

屏東縣第 65 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：氣壓跑車向前衝 ～ 氣動力車移動距離之探討

關 鍵 詞：空氣動力車、空氣、壓縮、摩擦力

編號：A2015

氣壓跑車向前衝 ～ 空氣動力車移動距離之探討

摘要

本研究主要探討影響空氣動力車移動距離的因素，以 PP 塑膠瓦楞板為車身主體，運用針筒內密閉空間的空氣壓縮回復產生的拉力，使車軸轉動，帶動空氣動力車移動前進。

研究發現，影響空氣動力車移動距離的因素中，以「拉繩材質」與「車輪大小」的影響最為顯著，具彈性的拉繩能有效儲存與釋放回復力，增加移動距離；較大的車後輪則因為輪子圓周長較長，能讓車軸在轉動相同圈數的情況下推進更遠。此外，「推壓器移動位置」與「塞嘴內空氣柱長」也會影響移動距離，針筒推壓器移動越遠、塞嘴空氣柱越短都有助於動力車增加移動距離。車輪寬度增大可提高抓地力，但因輪子變重，影響並不顯著。車道材質亦影響移動效果，柔軟或高摩擦材質如羽球地墊，會增加能量損耗，導致移動距離縮短。

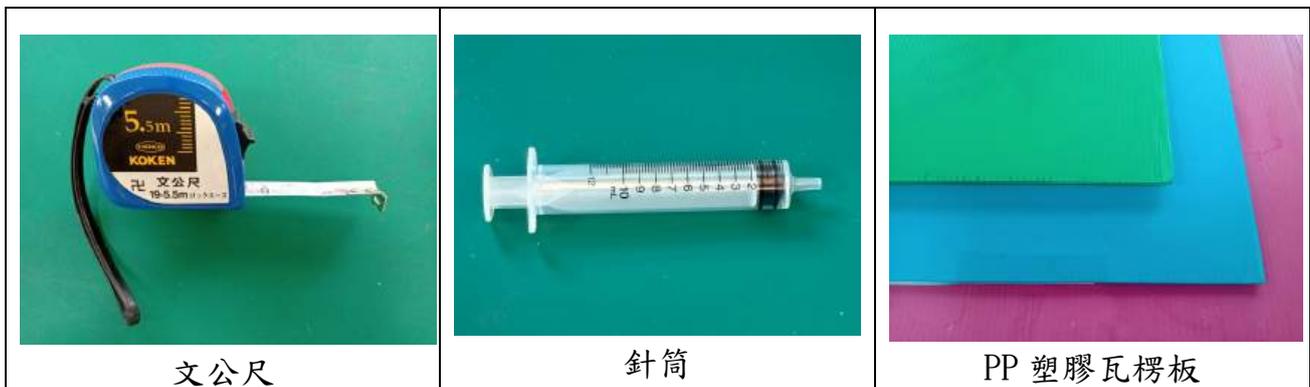
壹、研究動機

還記得三年級自然課「空氣」單元，用橡皮擦堵住注射筒出口，壓下活塞，活塞可以被壓下去，放開手後，發現活塞會慢慢回到原來的位置，證明空氣占有空間，可以被壓縮的特性。有一次，當我們看到同學組裝木製空氣動力車的模型，發現只要把針筒內的推壓器往後拉，放開手之後，車子就會前進，讓我們覺得很神奇，原來除了空氣可壓縮的特性外，再加上能量儲存與釋放的原理就能使動力車從靜止開始移動。老師見我們如此好奇，鼓勵我們自己動手做做看，因此，我們決定將空氣動力車改良，結合可拆卸輪組，設計不同變項來進行實驗，試試哪一種方法可以讓空氣動力車移動距離最遠。

貳、研究目的

- 一、探討針筒內推壓器移動不同位置對空氣動力車移動距離的影響。
- 二、探討針筒前端塞嘴內不同空氣柱長度對空氣動力車移動距離的影響。
- 三、探討不同拉繩材質對空氣動力車移動距離的影響。
- 四、探討不同後輪大小對空氣動力車移動距離的影響。
- 五、探討不同後輪寬度對空氣動力車移動距離的影響。
- 六、探討不同車道材質對空氣動力車移動距離的影響。

參、研究設備與器材





圓木棒



斜剪鉗



切圓器



剪刀



美工刀



龍蝦扣



熱熔槍



熱熔膠條



鐵尺



粗吸管



細塑膠軟管



切圓器



棉線



彈性帶



鬆緊線



縫衣線



玉線



麻繩



魚線



透明膠帶



雙面膠



木柄尖錐



電子秤



計算機

(以上照片皆為組員拍攝)

肆、研究過程與方法

一、 實驗裝置：

(一) 空氣動力車製作方法：

1. 以 PP 塑膠瓦楞板為空氣動力車的車身主體，將接合處固定後，在車身前端鑽洞，黏上泡棉膠，作為針筒的位置。



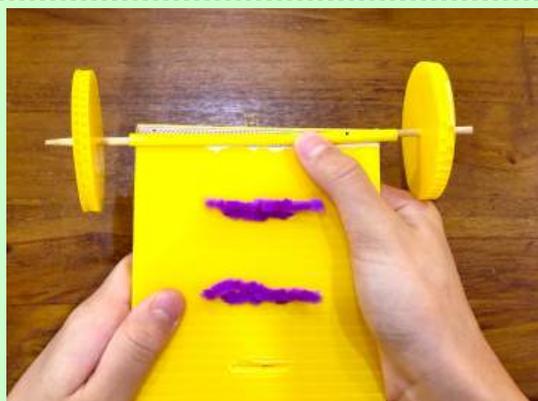
2. 裁切長 2 公分的細塑膠軟管，用熱熔槍將熱熔膠灌入管內約 1 公分的位置，剩下 1 公分可套進針頭，作為塞嘴。



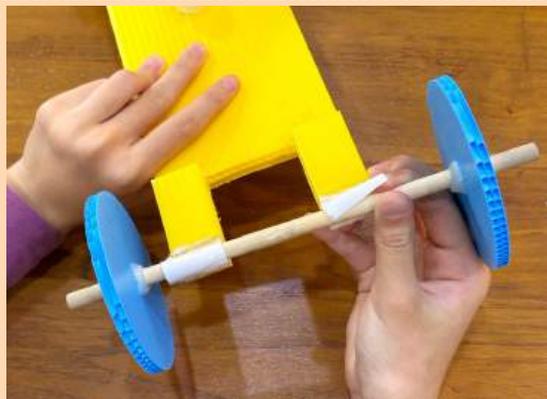
3. 將 12 毫升的針筒黏貼在車身上泡棉處，並用毛根將針筒固定，並套上已做好的塞嘴，讓針筒內形成密閉空間。



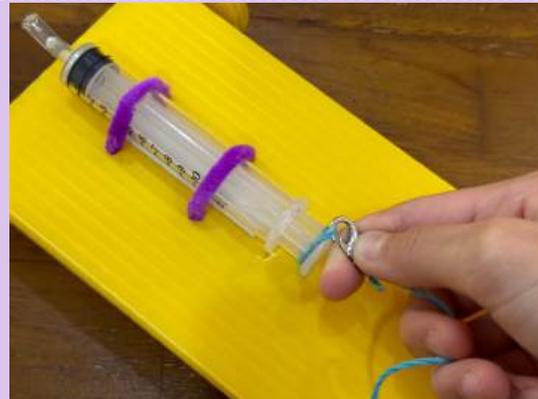
4. 用切圓器在 pp 板上裁切半徑 3 公分的圓形，2 片黏成一個輪子，加上竹籤及吸管，做成前輪並固定。



