

屏東縣第 66 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」勢如虹～氣球動力車最遠距離之黃金組合

關 鍵 詞：氣球動力車、作用力與反作用力、空氣

編號：A2022

「氣」勢如虹～氣球動力車最遠距離之黃金組合

摘要

本研究探討影響氣球動力車移動距離的關鍵因素，實驗以寬10公分，長20公分的PP板等材質作為車身主體，運用氣球噴射氣流產生的反作用力帶動小車前進。

研究發現，要讓小車在有限推力下達到最遠行駛距離，須達成「低阻力」與「高能量轉換率」的平衡，關鍵在三大要素的組合：

1. 輕量化導流車身：選用具縱向導流孔的PP板，降低風阻與重量，讓有限推力達到最高轉換效率。
2. 黃金比例1：5輪組：採用4公分直徑隔音墊輪子搭配20公分車身，兼顧不打滑與低滾動阻力的優勢。
3. 優化短管噴嘴設計：以3分口徑搭配5公分短管，平衡爆發力與續航力，可大幅降低氣體摩擦損耗。

當這三大要素齊備並配合最大打氣動能時，小車便能創造出最遠的移動距離，展現「氣」勢如虹的奔馳表現。

壹、研究動機

前陣子，有同學帶了一台文具店買的氣球動力車玩具到學校玩，我們用打氣筒灌了10次氣，氣球充得鼓鼓的，都以為它會像賽車一樣衝得飛快，沒想到手一放，小車才前進約一百多公分就停下來了。這讓我們感到很訝異，怎麼外面賣的氣球動力車，移動距離這麼短，比我們三年級自然課實驗曾做過的「噴氣飛撬」還要短呢？心想：「五年級的我們，應該有辦法加以改裝讓它跑得更遠吧！」



(以上照片為組員拍攝)

老師看我們對這台「表現遜遜」的玩具車展開討論，便鼓勵我們利用所學過的空氣原理，加上現在學到的科學探究方法，自己動手改造。於是，我們決定從車身材質、輪組結構到噴嘴設計，全面進行大換血。我們希望能透過實驗找出氣球動力車的最佳組合，挑戰做出移動距離超越市售玩具、專屬於我們自創設計的「黃金組合氣球動力車」！

貳、研究目的

- 一、探討不同**身車材質**對氣球動力車移動距離的影響。
- 二、探討不同**打氣次數**對氣球動力車移動距離的影響。
- 三、探討不同**輪子材質**對氣球動力車移動距離的影響。
- 四、探討不同**輪子大小**對氣球動力車移動距離的影響。
- 五、探討不同粗細**噴嘴管口徑**對氣球動力車移動距離的影響。
- 六、探討不同**噴嘴管長度**對氣球動力車移動距離的影響。

參、研究設備與器材



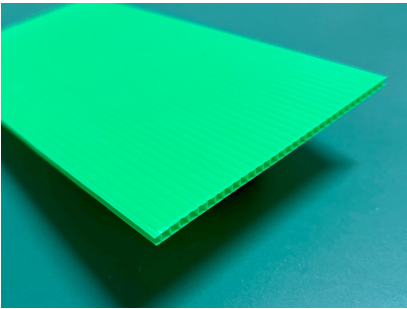
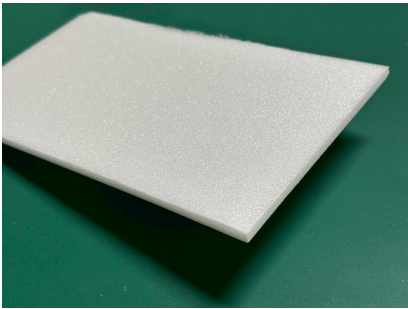
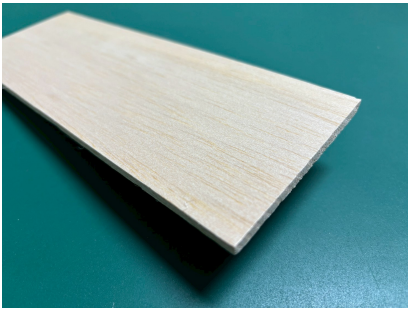
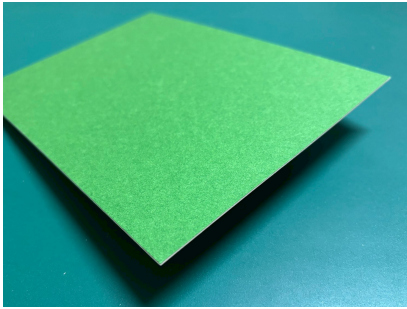
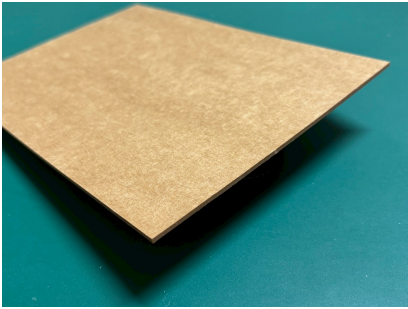
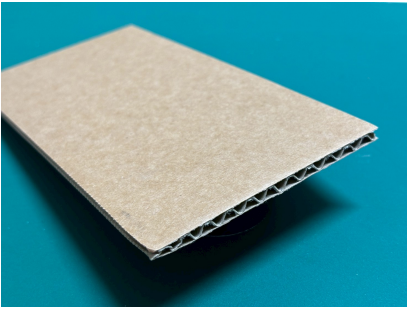
皮尺

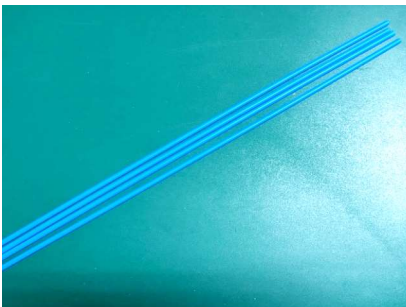
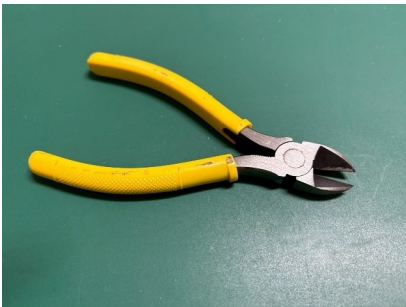
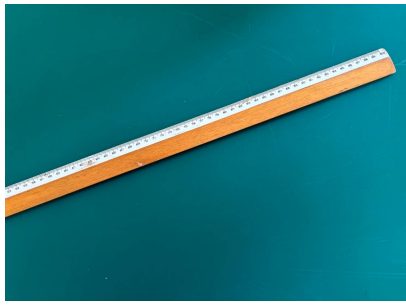


