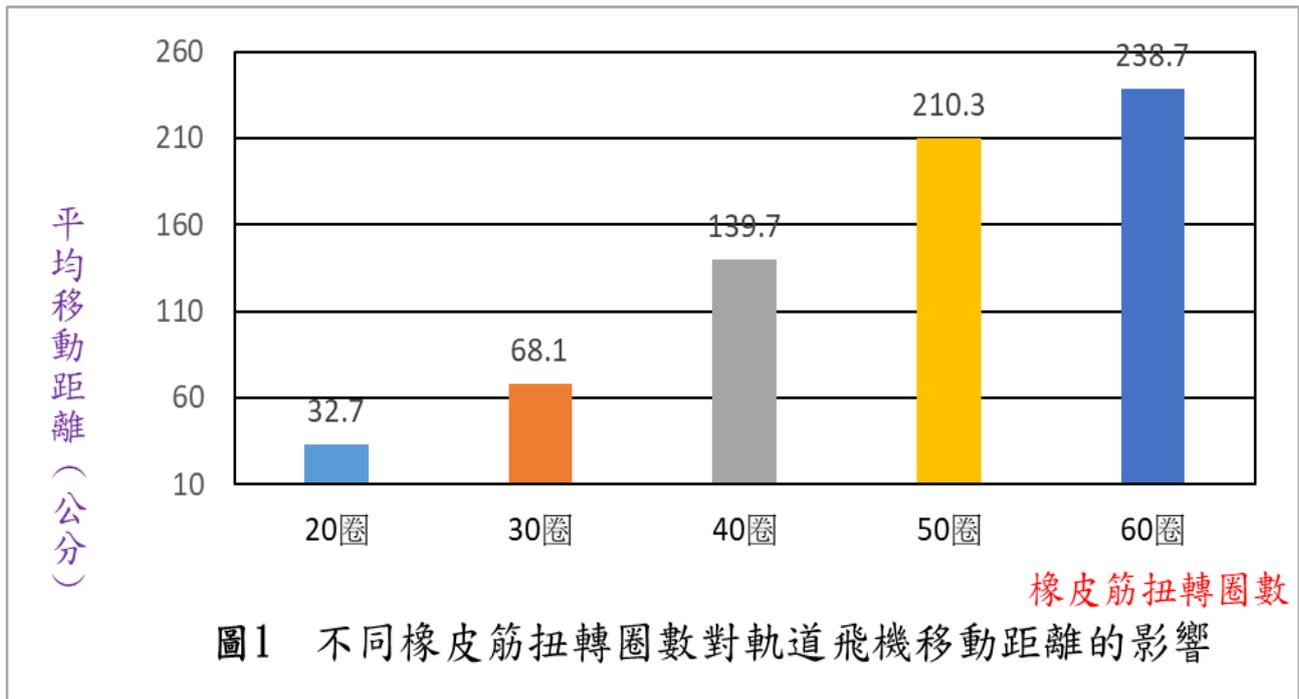
- (1) 以同一臺軌道飛機機身為基準，在機身內裝上 2 條橡皮筋，作為基礎動力來源。
- (2) 先將軌道線一端固定，將軌道線穿過軌道飛機上的吸管滑軌，再固定軌道線的另一端，並確定軌道線兩端是否達水平等高。
- (3) 在軌道線上先標記起點位置，接著轉動機身前方的扇葉，從 20 圈開始進行施測，保持機身平穩，放開扇葉，測量吸管滑軌從起點到終點之間的距離。
- (4) 依序增加橡皮筋扭轉的圈數從 20 圈開始，每次增加 10 圈，至 60 圈為止，並依序記錄其距離三次 (A. B. C) 取平均值。

二、實驗結果

不同橡皮筋扭轉圈數對軌道飛機移動距離的實驗結果如下：

表 1 不同橡皮筋扭轉圈數對軌道飛機移動距離的影響

橡皮筋(2 條) 旋轉圈數	A 距離 (cm)	B 距離 (cm)	C 距離 (cm)	平均距離(cm)	排序
20 圈	36	33	29	32.7	5
30 圈	74	65	65.3	68.1	4
40 圈	150	133	136	139.7	3
50 圈	206	207	218	210.3	2
60 圈	232	243	241	238.7	1



三、實驗結果討論

- (1) 從表1中，發現不同扭轉圈數的橡皮筋，提供軌道飛機向前移動的距離由多到少依序是：60圈>50圈>40圈>30圈>20圈。
- (2) 軌道飛機主要受到「橡皮筋」彈力及扭力帶動扇葉產生「風」的作用力、反作用力影響，當扭轉圈數越多，產生的動能較大，扇葉轉速也越快，形成風的作用力也較強，產生的「反作用力」讓其移動距離也增加。因此，本實驗中，橡皮筋旋轉圈數較多，如60圈，移動距離較遠；相反的，橡皮筋旋轉圈數較少，如20圈，移動距離則較近；因此推論，軌道飛機移動的距離與橡皮筋旋轉的圈數呈正相關。
- (3) 我們從上面的實驗得知不同橡皮筋旋轉圈數會影響其移動距離，旋轉越多圈，軌道飛機向前移動的距離越遠，因此，接下來我們試著增加橡皮筋的數量，以增加更多扭轉動力。