5. 裁切半徑 4.5 公分的圓形 pp 板，2 片黏在一起，加上木棍及粗吸管，做成後輪，並將粗吸管割開，以便更換輪組。

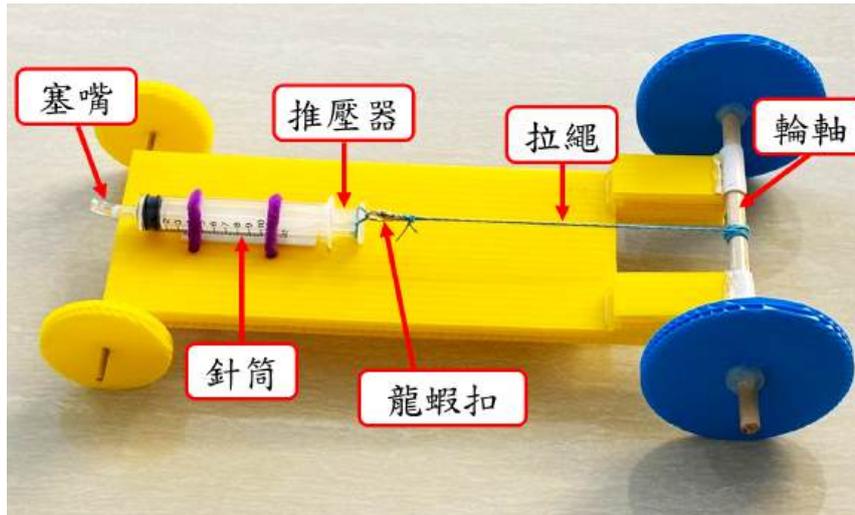


6. 針筒推壓器尾端以棉線綁一個固定的套圈，將拉繩的一端用龍蝦扣勾住此套圈，另一端綁在後輪車軸，完成裝置。



(以上照片皆為組員拍攝)

(二) 空氣動力車各部位名稱：

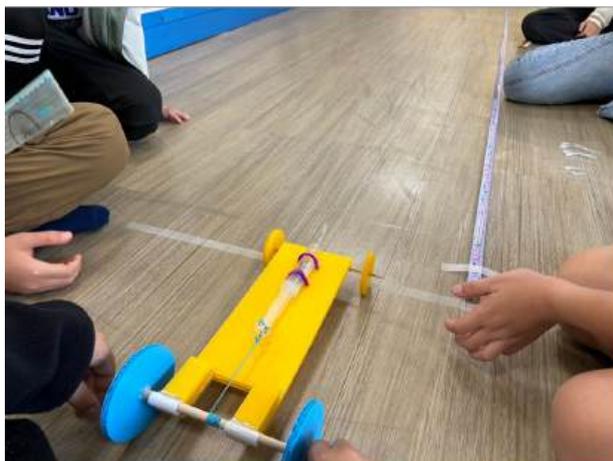


(以上照片皆為組員拍攝)

(三) 空氣動力車移動測量方式：

因為需要較寬廣的空間讓車子移動，所以我們選在圖書館進行實驗，圖書館是木紋貼皮地板，非常平整。除了操縱變因改變的項目外，基本實驗步驟為：

1. 將12毫升的針筒固定在空氣動力車上，針筒前端套上塞嘴形成密閉空間。
2. 拉繩的一端使用龍蝦扣勾住推壓器上的套圈，這樣可以方便快速地連接或拆卸繩子，另一端則綁在後輪車軸的中間位置，同時黏上膠帶避免脫落。
3. 將針筒內的推壓器往後拉至10毫升刻度的位置，同時將後輪車軸的拉繩轉緊。
4. 在地上標記起點線位置，車頭對齊起點線，放開車身，使其平穩前進，直到完全停下來後，測量車頭從起點到終點之間的距離並記錄下來。
5. 為了減少人為操作誤差，每項實驗我們都進行五次重複測試，並將測試的結果取平均值，做成圖表。



車頭對齊起點線



測量車子移動距離

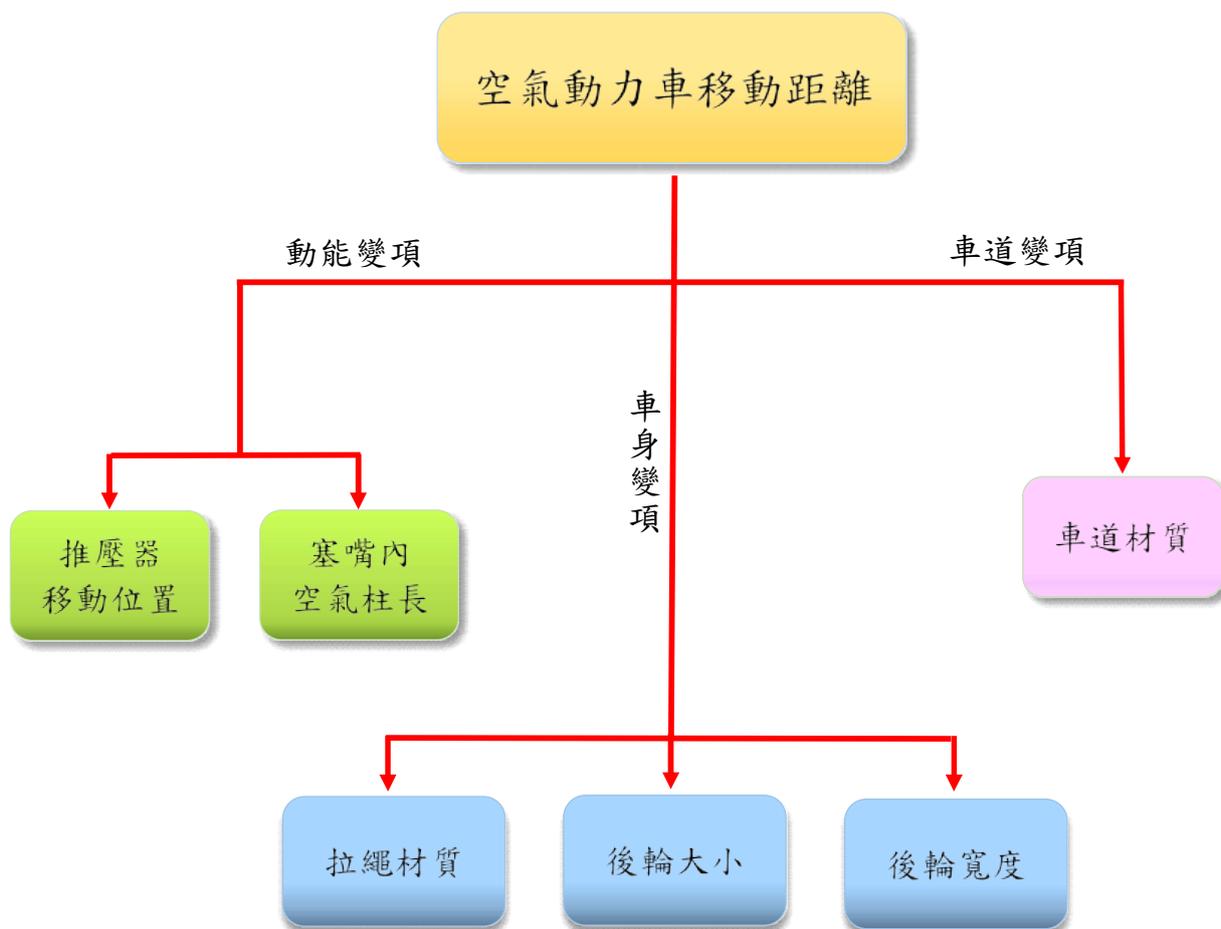
(以上照片皆為組員拍攝)

(四) 研究流程：

本實驗將空氣動力車的研究分為三個主要變項：「動能」、「車身」及「車道」。首先，空氣動力車的動力來自針筒內空氣的壓縮回復力。為了觀察動能的影響，我們調整了「壓推器移動位置」和「塞嘴內空氣柱長」，測試這些變化對車輛前進距離的影響。