10 寸氣球



雙向打氣筒

		
PP 板	保麗龍板	飛機木
		
襯板	牛皮紙板	瓦楞紙板
		
瓶蓋	泡棉	隔音墊
		
玩具車輪	2 分透明塑膠管(噴嘴用)	2.5 分透明塑膠管(噴嘴用)
		
3 分透明塑膠管(噴嘴用)	4 分透明塑膠管(噴嘴用)	切圓器

		
吸管	氣球吸管	長竹籤
		
剪刀	斜剪鉗	美工刀
		
木柄尖錐	熱熔槍	熱熔膠條
		
鐵尺	透明膠帶	雙面膠
		
木尺	電子秤	計算機

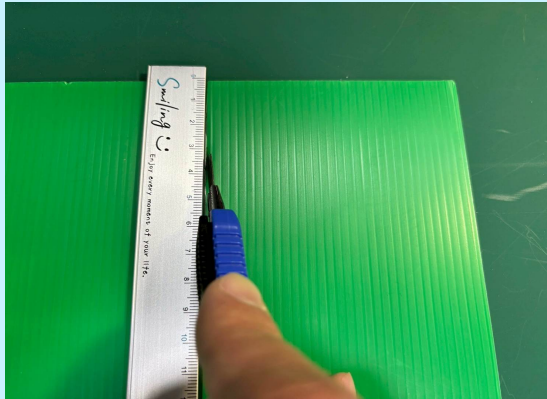
(以上照片皆為組員拍攝)

肆、研究過程與方法

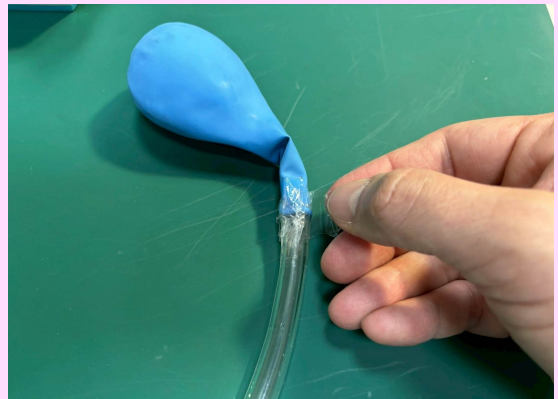
一、實驗裝置：

(一) 空氣動力車製作方法：

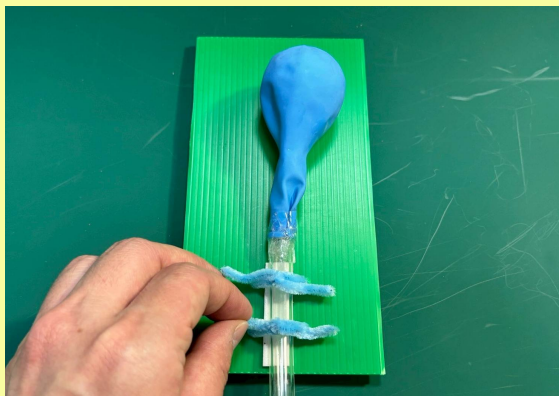
1. 車身製作：裁切寬 10 公分、長 20 公分標準規格的 PP 板作為動力車的車身主體。



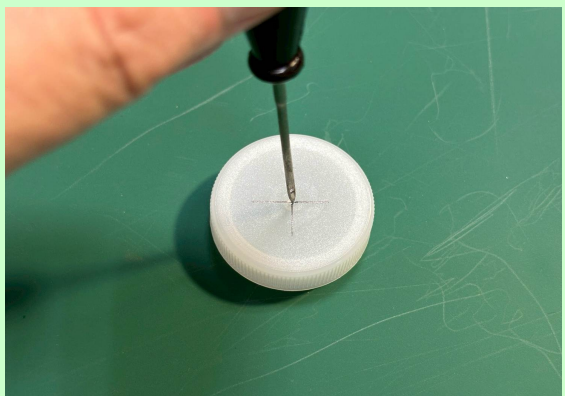
2. 氣體噴嘴組裝：將氣球套入透明塑膠管噴嘴約 1 公分處，連接處以透明膠帶纏繞緊固，確保實驗中完全不漏氣。



3. 噴嘴固定方式：將噴嘴以泡棉膠帶水平黏貼在車身中心線後方，並以毛根穿過 PP 板固定於車身上。



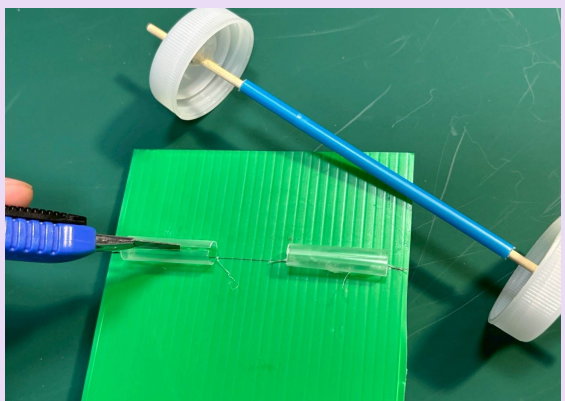
4. 輪子材料準備：運用生活周遭直徑 4 公分的瓶蓋當作輪子，或使用切圓器裁切不同材質的輪子組件。



5. 車輪組構造：在輪子中心鑽孔後插入竹籤作為車軸，並套入細的氣球吸管作為內部軸承，確保轉動順暢。

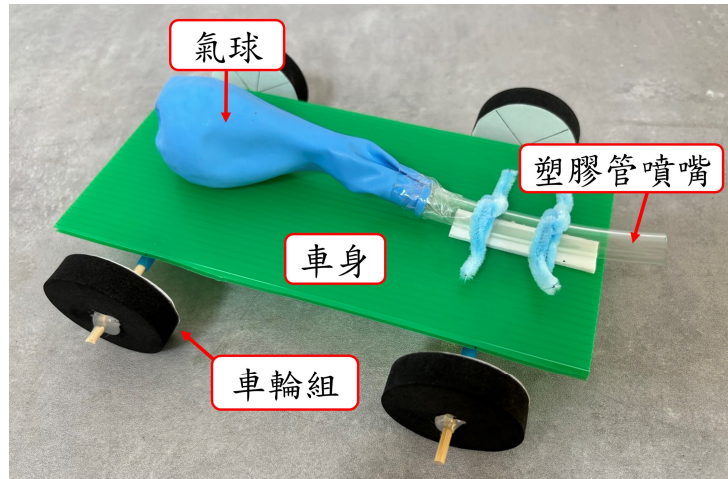


6. 可拆卸軸承設計：將透明粗吸管裁切後固定於車頭及車尾作為外部軸承，並將粗吸管割開，以便更換不同輪組。



(以上照片皆為組員拍攝)