研究二：不同橡皮筋數量對軌道飛機移動距離的影響？

在我們確定增加橡皮筋扭轉圈數會影響軌道飛機移動的距離後，我們持續研究橡皮筋這項控制變因。在實驗一，軌道飛機的動力來源都是 2 條橡皮筋，但如果我們增加橡皮筋數量，維持扭轉圈數同樣都是 30 圈，軌道飛機往前移動的距離是否會更多呢？以實驗二來探討不同橡皮筋數量對軌道飛機距離的影響。

一、實驗步驟

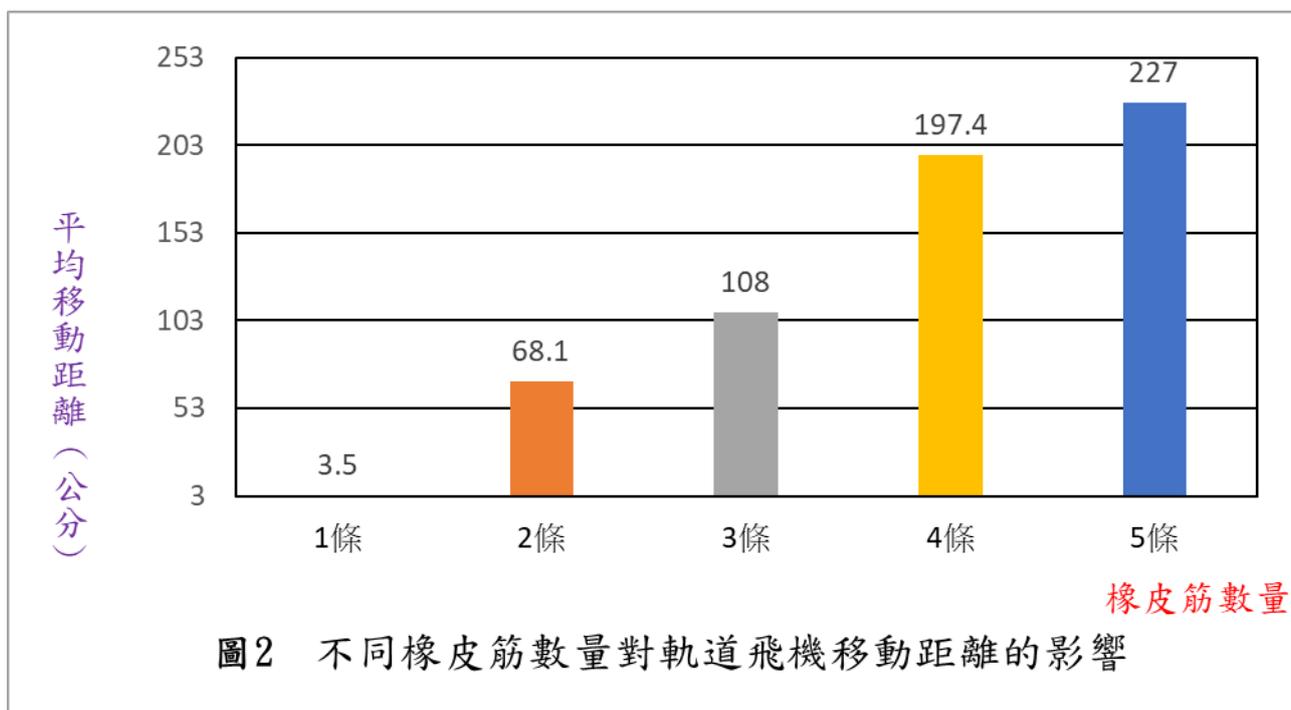
- (1) 以同一臺軌道飛機機身為基準，分別將機身內放置的橡皮筋除基本的 2 條之外，也依序調整為 1 條、3 條、4 條、5 條。
- (2) 先將軌道線一端固定，將軌道線穿過軌道飛機上的吸管滑軌，再固定軌道線的另一端，並確定軌道線兩端是否達水平等高。
- (3) 在軌道線上先標記起點位置，接著轉動機身前方的扇葉，使橡皮筋扭轉圈數達 30 圈後，保持機身平穩，放開扇葉，測量吸管滑軌從起點到終點之間的距離。
- (4) 從 2 條橡皮筋為基準調整其數量，依序改變機身內橡皮筋數量為 1 條至 5 條，並記錄其距離三次 (A. B. C) 取平均值。