接下來，我們測試了車身設計的不同因素，包括「拉繩材質」、「後輪大小」和「後輪寬度」，這些變項可能會影響推動效率和車輪轉動效果，進而影響動力車的移動距離。

最後，我們比較不同材質的車道對空氣動力車的影響。選擇了校園內不同的地面材質作為車道，測試光滑與粗糙的表面對車輛移動距離的影響，透過不同車道的比較，我們能夠分析車道表面特性如何影響空氣動力車的移動。



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：針筒內推壓器移動不同位置對空氣動力車移動距離的影響？

我們知道空氣動力車是利用針筒內密閉空間的空氣壓縮回復產生的拉力帶動前進，而針筒內的推壓器向後拉動至不同位置會影響空氣動力車向前移動的距離嗎？我們準備了一個 12 毫升的注射針筒，依照針筒上的刻度，分別將推壓器移動至「2 毫升、4 毫升、6 毫升、8 毫升、10 毫升、12 毫升」等不同刻度的位置，來比較空氣動力車的移動距離。

一、實驗步驟

- (1) 準備一個 12 毫升的針筒，針筒前端套上塞嘴形成密閉空間，將棉線的一端用龍蝦扣勾住推壓器上的套圈，另一端綁在後輪車軸的中間位置。
- (2) 將針筒內的推壓器往後拉至 2 毫升刻度的位置，同時將後輪車軸的拉繩轉緊。
- (3) 在地上標記起點線位置，車頭對齊起點線，放開車身，使其平穩前進，並測量車頭從起點到終點之間的距離。
- (4) 依序推壓器移動至 4 毫升、6 毫升、8 毫升、10 毫升、12 毫升等不同刻度的位置，並記錄其距離五次 (A. B. C. D. E) 取平均值。

二、實驗流程



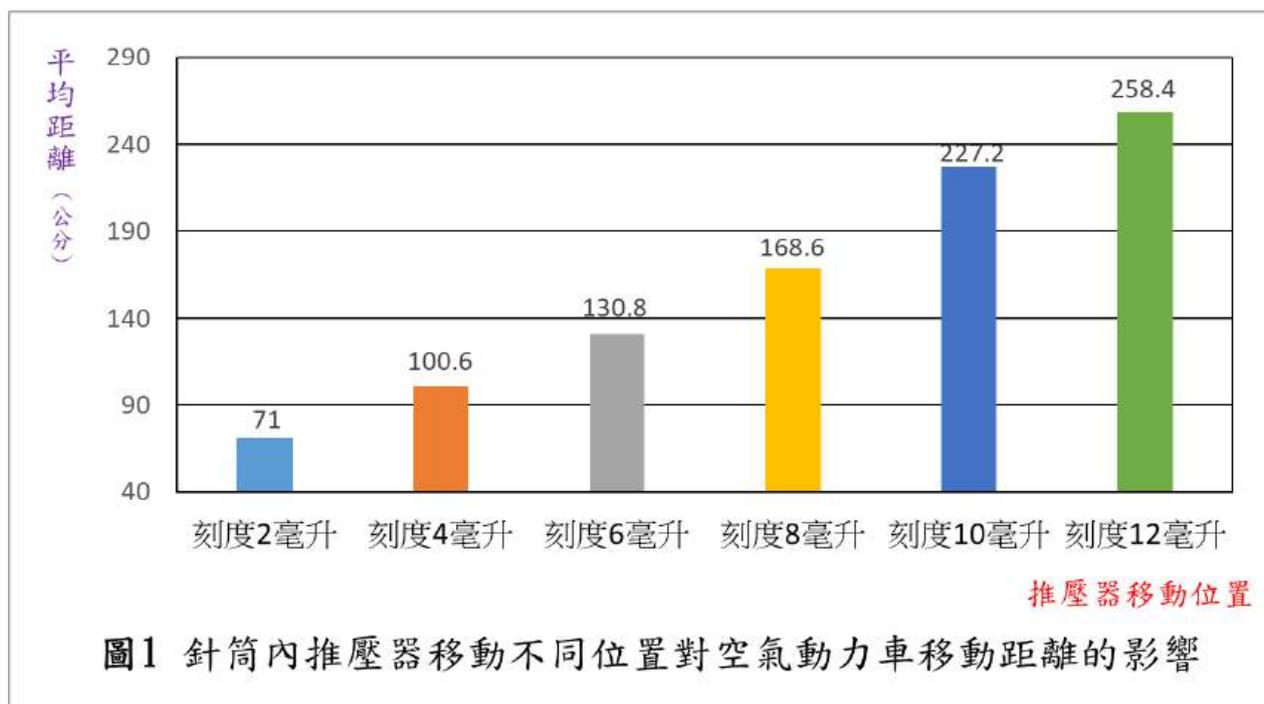
(以上照片皆為組員拍攝)

三、實驗結果

針筒內推壓器移動不同位置對空氣動力車移動位置的影響實驗結果如下：

表 1 針筒內推壓器移動不同位置對空氣動力車移動位置的影響

推壓器 移動位置	A 距離	B 距離	C 距離	D 距離	E 距離	平均移動 距離	排 序
刻度 2 毫升	68	70	73	69	75	71	6
刻度 4 毫升	103	100	105	98	97	100.6	5
刻度 6 毫升	127	125	138	130	134	130.8	4
刻度 8 毫升	175	163	165	168	172	168.6	3
刻度 10 毫升	222	231	234	220	229	227.2	2
刻度 12 毫升	253	265	263	259	252	258.4	1



四、實驗結果討論

- (1) 從表 1 中，當針筒內推壓器移動到 2 毫升刻度的位置時，空氣動力車移動的距離是 71 公分，4 毫升刻度是 100.6 公分，6 毫升刻度是 130.8 公分，8 毫升刻度是 168.6 公分，10 毫升刻度是 227.2 公分，12 毫升刻度是 258.4 公分，空氣動力車移動距離隨著推壓器移動位置增加而更遠。這顯示空氣動力車的移動距離與針筒內推壓器的移動位置呈正相關，推壓器移動位置越大，車子移動的距離也越遠。
- (2) 空氣動力車主要以針筒內密閉空間的空氣壓縮回復產生的拉力帶動車軸轉動，使車子前進。當推壓器從 0 刻度的位置開始向後拉動，每增加 2 毫升的刻度，動力車的移動距離也跟著移動更遠。這是由於針筒內的空氣壓縮，形成更大的回復力，讓車輛移動距離更遠。因此，在密閉空間的狀態下，推壓器的移動位置和空氣壓縮回復產生的拉力有顯著相關，隨著推壓器移動位置越遠，空氣在針筒內的壓縮程度更大，回復所產生的拉力也隨之增強，使得動力車移動的距離也逐漸變遠。

研究二：針筒前端塞嘴內不同空氣柱長度對空氣動力車移動距離的影響？

在我們確定改變針筒推壓器位置會影響空氣動力車移動的距離後，我們持續研究針筒這項控制變因。在實驗一進行操作之前，我們有一個非常重要的動作，就是在針筒前端套上塞嘴，使內部形成一個密閉空間，進而透過空氣壓縮回復產生拉力，使動力車前進。在實驗一，我們套上塞嘴後，針頭與塞嘴完全密合，且沒有空氣柱存在，但如果我們製作不同的塑膠塞嘴，密合地套在針頭後，產生長度不一的空氣柱呢？空氣動力車前進的距離是否會不一樣呢？本實驗二探討前端塞嘴內不同空氣柱長度對空氣動力車移動距離的影響。

一、實驗步驟

- (1) 準備細塑膠管和熱熔槍，利用熱熔膠冷卻凝固的原理製作長度不一的塞嘴。
- (2) 我們先剪下 2 公分塑膠管，一端注入 1 公分熱熔膠，冷卻後套入約 1 公分長的針頭，此時針頭口完全被熔膠封閉，空氣柱為 0 公分。接著剪下 3 公分的塑膠管，一樣在一端注入 1 公分熱熔膠，冷卻後再套入約 1 公分的針頭，此時針頭口未完全被熔膠堵住，且留下 1 公分的空氣柱(如下圖)，以此類推，分別製作空氣柱長度為 1 公分到 6 公分等長度不一的塞嘴。