（二）氣球動力車各部位名稱：



（以上照片皆為組員拍攝）

（三）氣球動力車移動測量方式：

實驗地點在圖書館，裡面有寬廣的空間讓車子移動，木紋貼皮地板能減少地面不平整對數據的影響。除了操縱變因改變的項目外，基本實驗步驟如下：

1. **噴嘴與氣球組裝**：將氣球套在選定的塑膠管噴嘴上（實驗初期固定為2.5分管），用透明膠帶纏緊確保完全不漏氣，並將噴嘴水平固定於車身後方。
2. **起點定位準備**：在木紋地板上標記起點線位置，以確保每次出發位置一致。
3. **動力充填與控制**：使用雙向打氣筒對氣球進行充氣，我們以「打氣次數」作為能量基準（如固定打氣10次），以確保每次實驗的動力能量一致。
4. **釋放動力與測量**：充氣後，用手捏住氣球與塑膠噴嘴管連接處，以防止空氣外洩，將車頭對齊起點線後，鬆手讓氣體噴射帶動小車前進，待完全停止後，用皮尺精確測量「起點線」至「車頭」的垂直距離並記錄數據。
5. **重複實驗與數據平均**：為了減少人為操作或環境偶發因素造成的誤差，每項變因實驗我們都進行5次重複測試，並算出平均值，製作成圖表。



車頭對齊起點線



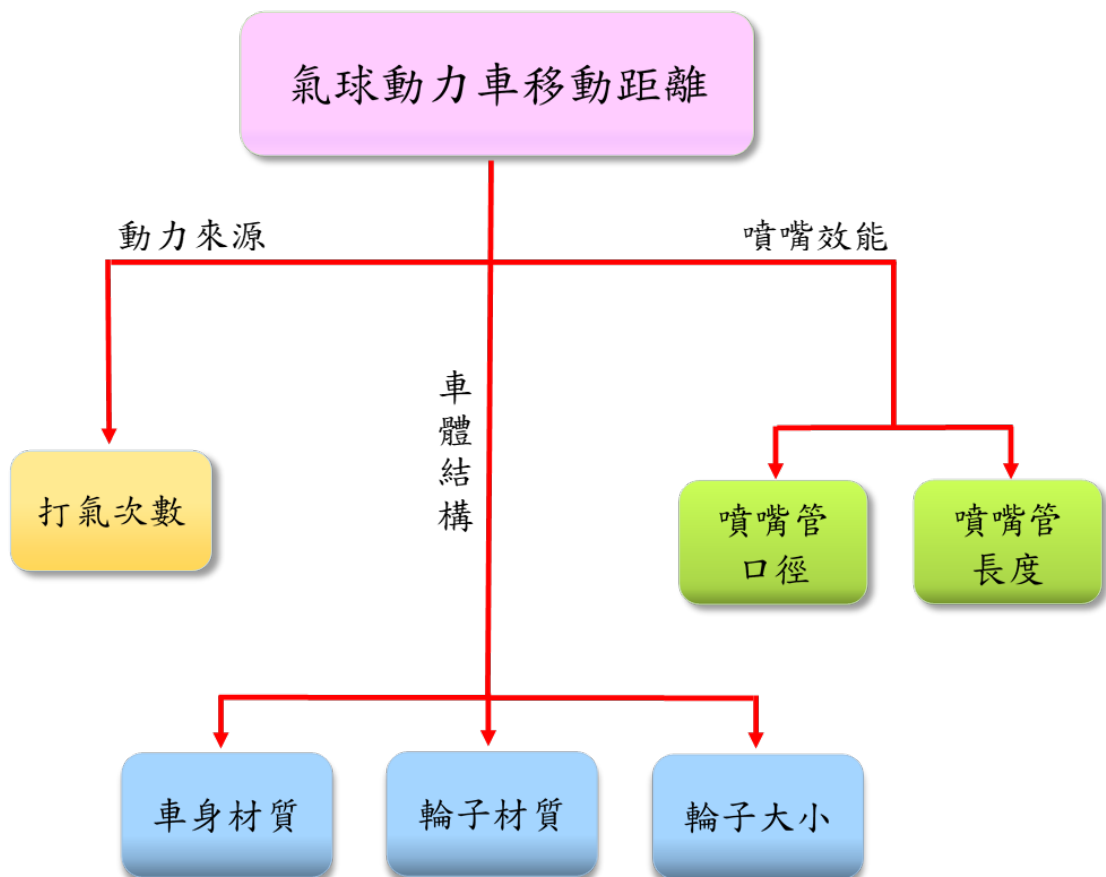
測量車子移動距離

（以上照片皆為組員拍攝）

(四) 研究流程：

本實驗將氣球動力車的研究分為三個主要變項：「動力來源」、「車體結構」及「噴嘴效能」。

1. 動力來源：氣球動力車的推力源自氣球充氣後的彈性收縮力，我們透過「打氣次數」的控制來調整氣球的初始動能。
2. 車體結構：我們涵蓋了車身材質、輪子材質與輪子大小三個變項。為了精確控制實驗變因，**我們捨棄形狀與重量不一的立體容器，改用規格與重量較為一致的紙板作為基準車身，以排除不規則形狀產生的風阻干擾。**透過這些變項的調整，進而分析車重、抓地效能及啟動推力如何共同影響推動效率與移動距離。
3. 噴嘴效能：透過改變「噴嘴管口徑」與「噴嘴管長度」兩大變項，探討氣體噴射時的爆發力與管壁摩擦阻力之間的消長關係。



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：

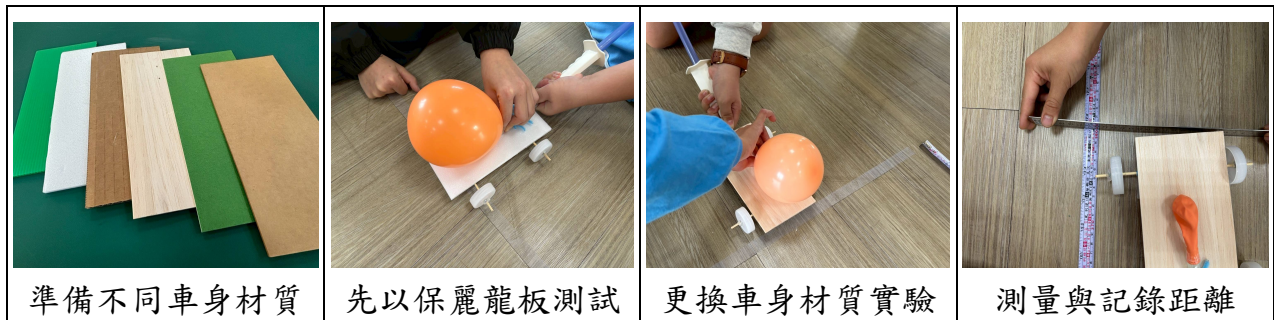
研究一：不同身車材質對氣球動力車移動距離的影響？

我們知道氣球動力車是利用氣球充氣後，透過噴嘴噴出氣體產生的「反作用力」來帶動小車前進。為了找出不同的車身材質是否會影響小車移動的距離，我們準備了六種材質來做實驗。我們先用直徑 4 公分的瓶蓋當輪子，並且每次都統一打氣 5 次，來比較看看不同材質的車身會讓小車跑多遠。