二、實驗結果

不同橡皮筋數量對軌道飛機移動距離的實驗結果如下：

表 2 不同橡皮筋數量對軌道飛機移動距離的影響

橡皮筋數量	A 距離(cm)	B 距離(cm)	C 距離(cm)	平均距離(cm)	排序
1 條	3.2	2.8	4.6	3.5	5
2 條	74	65	65.3	68.1	4
3 條	100	115	109	108	3
4 條	203	188.6	200.6	197.4	2
5 條	226	216	239	227	1



三、實驗結果討論

- (1) 從表2中，當橡皮筋數量為1條時，飛機往前移動的力道明顯不足，但是隨著橡皮筋數量的增加，軌道飛機往前移動的距離也逐漸變遠。
- (2) 本次實驗的軌道飛機皆是使用 850 毫升的寶特瓶，並均以橡皮筋扭轉 30 圈來進行，在 1 條橡皮筋的情形下，軌道飛機僅向前移動平均約 3.5 公分，橡皮筋所提供的動力與吸管滑軌摩擦力相互抵銷，以致往前移動距離很小；而橡皮筋為 2 條時，軌道飛機往前移動距離平均為 68.1 公分；當橡皮筋為 5 條時，軌道飛機往前移動距離平均更可達 227 公分之遠。
- (3) 根據實驗結果，隨著橡皮筋數量增加，軌道飛機的往前移動的距離也越長，顯見增加橡皮筋數量可以加大飛機移動的距離。

研究三：不同扇葉大小對軌道飛機移動距離的影響？

在我們了解橡皮筋扭轉提供的動力與軌道飛機往前移距離是正相關後，我們想試著了解扇葉面積的大小是否也會提供不同的風力，影響軌道飛機往前移動的距離，因此，實驗三將扇葉面積設定為操縱變因，解扇葉大小對軌道飛機移動距離的影響。

一、實驗步驟

- (1) 以同一臺軌道飛機機身為基準，固定扇葉的長度為 5 公分，將扇葉的寬度從 2.5 公分開始，以增加 0.5 公分寬的方式調整扇葉面積，因此，其面積從 12.5 平方公分開始，每次增加 2.5 平方公分，依序改變扇葉的大小。
- (2) 先將軌道線一端固定，將軌道線穿過軌道飛機上的吸管滑軌，再固定軌道線的另一端，並確定軌道線兩端是否達水平等高。
- (3) 在軌道線上先標記起點位置，接著轉動機身前方的扇葉 30 圈後，保持機身平穩，放開扇葉，測量吸管滑軌從起點到終點之間的距離。
- (4) 依序記錄不同扇葉面積大小大小的實驗結果 (A. B. C) 取平均值。

二、實驗結果

不同扇葉大小對軌道飛機移動距離的實驗結果如下：

表 3 不同扇葉大小對軌道飛機移動距離的影響

扇葉大小	A 距離 (cm)	B 距離 (cm)	C 距離 (cm)	平均距離(cm)	排序
12.5 平方公分 (長 5cm*寬 2.5cm)	64.6	80.2	71.6	72.1	1
15 平方公分 (長 5cm*寬 3cm)	66.8	65.8	66.6	66.4	2
17.5 平方公分 (長 5cm*寬 3.5cm)	51.8	52.4	50.8	51.7	4
20 平方公分 (長 5cm*寬 4cm)	55.2	56.2	55.6	55.7	3
22.5 平方公分 (長 5cm*寬 4.5cm)	38.4	40.2	40	39.5	5
25 平方公分 (長 5cm*寬 5cm)	20	20.4	21	20.5	6