(←照片為組員拍攝)

- (3) 先在針筒前端套上空氣柱為 0 公分的塞嘴，棉線一端用龍蝦扣勾住推壓器上的套圈，另一端綁在後輪車軸的中間位置。
- (4) 將針筒內的推壓器往後拉至 10 毫升刻度的位置，同時將後輪車軸的拉繩轉緊。
- (5) 在地上標記起點線位置，車頭對齊起點線，放開車身，使其平穩前進，並測量車頭從起點到終點之間的距離。
- (6) 依序再用空氣柱長度為 1 公分、2 公分、3 公分、4 公分、5 公分、6 公分等不同長度塞嘴進行量測，並記錄其距離五次 (A. B. C. D. E) 取平均值。

二、實驗流程



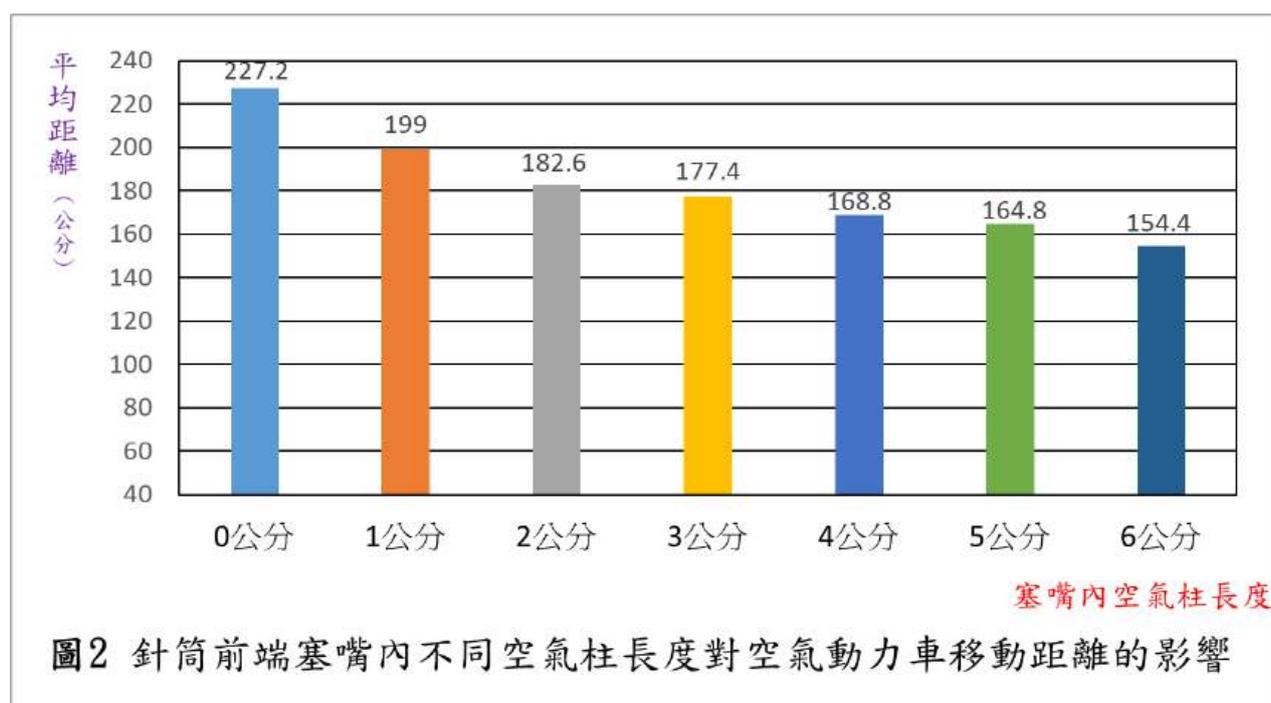
(以上照片皆為組員拍攝)

三、實驗結果

針筒前端塞嘴內不同空氣柱長度對空氣動力車移動距離的影響實驗結果如下：

表 2 針筒前端塞嘴內不同空氣柱長度對空氣動力車移動距離的影響

前端塞嘴內空氣柱長度	A 距離	B 距離	C 距離	D 距離	E 距離	平均移動距離	排序
0 公分	222	231	234	220	229	227.2	1
1 公分	211	203	199	190	192	199	2
2 公分	182	194	181	179	177	182.6	3
3 公分	173	178	175	179	182	177.4	4
4 公分	172	170	167	168	167	168.8	5
5 公分	161	169	167	162	165	164.8	6
6 公分	151	151	158	159	153	154.4	7



四、實驗結果討論

- (1) 從表2中可看出，在針筒推壓器均固定拉至10毫升刻度位置的情況下，塞嘴內空氣柱長度0公分時，動力車移動的距離是227.2公分；空氣柱長度1公分時，動力車移動的距離是199公分，塞嘴內空氣柱逐漸增長，動力車的移動距離就越短，當空氣柱長度達6公分時，動力車移動的距離就只有154.4公分。

- (2) 從圖2可看出，在針筒推壓器均固定拉至10毫升刻度的情況下，針筒前端塞嘴內不同空氣柱長度使空氣動力車移動的距離由遠到近依序是：0公分>1公分>2公分>3公分>4公分>5公分。我們發現，塞嘴內空氣柱越短，空氣動力車移動距離越遠；空氣柱越長，空氣動力車移動距離就越近。塞嘴內的空氣柱長度變化時，空氣動力車的移動距離會顯著改變。
- (3) 我們推測，這個結果是因為塞嘴內空氣柱的長度與空氣的壓縮和回復有關，當空氣柱短時，推壓器內部的空氣能迅速被釋放，推動動力車向前移動。然而，隨著空氣柱的長度增加，塞嘴內空氣的壓縮變得更加困難，這使得空氣的膨脹速度減緩，結果動力車的移動距離就跟著縮短了，塞嘴內空氣柱長度與動力車的移動距離呈負相關。

研究三：不同拉繩材質對空氣動力車移動距離的影響？

在針筒推壓器移動位置及前端塞嘴都相同的情況下，僅改變不同拉繩材質做為操縱變因，會影響空氣動力車的前進距離嗎？以實驗三來探討不同拉繩材質對空氣動力車移動距離的影響。

一、實驗步驟

- (1) 準備不同材質的拉繩線材，包括拉繩基準線(棉線)、彈性帶、鬆緊線、縫衣線、玉線、麻繩、魚線等，分別剪下 30 公分。
- (2) 首先以棉線當作拉繩，拉繩一端用龍蝦扣勾住推壓器上的套圈，另一端綁在後輪車軸的中間位置，將針筒內的推壓器往後拉至 10 毫升刻度的位置，同時將後輪車軸的拉繩轉緊。
- (3) 在地上標記起點線位置，車頭對齊起點線，放開車身，使其平穩前進，並測量車頭從起點到終點之間的距離。
- (4) 依序以不同材質的線材作為拉繩，進行量測，並記錄其距離五次 (A. B. C. D. E) 取平均值。