一、實驗步驟

- (1) 我們準備了 PP 板、保麗龍板、飛機木、襯板、牛皮紙板和瓦楞紙板這六種材質，並且全部裁切成寬 10 公分、長 20 公分的標準大小。
- (2) 接著把氣球套在長 10 公分、口徑 2.5 分的塑膠管噴嘴上，用膠帶纏緊確保完全不會漏氣，然後將噴嘴水平固定在車身中間的後方。
- (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) 依序以不同材質的板材當做車身，進行量測，每一種材質都重複做五次實驗並記錄距離 (A. B. C. D. E) 取平均值。

二、實驗流程



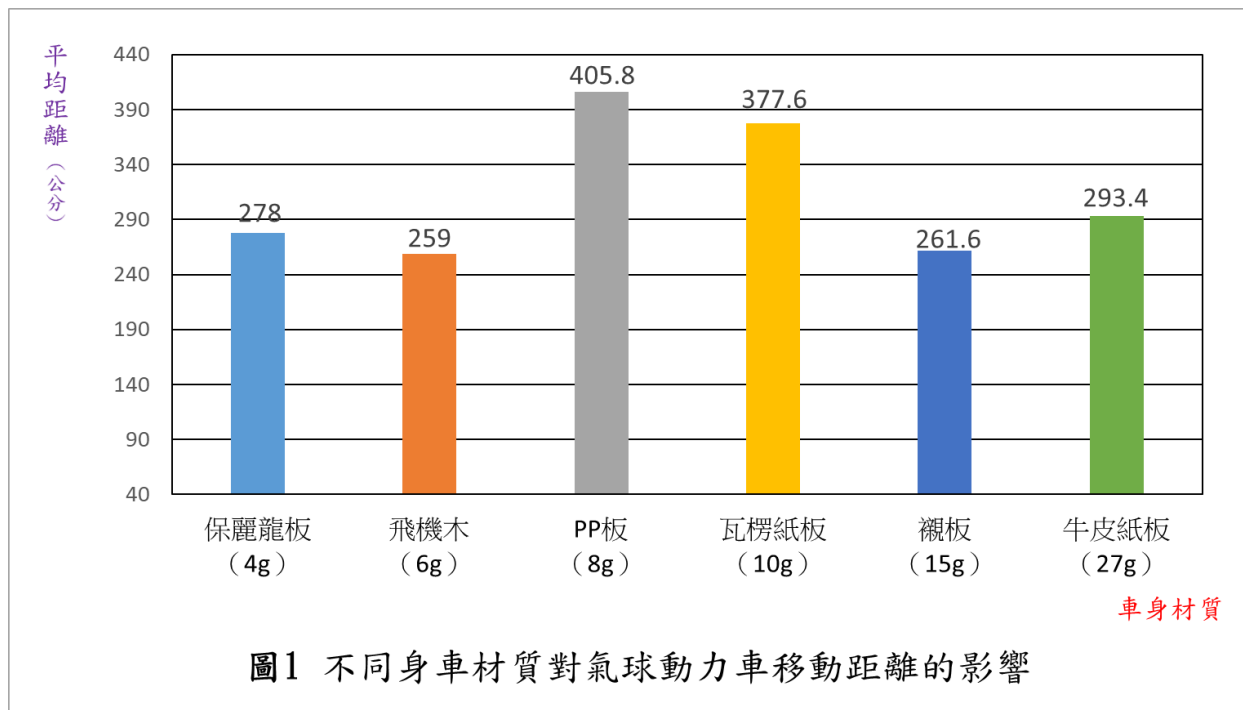
(以上照片皆為組員拍攝)

三、實驗結果

不同身車材質對氣球動力車移動距離的影響實驗結果如下：

表 1 不同身車材質對氣球動力車移動距離的影響

車身材質	A 距離	B 距離	C 距離	D 距離	E 距離	平均移動距離	排序
保麗龍板 (4g)	290	265	270	278	287	278	4
飛機木 (6g)	250	260	262	265	258	259	6
PP 板 (8g)	406	389	395	417	422	405.8	1
瓦楞紙板 (10g)	370	368	382	390	378	377.6	2
襯板 (15g)	250	265	267	256	270	261.6	5
牛皮紙板 (27g)	278	292	308	302	287	293.4	3



四、實驗結果討論

- (1) 由實驗結果表 1 可知，在固定打氣 5 次的情況下，平均移動距離最遠的是 PP 板（405.8 公分），其次是瓦楞紙板（377.6 公分），而飛機木（259 公分）與襯板（261.6 公分）的表現明顯較差。這顯示車身材質的選擇對移動距離有顯著影響。表現優異的 PP 板與瓦楞紙板均屬於輕量化的材料，能有效降低車輛啟動時所需的克服慣性阻力，使氣球噴氣產生的推力能更直接地轉化為前進的加速度。
- (2) 我們也發現到 PP 板與瓦楞紙板皆具備特殊的「中空孔洞」結構，且在實驗中，孔洞方向與車輛前進方向保持一致。這使得動力車前進時，正面空氣不只是碰撞在車體表面，部分氣流能順著縱向孔洞直接穿過車身內部。這種設計不僅縮小了車身正面的有效受風面積，更大幅減少了前進時的空氣阻力。
- (3) 反觀飛機木、襯板與牛皮紙板等屬於實心結構，當空氣流動時會完全受阻於車體前方，產生較大的「撞風阻力」。這解釋了為何即便動力來源完全相同，實心材質的行駛距離仍遠遜於具備導流特性的 PP 板。

研究二：不同打氣次數對氣球動力車移動距離的影響？

在研究一中，我們找到了最適合的車身材質，接下來我們想知道動力的大小會如何影響移動距離。氣球動力車的能量來自於氣球充氣後，因彈性收縮排氣所造成的反作用力，因此我們想透過改變「打氣次數」來觀察小車前進距離的變化。