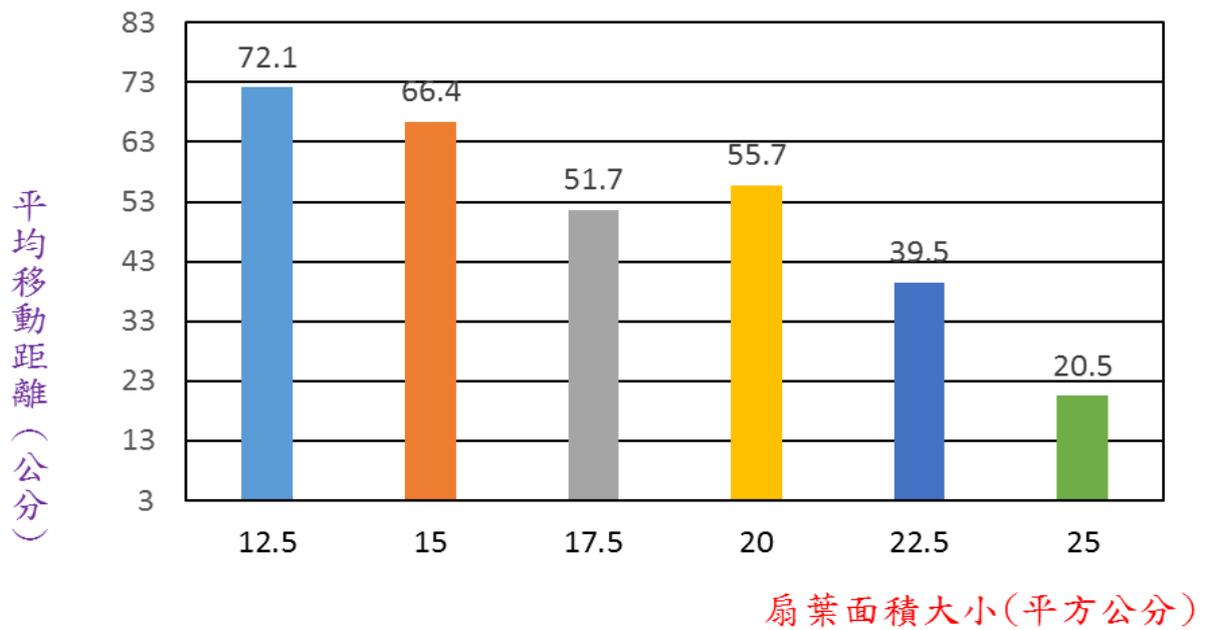


圖3 不同扇葉大小對軌道飛機移動距離的影響

三、實驗結果討論

- (1) 從表3中，當扇葉面積較小時，軌道飛機往前移動的距離較明顯，隨著扇葉面積的增加，軌道飛機往前移動的距離也明顯變短。
- (2) 研究一及研究二中，軌道飛機的扇葉都是長5公分、寬3.5公分，面積為17.5平方公分的牛奶盒紙片為實驗基準，因考慮增加長度會使得扇葉打到軌道，故只增加扇葉寬度，藉此增加扇葉面積。當扇葉寬度減少1公分，面積縮小為12.5平方公分時，軌道飛機往前移動距離明顯增加，平均移動距離可達72.1公分，最為顯著。而當扇葉面積增加至25平方公分時，其移動距離平均僅有20.5公分。
- (3) 根據實驗結果，當扇葉面積的減少時，軌道飛機的往前移動距離也隨之提升，因此可以推論，扇葉縮小時，可以降低軌道飛機往前移動的阻力。

研究四：不同寶特瓶大小對軌道飛機移動距離的影響？

在我們確定扇葉大小會影響軌道飛機移動的距離後，接著我們就以改變寶特瓶機身的大小為操縱變因，來了解寶特瓶機身大小對軌道飛機移動距離的影響。在本次實驗中，軌道飛機的動力都是來自 2 條橡皮筋扭轉 30 圈，並均以 17.5 平方公分的扇葉來進行，如果我們縮小或放大寶特瓶瓶身，軌道飛機往前移動的距離是否會不一樣呢？以實驗四來探討不同寶特瓶機身大小對軌道飛機距離的影響。

一、實驗步驟

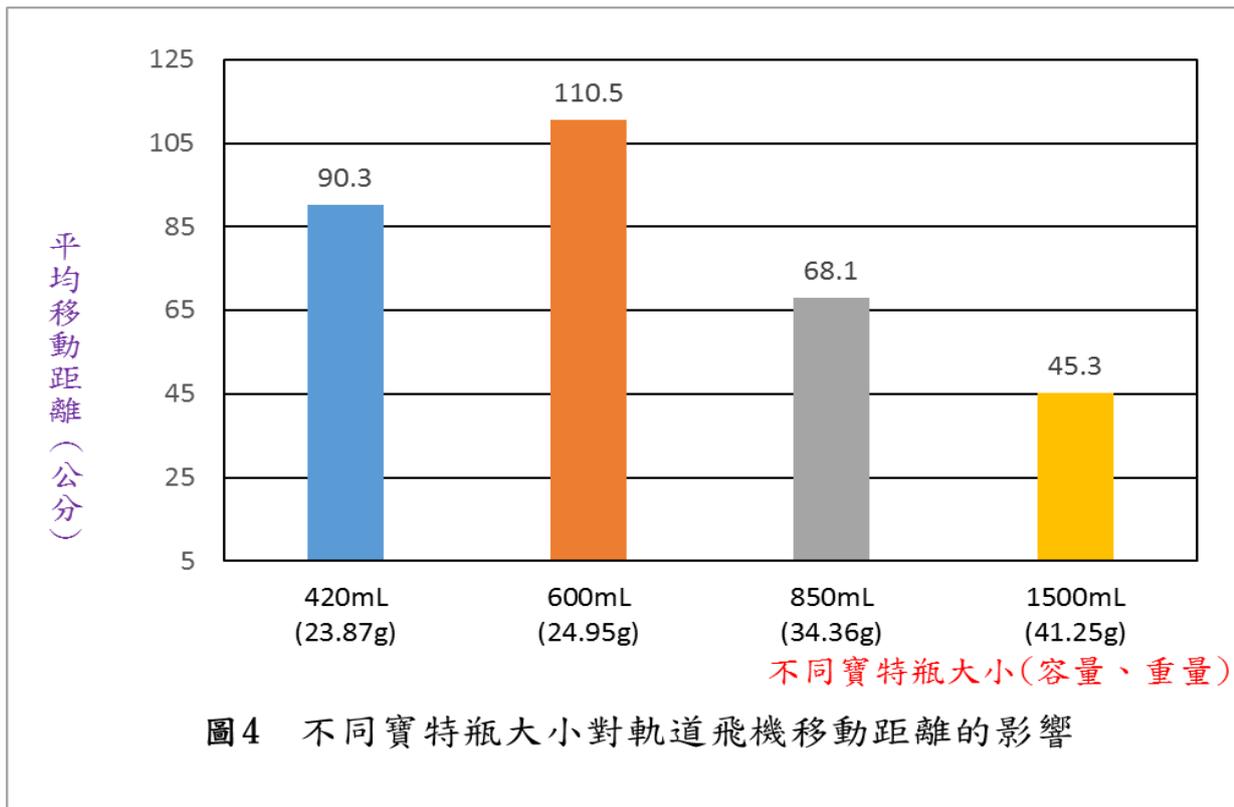
- (1) 準備同一形狀(長方體)但不同大小的寶特瓶做為機身，其大小分別為 420 毫升、600 毫升、850 毫升、1500 毫升。
- (2) 先將軌道線一端固定，將軌道線穿過軌道飛機上的吸管滑軌，再固定軌道線的另一端，並確定軌道線兩端是否達水平等高。
- (3) 在軌道線上先標記起點位置，接著換上不同寶特瓶大小的機身，保持機身平穩，放開扇葉，測量吸管滑軌從起點到終點之間的距離。
- (4) 依序記錄不同寶特瓶機身大小的實驗結果 (A. B. C) 取平均值。