二、實驗流程



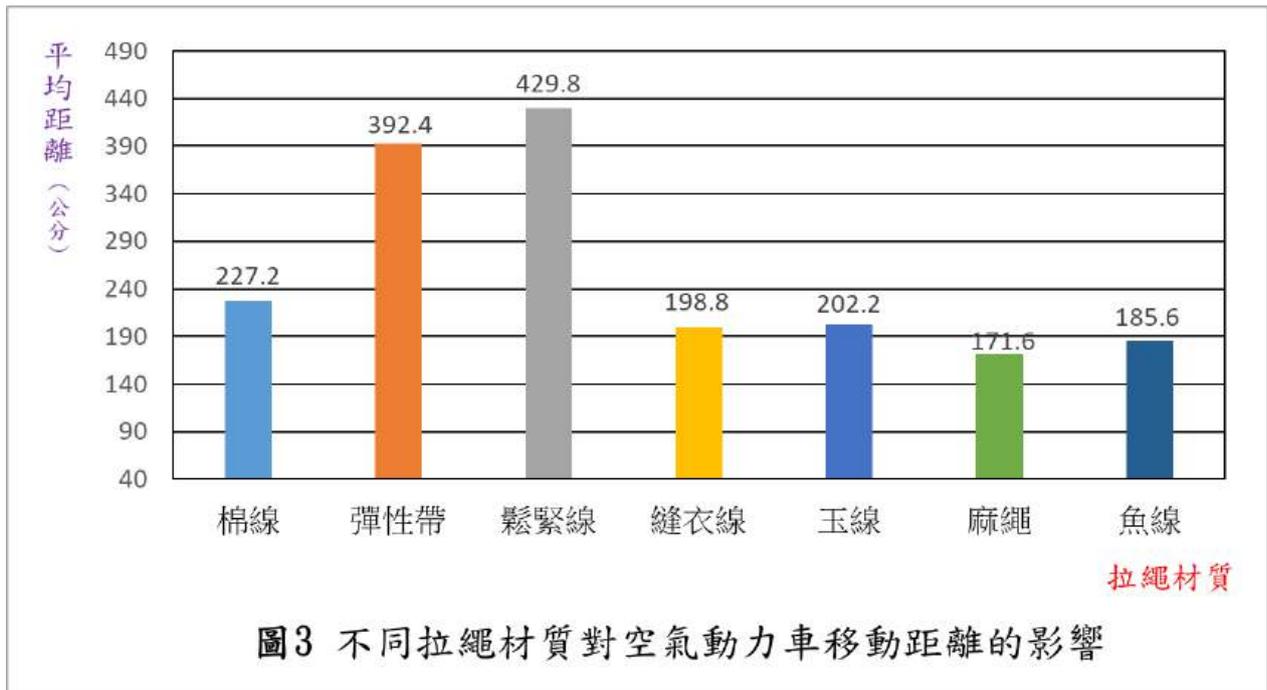
(以上照片皆為組員拍攝)

三、實驗結果

不同拉繩材質對空氣動力車移動距離的影響實驗結果如下：

表 3 不同拉繩材質對空氣動力車移動距離的影響

拉繩材質	A 距離	B 距離	C 距離	D 距離	E 距離	平均移動距離	排序
棉線	222	231	234	220	229	227.2	3
彈性帶	400	399	384	384	395	392.4	2
鬆緊線	425	430	426	429	439	429.8	1
縫衣線	196	192	200	208	198	198.8	5
玉線	203	201	208	199	200	202.2	4
麻繩	178	173	174	168	165	171.6	7
魚線	186	187	187	185	183	185.6	6



四、實驗結果討論

- (1) 前面幾次實驗我們都固定以「棉線」作為拉繩，本次實驗改以其他線材當作拉繩材質，測試對空氣動力車移動距離的影響。從表3可知，拉繩材質以鬆緊線表現最佳，空氣動力車移動距離達429.8公分，是目前實驗中移動距離最遠的；其次是使用彈性帶作為拉繩的392.4公分；接著就是棉線(實驗基準線)拉繩的227.2公分。而光滑粗硬的魚線，動力車移動距離為185.6公分，而粗糙堅韌的麻繩效果最差，動力車移動距離為171.6公分，是所有拉繩線材中，空氣動力車移動距離最短的。
- (2) 從圖3中的結果可以進一步分析，若與基準拉繩(棉線)相比，「鬆緊線」和「彈性帶」表現極佳，它們都具備良好的彈性，在施加推力時伸縮延展，當針筒內部的空氣因推壓器的作用而壓縮時，會產生一種回復力，這股回復力對空氣動力車施加了推力。而「鬆緊線」和「彈性帶」的彈性伸縮特性，使得這些拉繩能夠更有效地儲存和釋放這些回復力，進一步增加了動力車的移動距離。
- (3) 相對而言，「麻繩」的表現較差，這是因為麻繩的彈性較低，柔韌性差。儘管麻繩在耐用性上優於其他線材，但其較差的彈性使得它無法有效地吸收和釋放來自針筒內空氣的回復力，空氣動力車移動的距離也最短。

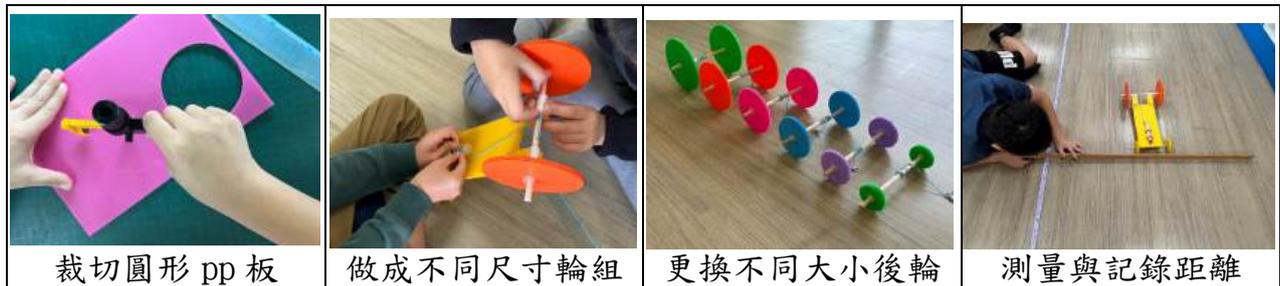
研究四：不同後輪大小對空氣動力車移動距離的影響？

在本次實驗中，我們用切圓器裁出大小不一的圓作為動力車的後輪，在圓心處鑽孔，將兩片圓形 pp 板相黏成為一個輪子，再以熱熔槍固定在木頭車軸上，製作了六種大小的車輪組。後輪大小不一樣的動力車移動的距離是否會有所不同呢？以實驗四來探討不同後輪大小對空氣動力車移動距離的影響。

一、實驗步驟

- (1) 利用切圓器在 pp 板上裁出大小不一的圓作為動力車的後輪，其尺寸分別是半徑 2.5 公分、半徑 3.5 公分、半徑 4.5 公分、半徑 5.5 公分、半徑 6.5 公分和半徑 7.5 公分等六種。
- (2) 將 pp 板圓心鑽孔，2 片圓板黏成一個輪子，並以熱熔槍固定在車軸上，做出了六種大小的車輪組。
- (3) 先以半徑 2.5 公分的車輪組當作動力車的後輪，並將針筒內的推壓器往後拉至 10 毫升刻度的位置，並將後輪車軸的拉繩轉緊。
- (4) 在地上標記起點線位置，車頭對齊起點線，放開車身，使其平穩前進，並測量車頭從起點到終點之間的距離。接著依序更換不同大小車輪組進行實驗，並記錄其距離五次 (A. B. C. D. E) 取平均值。