一、實驗步驟

- (1) 固定使用表現最好的 PP 板作為車身，裁切成寬 10 公分、長 20 公分的標準大小，並搭配直徑 4 公分的瓶蓋輪子。
- (2) 使用長 10 公分、口徑 2.5 分的塑膠管噴嘴，水平固定在車身後方。
- (3) 利用打氣筒分別對氣球充氣 5 次、10 次、15 次、20 次。
- (4) 將車頭對齊起點線後放開，讓小車受氣流推動前進，等車子完全停穩後，量測車頭到起點線的距離。
- (5) 每種打氣次數各重複做五次實驗，記錄距離 (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

不同打氣次數對空氣動力車移動距離的影響實驗結果如下：

表 2 不同打氣次數對空氣動力車移動距離的影響

打氣次數	A 距離	B 距離	C 距離	D 距離	E 距離	平均移動距離	排序
5 次	406	389	395	417	422	405.8	4
10 次	595	588	610	590	608	598.2	3
15 次	744	765	770	760	756	759	2
20 次	938	950	960	944	955	949.4	1

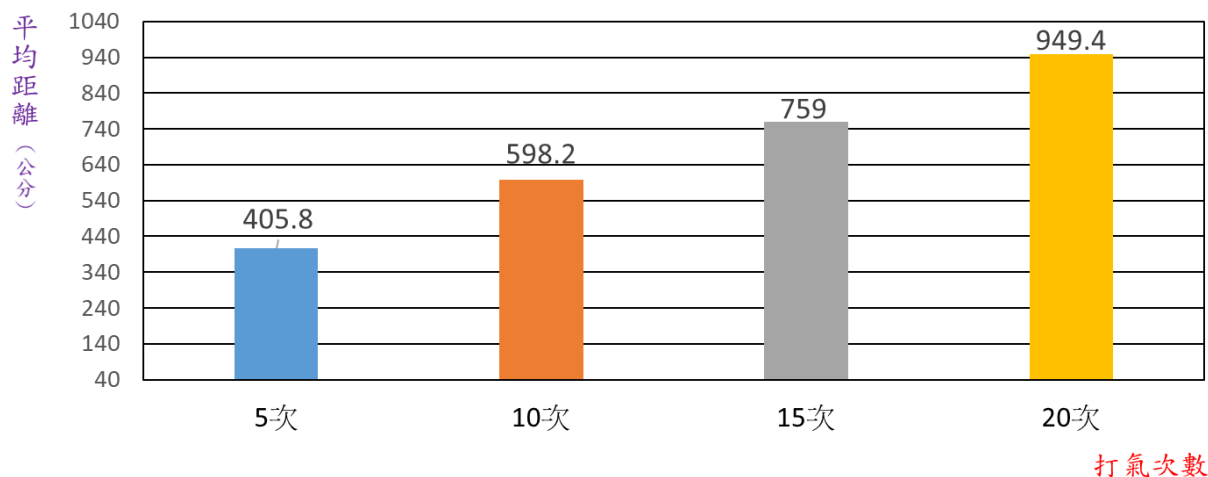


圖2 不同打氣次數對氣球動力車移動距離的影響

四、實驗結果討論

- (1) 由實驗結果表 2 可以看到，當打氣次數為 5 次時，平均移動距離是 405.8 公分。隨著打氣次數增加，移動距離也明顯穩定成長：10 次為 598.2 公分、15 次為 759 公分，到了 20 次時距離最遠，達到 949.4 公分。
- (2) 從數據圖 2 的趨勢可以發現，氣球動力車的移動距離和打氣次數呈現明顯的「正相關」關係。這代表打氣次數越多，氣球內的空氣壓力越大，噴射時產生的反作用力也就越強，讓小車獲得更多動能跑得更遠。
- (3) 在實驗過程中我們也觀察到，打氣次數達到 20 次時，雖然距離最遠，但因為噴氣力道很強，小車在出發瞬間的穩定度變得很重要。如果噴嘴稍微歪掉，車子就容易跑偏。因此，想要跑出好成績，除了增加打氣次數，噴嘴的水平固定也是成功的關鍵。

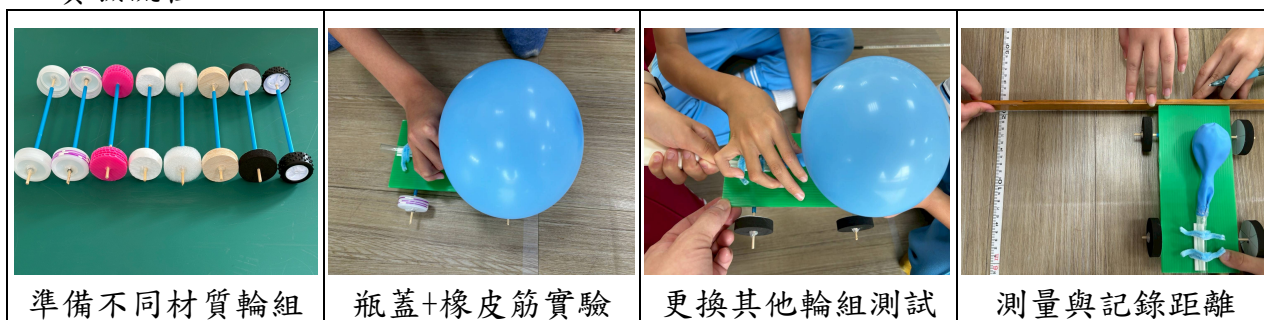
研究三：不同輪子材質對氣球動力車移動距離的影響？

在先前的實驗中，我們確定了車身材質與動力的影響，但我們發現如果輪子太滑或阻力太大，能量就沒辦法完全發揮。因此，我們想測試除了瓶蓋當做輪胎之外，生活中其他不同的材質，進而觀察摩擦力會如何影響小車跑遠的距離，以實驗三來探討不同輪子材質對氣球動力車移動距離的影響。

一、實驗步驟

- (1) 固定使用研究一中表現最好的 PP 板作為車身，搭配口徑 2.5 分、長度 10 公分的噴嘴，每次實驗均打氣 10 次。
- (2) 準備八種不同材質的輪子做成輪組：瓶蓋原件、瓶蓋+橡皮筋、PP 板、保麗龍、泡棉、飛機木、隔音墊，以及市售的玩具輪子，直徑均為 4 公分。
- (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) 依序以不同材質的輪子進行量測，並記錄其距離五次 (A. B. C. D. E) 取平均值。