二、實驗結果

不同寶特瓶大小對軌道飛機移動距離的實驗結果如下：

表 4 不同寶特瓶大小對軌道飛機移動距離的影響

寶特瓶大小	A 距離 (cm)	B 距離 (cm)	C 距離 (cm)	平均距離(cm)	排序
420 毫升(23.87g)	89.4	91.8	89.6	90.3	2
600 毫升(24.95g)	102.8	114	114.6	110.5	1
850 毫升(34.36g)	74	65	65.3	68.1	3
1500 毫升(41.25g)	46.8	42.6	46.4	45.3	4



三、實驗結果討論

- (1) 從表4中，基準機身850毫升的移動距離是68.1公分，當瓶身縮小為420毫升時，距離可增加至90.3公分；瓶身縮小為600毫升時，其移動距離更增加至110.5公分。反之，當瓶身放大至1500毫升時，軌道飛機往前移動的距離僅45.3公分，比基準機身的68.1公分距離還短。
- (2) 當寶特瓶瓶身縮小為 420 毫升及 600 毫升時，軌道飛機往前移動的距離均比基準機身 850 毫升的距離增加，顯見縮小寶特瓶機身對軌道飛機往前移動的距離有顯著增加。
- (3) 根據實驗結果可以看出，寶特瓶大小的重量及機身體積大小產生的阻力會影響軌道飛機的往前移動距離，機身縮小時，移動距離有明顯增加，反之，機身變大時，移動距離亦明顯縮短。

研究五：不同吸管滑軌長度對軌道飛機移動距離的影響？

影響軌道飛機往前移動距離的另一重要因素為吸管滑軌與軌道線間的摩擦力，因此，我們改變飛機上吸管滑軌的長短，來了解滑軌的摩擦力是否會影響軌道飛機的往前移動距離？以實驗五來探討不同吸管滑軌的長度對軌道飛機距離的影響。

一、實驗步驟

- (1) 以同一臺軌道飛機機身為基準，分別將機身上的吸管滑軌以增加或減少 3 公分為標準值，依序更換為 6 公分、9 公分、12 公分、15 公分、18 公分及 21 公分。
- (2) 先將軌道線一端固定，將軌道線穿過軌道飛機上的吸管滑軌，再固定軌道線的另一端，並確定軌道線兩端是否達水平等高。
- (3) 在軌道線上先標記起點位置，接著轉動機身前方的扇葉，接著轉動機身前方的扇葉使橡皮筋扭轉 30 圈後，保持機身平穩，放開扇葉，測量吸管滑軌從起點到終點之間的距離。
- (4) 依序記錄不同吸管滑軌長度的實驗結果 (A. B. C) 取平均值。