二、實驗流程



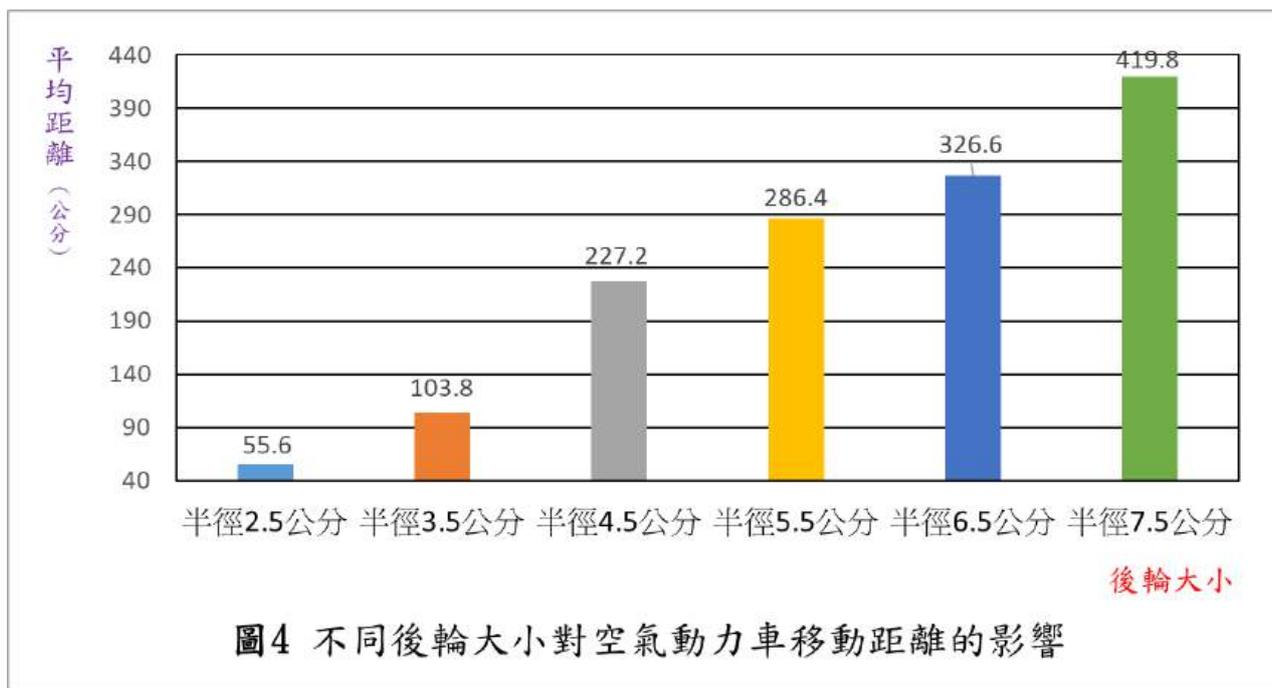
(以上照片皆為組員拍攝)

三、實驗結果

不同後輪大小對空氣動力車移動距離的影響實驗結果如下：

表 4 不同後輪大小對空氣動力車移動距離的影響

後輪大小	A 距離	B 距離	C 距離	D 距離	E 距離	平均移動距離	排序
半徑 2.5 公分	56	51	57	59	55	55.6	6
半徑 3.5 公分	109	110	106	97	97	103.8	5
半徑 4.5 公分	222	231	234	220	229	227.2	4
半徑 5.5 公分	284	290	280	290	288	286.4	3
半徑 6.5 公分	334	326	318	329	326	326.6	2
半徑 7.5 公分	416	415	430	418	420	419.8	1



四、實驗結果討論

- (1) 從表4中，後輪安裝半徑2.5公分的小輪子時，空氣動力車移動距離只有55.6公分；安裝半徑3.5公分輪子時，動力車移動距離增加了，達到103.8公分。隨著後輪半徑的逐步增加，動力車的移動距離也顯著增長。當後輪安裝半徑達到7.5公分的大輪子時，動力車移動的距離達到了419.8公分，這是繼上一個實驗中使用鬆緊線作為拉繩後，另一個動力車移動距離超過400公分的變因。
- (2) 從圖4的結果可以看出，後輪大小對動力車移動距離的影響依序為：半徑7.5公分 > 6.5公分 > 5.5公分 > 4.5公分 > 3.5公分 > 2.5公分。這些數據顯示，在針筒內的空氣因推壓器的作用而產生相同的回復力的情況下，後輪的半徑越大，輪子的圓周長度也越長，這直接影響了動力車的移動距離。當裝有大輪子的空氣動力車移動，輪子的圓周長度增大，使得車輪每轉動一圈時，車子能夠推進更長的距離，這使得大輪子的空氣動力車在相同的空氣回復力下，能夠移動更遠的距離。

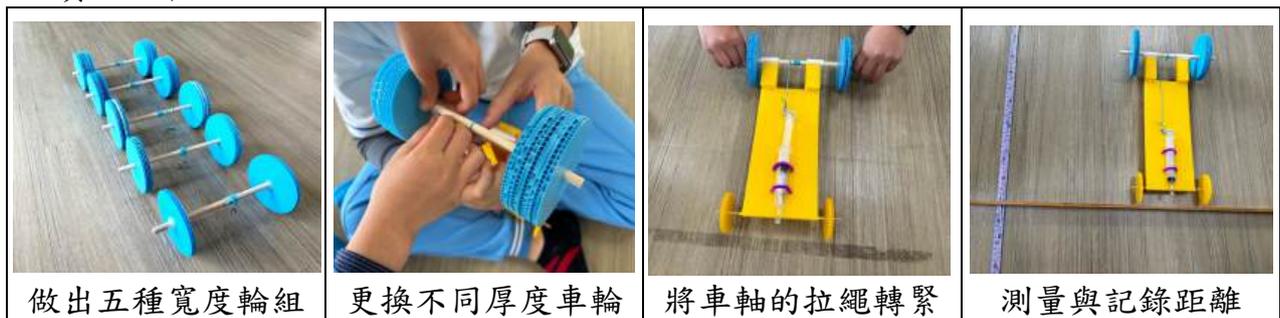
研究五：不同後輪寬度對空氣動力車移動距離的影響？

上一個實驗，我們發現若動力車的後輪變大，空氣動力車移動距離也跟著變遠。若我們固定後輪大小，加寬後輪的寬度，讓後輪接觸地面的面積增加，會影響空氣動力車的前進距離嗎？以實驗五來探討不同後輪寬度對空氣動力車移動距離的影響。

一、實驗步驟

- (1) 用切圓器在 pp 板切割半徑 4.5 公分的圓數個，並將 pp 板圓心鑽孔。
- (2) 分別以 2 片、4 片、6 片、8 片、10 片、12 片圓形板黏成不同厚度的輪子，並以熱熔槍固定在車軸上，製作五種不同寬度的車輪組。
- (3) 先以 2 片 pp 板寬度的車輪組當作動力車的後輪，並將針筒內的推壓器往後拉至 10 毫升克度的位置，並將後輪車軸的拉繩轉緊。
- (4) 在地上標記起點線位置，車頭對齊起點線，放開車身，使其平穩前進，測量車頭從起點到終點之間的距離。接著依序更換不同大小車輪組進行實驗，並記錄其距離五次 (A. B. C. D. E) 取平均值。

二、實驗流程



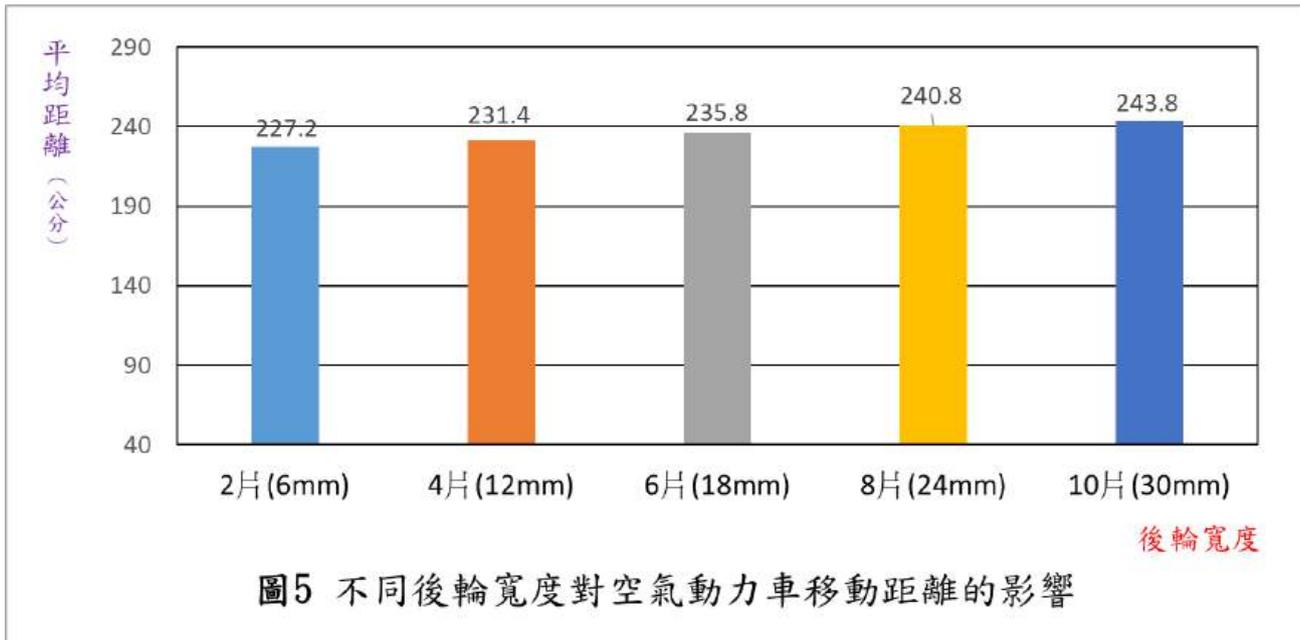
(以上照片皆為組員拍攝)