二、實驗流程



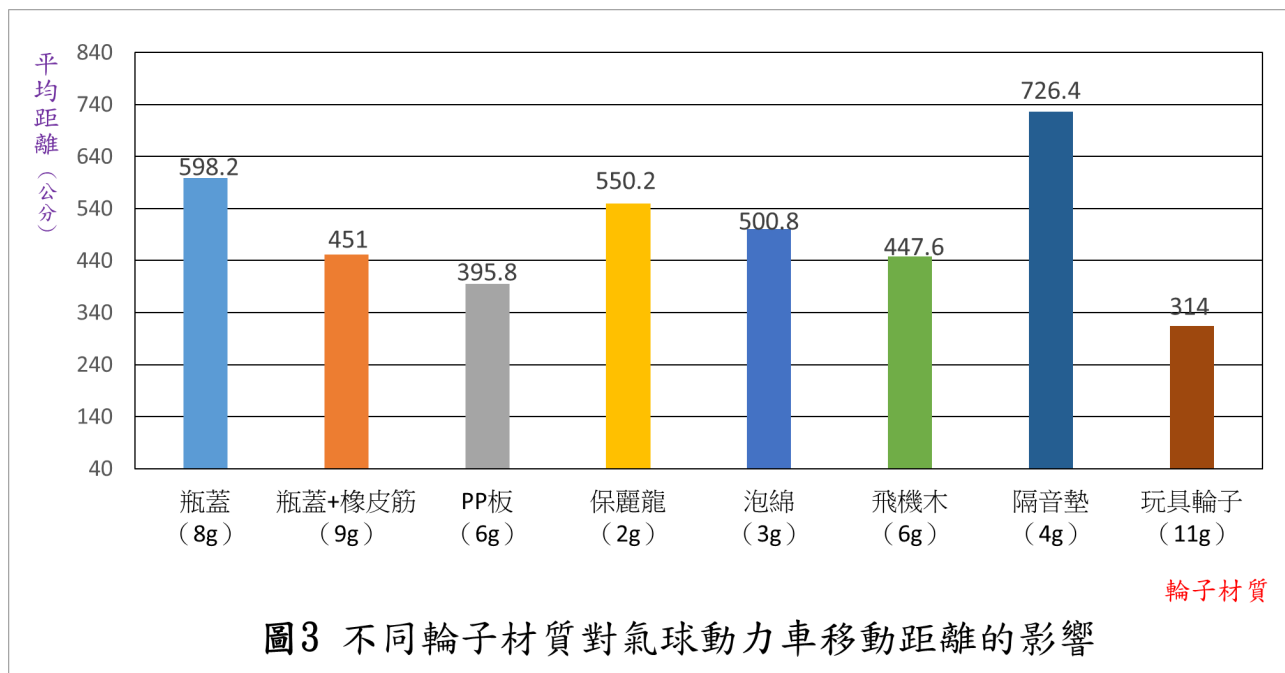
(以上照片皆為組員拍攝)

三、實驗結果

不同輪子材質對氣球動力車移動距離的影響實驗結果如下：

表 3 不同輪子材質對氣球動力車移動距離的影響

輪子材質	A 距離	B 距離	C 距離	D 距離	E 距離	平均移動距離	排序
瓶蓋 (8g/輪組)	595	588	610	590	608	598.2	2
瓶蓋+橡皮筋 (9g/輪組)	438	450	460	449	458	451	5
PP 板 (6g/輪組)	393	411	380	405	390	395.8	7
保麗龍 (2g/輪組)	553	550	545	554	549	550.2	3
泡綿 (3g/輪組)	503	489	502	511	499	500.8	4
飛機木 (6g/輪組)	436	453	447	452	450	447.6	6
隔音墊 (4g/輪組)	735	726	731	722	718	726.4	1
玩具輪子 (11g/輪組)	307	313	317	314	319	314	8



四、實驗結果討論

- (1) 由實驗結果表 3 可以發現，平均移動距離最遠的是隔音墊的輪子(726.4 公分)，排名第一；其次是瓶蓋原件的輪子 (598.2 公分)。而表現最不理想的是玩具輪子(314 公分)與 PP 板輪子(395.8 公分)。
- (2) 我們發現隔音墊雖然表面摸起來略微粗糙，但它提供了適中的抓地力，讓小車啟動時不會打滑，前進時的滾動阻力也不會太大，所以能跑出最好的成績。
- (3) 最讓我們驚訝的是市面上常見的玩具輪子，平均移動距離只有 314 公分，在所有材質中排名最後一位。我們推測市售玩具車的輪子可能因為重量過重(11g)以及結構設計不佳（輪子表面有許多突起物），導致表現不如預期。
- (4) 我們發現如果在瓶蓋上套上橡皮筋，移動距離會從 598.2 公分縮短至 451 公分，顯示過多的摩擦力反而會變成前進的阻力，拖慢了小車的速度。因此，這也可以證明輪子材質需要同時兼顧「不打滑」與「好滾動」這兩個特點。

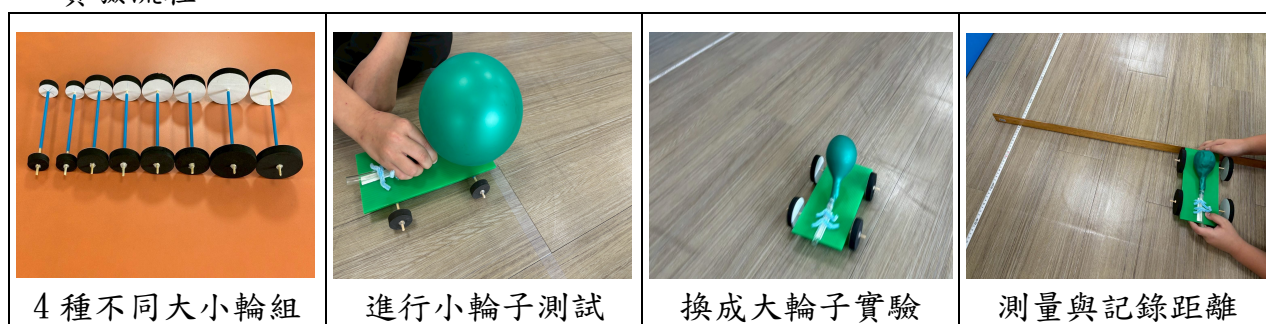
研究四：不同輪子大小對氣球動力車移動距離的影響？

在決定輪胎材質後，我們接著想知道輪子的「直徑大小」會不會也是影響距離的關鍵。在本次實驗中，我們選用研究三表現最好的「隔音墊」作為材質，除了現成的圓形墊片外，我們也使用切圓器裁切出不同直徑的圓，並在圓心鑽孔，以熱熔槍固定在長竹籤車軸上，製作不同大小的車輪組。輪子大小是否會影響移動距離呢？以實驗四來探討不同輪子大小對氣球動力車移動距離的影響。