二、實驗結果

不同吸管滑軌長度對軌道飛機移動距離的實驗結果如下：

表 5 不同吸管滑軌長度對軌道飛機移動距離的影響

軌道(吸管)長度	A 距離 (cm)	B 距離 (cm)	C 距離 (cm)	平均距離 (cm)	排序
6 公分	75	74	74.2	74.4	3
9 公分	62	62.8	66.8	63.9	4
12 公分	66.6	61	55	60.9	5
15 公分	59.6	56.6	65	60.4	6
18 公分	105.8	113.6	114	111.1	1
21 公分	105	113.4	105	107.8	2

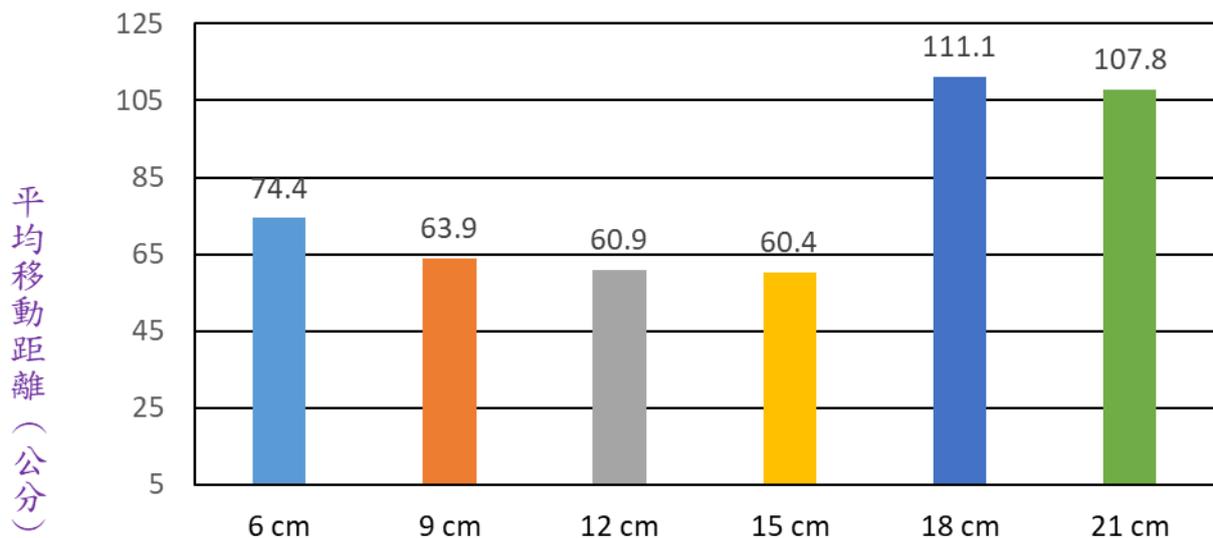


圖5 不同吸管滑軌長度對軌道飛機移動距離的影響

三、實驗結果討論

- (1) 本次實驗的軌道飛機大小皆是使用850毫升的寶特瓶，橡皮筋數量均以2條扭轉30圈來進行，在吸管滑軌為6公分的情形下，軌道飛機僅向前移動平均約74.4公分，而吸管滑軌往上增加至9公分、12公分、15公分時，軌道飛機往前移動的距離均無顯著提升。
- (2) 從表5中，當吸管滑軌長度縮短時，飛機往前移動的力道明顯降低，而當吸管滑軌長度增長至18公分，飛機移動距離可達111.1公分；21公分時，飛機移動距離也有107.8公分，可見吸管滑軌長度會影響軌道飛機往前移動的距離。
- (3) 根據實驗結果，吸管滑軌增加至18公分以上，軌道飛機的往前移動距離較有顯著增加，顯示吸管滑軌的長度必須達一定程度以上，才能增進軌道飛機往前移動距離。

研究六：不同軌道線材對軌道飛機移動距離的影響？

在相同機身、扇葉大小、吸管滑軌長度等控制變因相同的情形下，僅改變不同軌道線材做為操縱變因，會影響軌道飛機的前進距離嗎？以實驗六來探討不同軌道線材對軌道飛機往前移動距離的影響。

一、實驗步驟

- (1) 準備不同材質的軌道線材，其材質分別為軌道基準線(玉線)、棉線、尼龍線、水波線、蠟線、魚線、仿皮繩線、苧麻線等。
- (2) 先將軌道線一端固定，將軌道線穿過軌道飛機上的吸管滑軌，再固定軌道線的另一端，並確定軌道線兩端是否達水平等高。
- (3) 在軌道線上先標記起點位置，接著以以 2 條橡皮筋為基礎動力來源，轉動機身前方的扇葉 30 圈後，保持機身平穩，放開扇葉，測量吸管滑軌從起點到終點之間的距離。
- (4) 依序記錄不同軌道線材質的實驗結果 (A. B. C) 取平均值。