三、實驗結果

不同後輪寬度對空氣動力車移動距離的影響實驗結果如下：

表 5 不同後輪寬度對空氣動力車移動距離的影響

後輪寬度	A 距離	B 距離	C 距離	D 距離	E 距離	平均移動距離	排序
2 片 pp 板 (6mm)	222	231	234	220	229	227.2	5
4 片 pp 板 (12mm)	232	238	225	224	238	231.4	4
6 片 pp 板 (18mm)	230	240	237	237	235	235.8	3
8 片 pp 板 (24mm)	237	237	246	240	244	240.8	2
10 片 pp 板 (30mm)	239	244	240	250	246	243.8	1



四、實驗結果討論

- (1) 從表5可知，輪子寬度對空氣動力車的移動距離產生明顯影響。其中，10片PP板寬的後輪表現最佳，空氣動力車前移距離達243.8公分；其次是8片PP板寬的後輪，移動距離為240.8公分。當輪子寬度縮小至2片PP板時，移動距離雖略有下降，但仍達227.2公分，顯示輪子寬度與車輛行駛表現具有密切關聯。
- (2) 從圖5可見，輪子寬度影響車輛與地面的摩擦力，進而影響行駛穩定性與能量轉換效率。與基準輪子（2片PP板寬）相比，「寬輪」由於與地面接觸面積較大，能提供適當的抓地力，使車輛行駛更加穩定，減少輪胎打滑的可能性，提高能量轉換效率，進而增加移動距離。
- (3) 根據實驗結果，輪子寬度在空氣壓縮回復轉換為動能的過程中也扮演了重要角色。適當寬度的輪子能夠提供足夠的摩擦力，使車輛行駛更順暢並提升移動距離，然而，相對於窄輪子的輕巧特性，寬輪子雖然增加抓地力，輪子卻相對厚重，雖有略微增加距離但不顯著，可能是因滾動阻力增大而降低整體效能。因此，在設計輪子的寬度時，必須同時考量抓地力、重量與滾動阻力這些因素，才能讓車輛能夠更有效率轉換能量達到更遠的移動距離。

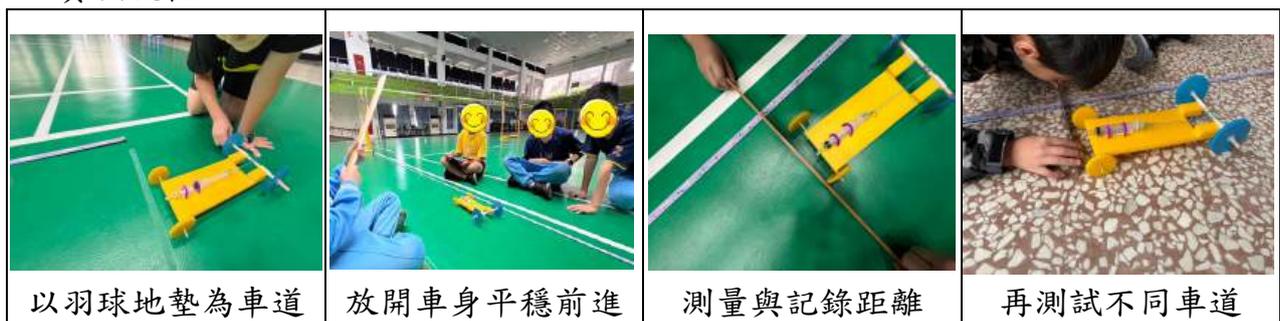
研究六：不同車道材質對空氣動力車移動距離的影響？

前面五項實驗研究都是在圖書館進行，以木紋貼皮地板作為車道，若我們改變車道，在校園內尋找不一樣的材質來做為空氣動力車前行的車道，結果會是如何，會影響空氣動力車的前進距離嗎？以實驗六來探討不同車道材質對空氣動力車移動距離的影響。

一、實驗步驟

- (1) 在校園內及教室裡尋找不同材質作為空氣動力車的車道路面，經討論後，選定貼皮地板、木地板、瓦楞紙板、pp 塑膠板、磨石子地、打磨水泥地、羽球地墊等 7 種不同材質車道。
- (2) 將針筒的推壓器往後拉至 10 毫升刻度的位置，同時將後輪車軸的拉繩轉緊。
- (3) 在車道路面上標記起點線位置，車頭對齊起點線，放開車身，使其平穩前進，並測量車頭從起點到終點之間的距離。
- (4) 依序測試動力車在每一種不同車道材質的移動距離五次 (A. B. C. D. E)，紀錄並取平均值。

二、實驗流程



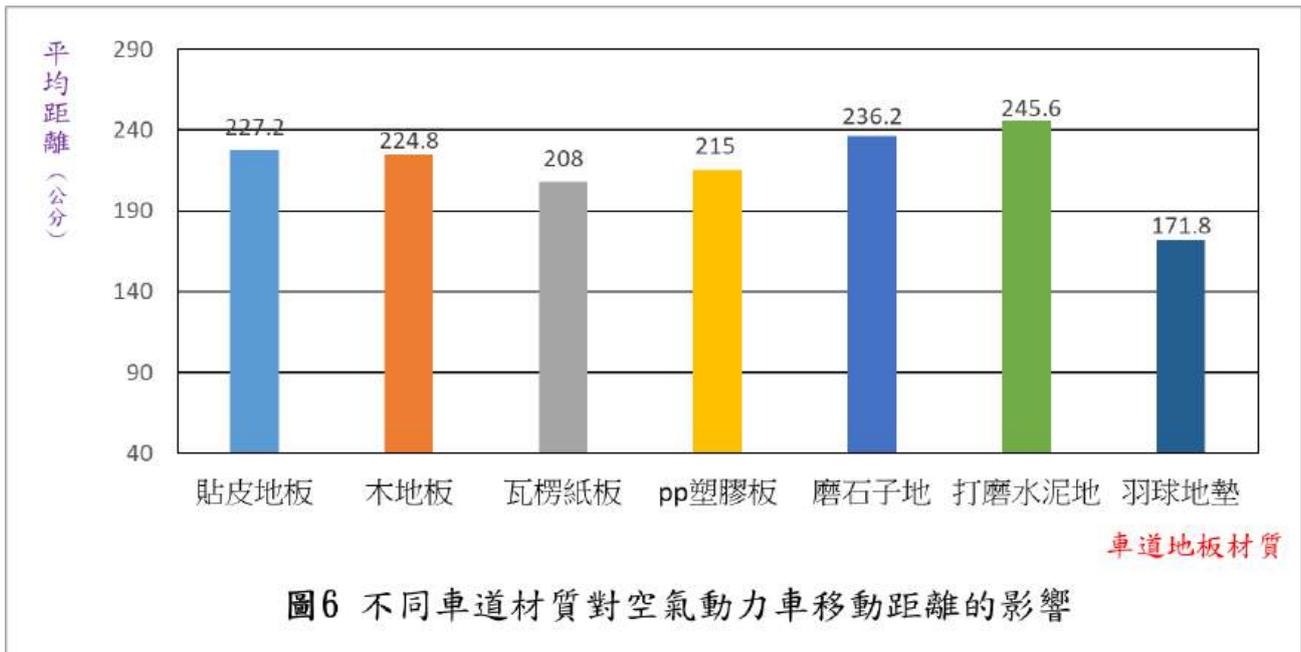
(以上照片皆為組員拍攝)