一、實驗步驟

- (1) 固定使用研究一中表現最好的 PP 板作為車身，搭配口徑 2.5 分、長度 10 公分的噴嘴，每次實驗均打氣 10 次。
- (2) 準備隔音墊材質，四種不同直徑大小的輪子，分別是：直徑 3 公分、直徑 4 公分、直徑 5 公分，以及直徑 6.5 公分。
- (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) 依序以不同大小的輪子進行量測，並記錄其距離五次 (A. B. C. D. E) 取平均值。

二、實驗流程



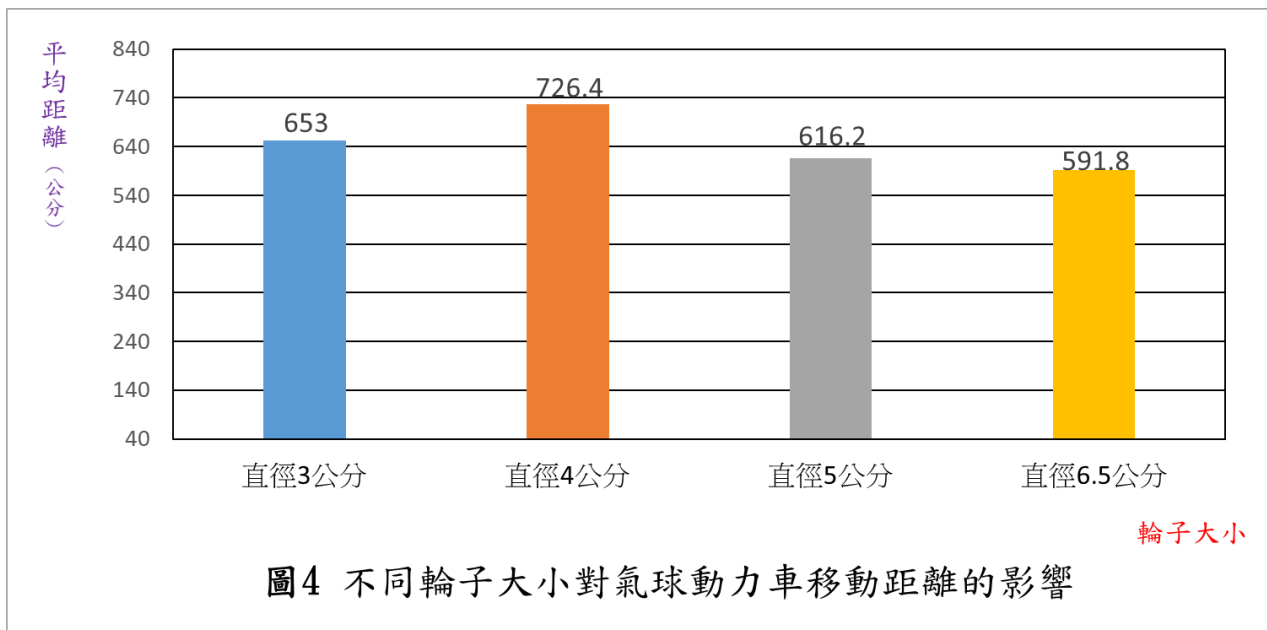
(以上照片皆為組員拍攝)

三、實驗結果

不同輪子大小對氣球動力車移動距離的影響實驗結果如下：

表 4 不同輪子大小對氣球動力車移動距離的影響

車輪大小	A 距離	B 距離	C 距離	D 距離	E 距離	平均移動距離	排序
直徑 3 公分	650	642	661	652	660	653	2
直徑 4 公分	735	726	731	722	718	726.4	1
直徑 5 公分	615	620	606	622	618	616.2	3
直徑 6.5 公分	602	583	590	604	580	591.8	4



四、實驗結果討論

- (1) 由實驗結果表4可以發現，移動最遠的是直徑4公分的輪子，平均移動距離達到726.4公分，排名第一。其次是直徑3公分的輪子（653公分），而直徑6.5公分的大輪子移動距離的卻最短，平均只有591.8公分。
- (2) 結果顯示，輪子並非越大就越好，雖然大輪子轉一圈走的距離比較長，但因為直徑6.5公分的輪子比較重，車子起步時，氣球噴氣對車子的推力相對不足，導致小車起步比較困難，移動距離相對較近。
- (3) 表現最佳的直徑4公分輪子與長度20公分的動力車，兩者的比例約是1：5，這個比例能讓車身保持穩定，達到「起步省力」與「轉動距離」之間的平衡，同時確保輪子有足夠的推動效率，是我們研究出的最佳黃金比例。

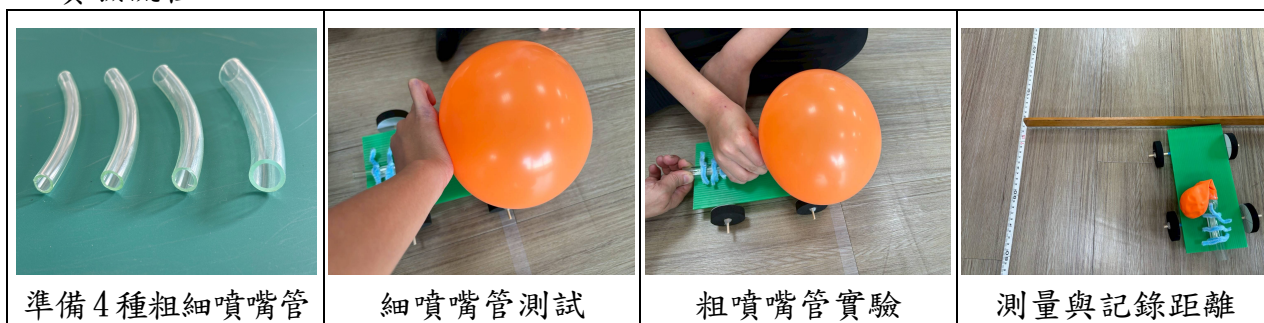
研究五：不同粗細噴嘴管口徑對氣球動力車移動距離的影響？

在決定了車身和輪胎的最佳組合後，我們接著想研究「噴嘴口徑」對動力的影響。我們想知道，噴嘴管的粗細會如何改變氣體噴出的速度與力量，進而影響車子移動的距離嗎？以實驗五來探討不同粗細塑膠噴嘴管口徑對氣球動力車移動距離的影響。