二、實驗結果

不同軌道線材質對軌道飛機移動距離的實驗結果如下：

表 6 不同軌道線材質對軌道飛機移動距離的影響

軌道線材質	A 距離 (cm)	B 距離 (cm)	C 距離 (cm)	平均距離 (cm)	排序
玉線	130.4	125	122.6	126	1
棉線	35.2	32.8	29.6	32.5	5
尼龍線	108	113.4	115.8	112.4	2
水波線	42.2	45.8	45.8	44.6	3
蠟線	26.4	24.4	27.6	26.1	7
魚線	17.6	17.6	18	17.7	8
仿皮繩線	44.6	38	36.8	39.8	4
苧麻線	28	30.6	30.8	29.8	6

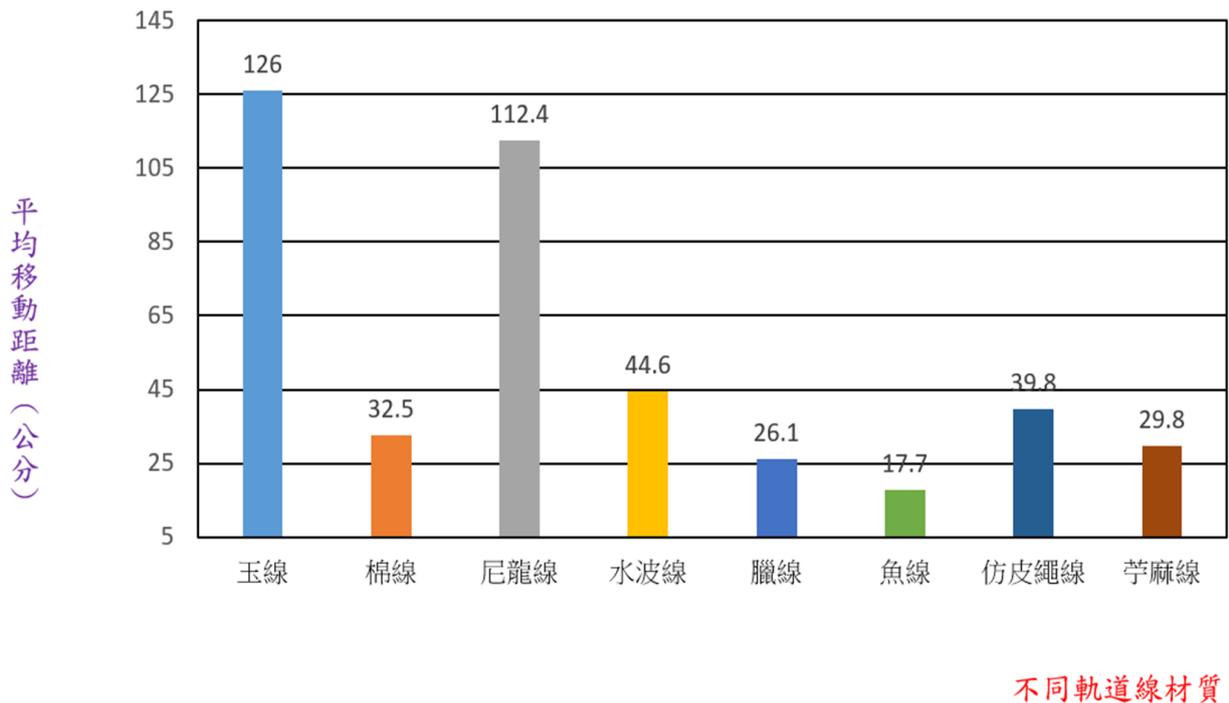


圖6 不同軌道線材質對軌道飛機移動距離的影響

三、實驗結果討論

- (1) 本次實驗是使用850毫升的寶特瓶，扭轉2條橡皮筋30圈來進行實驗，實驗結果以使用基準線材(玉線)時，軌道飛機向前移動平均達126公分為最佳，其次是使用尼龍線軌道的112.4公分。而軌道線改為棉線與蠟線時僅移動32.5公分及26.1公分，而光滑的魚線效果最差，飛機移動距離僅有17.7公分，是所有線材中，飛機移動距離最短的。
- (2) 棉線與蠟線表面較為粗糙，使飛機往前移動的力道明顯遇到較大的摩擦力，以致往前移動距離較短；而魚線表面過於光滑，產生的摩擦力太小，無法帶動飛機往前移動，是最不理想的線材。
- (3) 根據實驗結果，軌道飛機的往前移動時，吸管滑軌與軌道線材間，必須存在一定程度的摩擦力，以提供軌道飛機起步的動力；反之若僅有較大的動力，卻無相對的摩擦力作為起步，其動力僅為空轉，無法推進飛機前進。