三、實驗結果

不同車道材質對空氣動力車移動距離的影響實驗結果如下：

表 6 不同車道材質對空氣動力車移動距離的影響

車道材質	A 距離	B 距離	C 距離	D 距離	E 距離	平均移動距離	排序
貼皮地板	222	231	234	220	229	227.2	3
木地板	227	232	224	219	222	224.8	4
瓦楞紙板	208	207	203	210	212	208	6
pp 塑膠板	210	222	218	215	210	215	5
磨石子地	236	240	233	230	242	236.2	2
打磨水泥地	248	241	250	239	250	245.6	1
羽球地墊	178	168	168	170	175	171.8	7



四、實驗結果討論

- (1) 前面幾次實驗我們都是以圖書館的貼皮地板作為空氣動力車前進的車道，本次實驗我們在校園內尋找不同材質作為車道路面，探討不同車道材質對空氣動力車移動距離的影響。從表 6 可知，車道材質以打磨水泥地表現最佳，空氣動力車移動距離為 245.6 公分，其次是磨石子地的 236.2 公分，再其次就是圖書館貼皮地板的 227.2 公分。而當車道改為羽球地墊時，車子移動距離僅有 171.8 公分，是所有車道材質中，空氣動力車移動距離最短的。
- (2) 從圖 6 可看出，空氣動力車在不同材質車道上的移動距離以打磨水泥地最遠，磨石子地次之，推測因這些材質表面平滑且細緻，車子前進時較無阻力，因此移動距離較遠。相較之下，羽球地墊的鋪面較為柔軟，防滑係數高，會吸收空氣動力車的推進能量，使得車子前進時阻力較大，移動距離明顯較短。
- (3) 根據實驗結果，車道路面的平滑與否會影響摩擦力大小，接觸面越平滑，摩擦力越小，因此空氣動力車在打磨或貼皮地板等光滑表面較無阻力，移動距離較長；反之，較為柔軟或表面摩擦力較大的材質，如羽球地墊，會增加車子行進時的能量損耗，使得移動距離明顯縮短。

伍、結論

一、探討針筒內推壓器移動不同距離對空氣動力車移動距離的影響。

- (一)空氣動力車透過針筒內空氣壓縮產生的拉力推動，推壓器每增加 2 毫升，車輛移動距離隨著拉力增強而延長。
- (二)空氣動力車的移動距離與推壓器在針筒內的移動位置成正比，推壓器移動越多，車輛移動的距離會相應增加。

二、探討針筒前端塞嘴內不同空氣柱長度對空氣動力車移動距離的影響。

- (一)在推壓器固定至 10 毫升時，塞嘴內空氣柱越短，空氣動力車移動距離越遠，反之，空氣柱越長，車輛移動距離越近。
- (二)塞嘴內空氣柱長度會影響空氣壓縮回復的效果，當針頭口完全被熔膠封閉，空氣柱為 0 公分時，動力車移動距離會最遠。

三、探討不同拉繩材質對空氣動力車移動距離的影響。

- (一)鬆緊線表現最佳，材質具有彈性，能有效儲存與釋放回復力，使空氣動力車的移動距離達到 429.8 公分。
- (二)鬆緊線和彈性帶的都是具有彈性的材質，可讓推壓器內在回復時更有效地帶動車軸，進而讓動力車移動更遠。
- (三)麻繩雖然耐用但彈性較差，無法有效釋放推壓器產生的回復力，動力車移動距離明顯變短。

四、探討不同後輪大小對空氣動力車移動距離的影響。

- (一)安裝不同半徑的輪子，隨著後輪半徑增加，動力車的移動距離顯著增長，7.5 公分輪子達到 419.8 公分。
- (二)後輪半徑越大，圓周長度增長，車輪每圈推進距離更長，使得在相同回復力下，動力車移動更遠。

五、探討不同後輪寬度對空氣動力車移動距離的影響。

- (一)輪子寬度影響移動距離，後輪 10 片 PP 板寬度的動力車移動達 243.8 公分，雖略有增加，但因重量也跟著增加，期距離與 2 片 PP 板寬的後輪相比差異不大。
- (二)寬輪增大抓地力與穩定性，能提高能量轉換效率，但由於重量增加，移動距離的提升有限，差異不顯著。
- (三)在設計輪子的寬度時，必須同時考量抓地力、重量與滾動阻力這些因素，才能讓車輛能夠更有效率轉換能量達到更遠的移動距離。

六、探討不同車道材質對空氣動力車移動距離的影響。

- (一)以不同車道材質測試，打磨水泥地表現最佳，移動距離為 245.6 公分，羽球地墊最短，僅 171.8 公分。

- (二)打磨水泥地與磨石子地表面平滑，減少阻力，空氣動力車能前進更遠；羽球地墊吸收能量，增加阻力，移動距離較短。
- (三)車道表面平滑度影響摩擦力，光滑表面摩擦力小，減少能量損耗，移動距離長；柔軟地墊增加摩擦力，減少移動距離。

綜合上面研究發現，影響空氣動力車移動距離比較明顯的因素有「推壓器移動位置」、「塞嘴內空氣柱長」、「拉繩材質」、「車輪大小」等。其中，以「拉繩材質」和「車輪大小」的影響最大，當針筒內密閉空間的空氣壓縮回復產生拉力時，具彈性的拉繩能有效儲存與釋放回復力，有效增加空氣動力車的移動距離；半徑較大的車輪，後輪圓周長也越長，車軸轉動相同圈數時，車子能夠推進更長的距離，此兩項變因是所有變項中影響最顯著的。此外，「推壓器移動位置」、「塞嘴內空氣柱長」也會影響，當推壓器移動位置越遠、塞嘴內空氣柱越短能使動力車移動較遠的距離。而車輪寬度加寬，與地面接觸面積較大，能提供適當的摩擦力，不過輪子也相對厚重，動力車移動距離略微增加但不顯著。最後，較為柔軟或表面摩擦力較大的車道材質，如羽球地墊，會增加車子行進時的能量損耗，使得移動距離明顯縮短。

陸、未來研究方向

空氣動力車移動距離明顯受到「推壓器移動位置」、「塞嘴內空氣柱長」、「拉繩材質」、「車輪大小」等的影響，而本次實驗的主角-空氣動力車都是以相同大小規格的PP板材質製作，未來可再針對動力車做不一樣的改變，例如：不同車子大小、不同車體外型、不同車身材質…等，多方面測試車子本身可能對移動距離造成影響的變項。

此外，在探討車輪變因時，可以進一步改變車輪數量，如從2個輪子改成4個、6個等，或使用不同材質的輪子如橡皮、木頭、鑄鐵等，以觀察對空氣動力車移動距離的影響，這些變因皆值得進一步探討，未來或許能找出讓動力車移動更遠的方法喔！

柒、參考資料

- 一、全國中小學科展第 52 屆(2012)。那些年，我們一起玩的 勺叉 勺叉車。取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/52/pdf/080111.pdf>。
- 二、全國中小學科展第 46 屆(2006)。它抓得住我？—紋路對摩擦力的影響。取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/46/elementary/0815/081519.pdf>。
- 三、全國中小學科展第 43 屆(2003)。讓氣動車跑得最遠。取自 <https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=21&cat=40&sid=975>。