伍、結論與建議

一、探討不同橡皮筋扭轉圈數對軌道飛機移動距離的影響。

(一)測量的五種扭轉圈數中，以轉動 60 圈的移動距離最遠，轉動 20 圈最近。

(二)飛機以橡皮筋的彈力及扭力作為動力來源，當橡皮筋扭轉圈數愈多，產生的動能愈大，讓扇葉轉動的速度愈快，而使軌道飛機移動的距離愈遠。

二、探討不同橡皮筋數量對軌道飛機移動距離的影響。

(一)機身內的橡皮筋數量中，以使用 5 條橡皮筋的移動距離最遠，1 條橡皮筋最近。

(二)橡皮筋的數量愈多，產生的彈力與扭力有加乘的效果，動能愈大，讓扇葉轉動的速度愈快，使軌道飛機移動的距離愈遠；但當只有 1 條橡皮筋時，推動扇葉轉動的力道明顯不足，造成扇葉轉動速度慢而只移動了微幅的距離，顯見，增加橡皮筋數量可以加大飛機移動的距離。

三、探討不同扇葉大小對軌道飛機移動距離的影響。

(一)扇葉上黏上六種不同面積的紙片，以面積最小的 12.5 平方公分移動距離最遠，面積最大的 25 平方公分移動距離最近。

(二)從不同扇葉面積大小的結果來看，扇葉愈大，移動的距離愈近，可以推論較大扇葉前進時遇到的阻力也愈大，因而影響軌道飛機移動的距離。

四、比較不同寶特瓶大小對軌道飛機移動距離的影響。

(一)四種不同容積的寶特瓶作為機身，以容積 600 立方公分移動距離最遠，容積 420 立方公分次之，容積 1500 立方公分移動距離最近。

(二)從實驗結果來看，可以推論寶特瓶容積愈大，重量愈重，移動的距離也愈近；另外，雖然容積 600 立方公分比容積 420 立方公分移動距離較遠，但差距很小，應該是其容積和重量差距較小，而使結果沒有顯著差異。

五、比較不同吸管滑軌長度對軌道飛機移動距離的影響。

(一)六種不同的吸管滑軌中，以 18 公分最佳，21 公分次之，此兩者的飛機移動距離較遠，明顯優於其他較短的吸管滑軌。

(二)本次實驗以較長的兩種吸管滑軌移動距離較長，可推論是滑軌長度較長，與軌道線之間的接觸摩擦力也較大，能將飛機推進到較遠的地方。

六、比較不同軌道線材質對軌道飛機移動距離的影響。

(一)本次實驗以八種粗細相近的線做測量，以玉線移動距離最遠，尼龍線次之，而魚線的距離最短。

(二)纖維最粗糙的棉線與蠟線因飛機移動產生的摩擦力較大，因此移動距離較短。然而，表面最光滑的魚線，因材質過於平滑，產生的摩擦力不足以帶動飛機前進，所以移動距離最近。因此，我們推估軌道飛機在軌道線上移動至少需要有一定的摩擦力。線材過於光滑，或過於粗糙皆不佳。

綜合上面研究發現，影響軌道飛機移動距離的因素，「橡皮筋扭轉圈數」、「橡皮筋數量」、「扇葉大小」、「寶特瓶大小」、「滑軌長短」和「軌道線材質」都會影響軌道飛機移動的距離。其中，因「橡皮筋」是動力來源，影響的效果最為顯著，增加數量及扭轉圈數都可以增加橡皮筋的扭力，而使飛機移動距離增加。此外，「扇葉大小」和「寶特瓶大小」則是比較小的扇葉和寶特瓶，因其前進的阻力較小，反而使飛機移動距離較遠。至於「滑軌長短」和「軌道線材質」對飛機移動距離也有影響，合適的摩擦力能讓飛機推進的距離更遠。

陸、未來研究方向

軌道飛機移動距離與「橡皮筋扭轉圈數」、「橡皮筋數量」、「扇葉大小」和「寶特瓶大小」「滑軌長短」、「軌道線材質」有相關，而我們的研究均以相同規格材質的橡皮筋進行研究，未來可以再針對橡皮筋做不一樣的改變，例如：增加不同粗細的橡皮筋，觀察對軌道飛機移動距離的影響；也可以針對寶特瓶做不一樣的改變，例如：增加相同容積但不同形狀的寶特瓶，測試對軌道飛機移動距離是否有影響。

另外，本研究以吸管當作滑軌來比較軌道飛機移動距離的不同，未來可以再針對吸管做不一樣的改變。例如：將吸管改成四個輪子，觀察其對飛機在陸地移動距離的影響。還有，不同輪子的材質對飛機移動距離有影響嗎？不同陸地的鋪面對飛機移動距離有影響嗎？都是未來研究可探討的方向。

柒、參考資料

- 一、全國中小學科展第 42 屆(2002)。瘋狂爆走族。取自
<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=538>。
- 二、全國中小學科展第 48 屆(2008)。懸崖勒馬-力的探討。取自
<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=3492>。
- 三、全國中小學科展第 46 屆(2006)。翱翔天際。取自
<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=2103>。
- 四、全國中小學科展作品第 54 屆(2014)。造飛機追風趣。取自
<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=12247>。