一、實驗步驟

- (1) 固定使用 PP 板車身，以及研究四中表現最好的直徑 4 公分隔音墊當輪子，每次實驗均打氣 10 次。
- (2) 準備四種不同口徑（粗細）的塑膠管當作噴嘴，分別是：2 分、2.5 分、3 分、4 分，長度均固定為 10 公分。
- (3) 將氣球套在不同口徑的塑膠噴嘴管上，用膠帶纏緊確保完全不漏氣，再水平固定在車身中間的後方。
- (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。
- (5) 依序以不同大小的輪子進行量測，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

不同粗細噴嘴管口徑對氣球動力車移動距離的影響實驗結果如下：

表 5 不同粗細噴嘴管口徑對氣球動力車移動距離的影響

噴嘴管口徑	A 距離	B 距離	C 距離	D 距離	E 距離	平均移動距離	排序
2 分	653	664	670	662	650	659.8	3
2.5 分	735	726	731	722	718	726.4	2
3 分	788	780	792	783	762	781	1
4 分	672	658	646	650	652	655.6	4

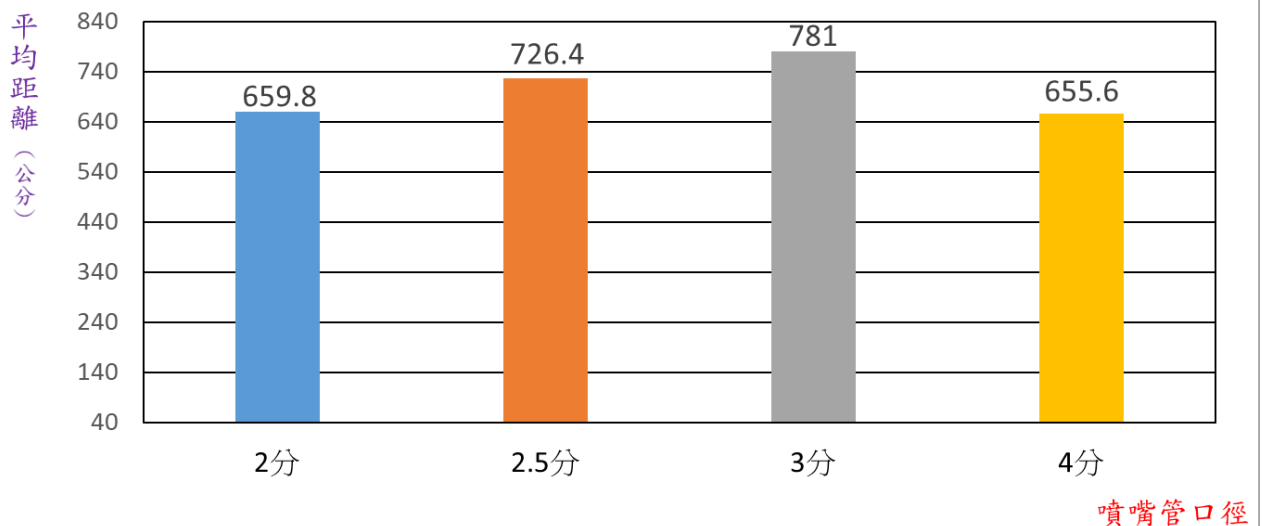


圖5 不同粗細噴嘴管口徑對氣球動力車移動距離的影響

四、實驗結果討論

- (1) 根據實驗結果表5顯示，平均移動距離最遠的是3分口徑的噴嘴，可達到781公分，排名第一；其次是2.5分口徑（726.4公分）。而4分口徑（655.6公分）與2分口徑（659.8公分）的表現則相對較差。
- (2) 我們發現，當噴嘴口徑過大（如4分管）時，雖然噴射瞬間的力量很大，車子初期衝得很快，但氣球內的氣體會太快噴完，導致後勁不足；而口徑太小（如2分管）時，氣體噴出的流量太小，產生的反作用力不夠大，難以維持長距離的推進。
- (3) 根據實驗結果，3分口徑的噴嘴在「噴氣力道」與「噴氣時間」之間達到了最好的平衡點。它能提供足夠強的推力讓小車起步，同時也能維持較長的噴氣時間，讓小車跑出最遠的距離。

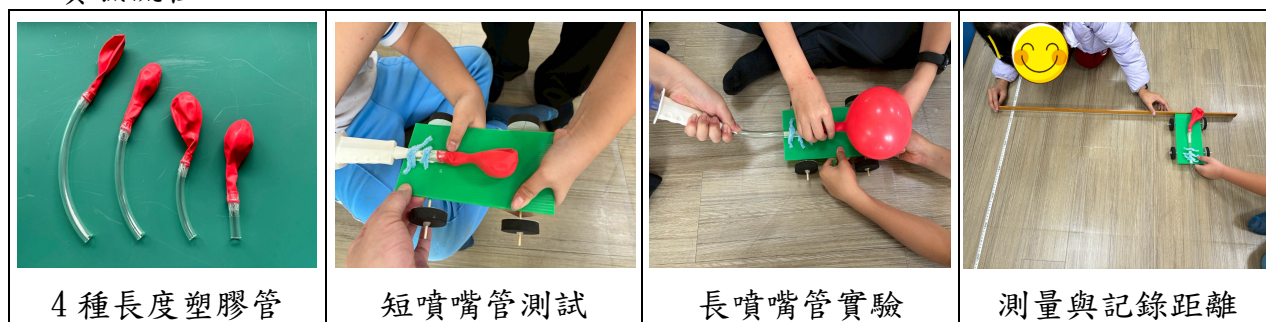
研究六：不同噴嘴管長度對氣球動力車移動距離的影響？

在決定了塑膠管噴嘴的最佳口徑後，最後一個變因就是噴嘴管的「長度」。我們想測試看看，噴嘴管的長短是否會影響氣流輸出的效率，進而影響車子移動的距離呢？以實驗六來探討不同噴嘴管長度對氣球動力車移動距離的影響。

一、實驗步驟

- (1) 固定使用 PP 板車身、直徑 4 公分隔音墊輪子，並選用研究五中表現最好的 3 分口徑塑膠管。
- (2) 準備四種不同長度的塑膠管當作噴嘴：分別是 5 公分、10 公分、15 公分，以及 20 公分。
- (3) 每次實驗均打氣 10 次，將不同長度的噴嘴水平固定在車身後方，並確保氣球連接處完全密封。
- (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。
- (5) 依序以不同大小的輪子進行量測，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

不同噴嘴管長度對氣球動力車移動距離的影響實驗結果如下：

表 6 不同噴嘴管長度對氣球動力車移動距離的影響

噴嘴管長度	A 距離	B 距離	C 距離	D 距離	E 距離	平均移動距離	排序
5 公分	883	871	905	885	891	887	1
10 公分	788	780	792	783	762	781	2
15 公分	665	648	675	655	660	660.6	3
20 公分	446	450	474	452	463	457	4

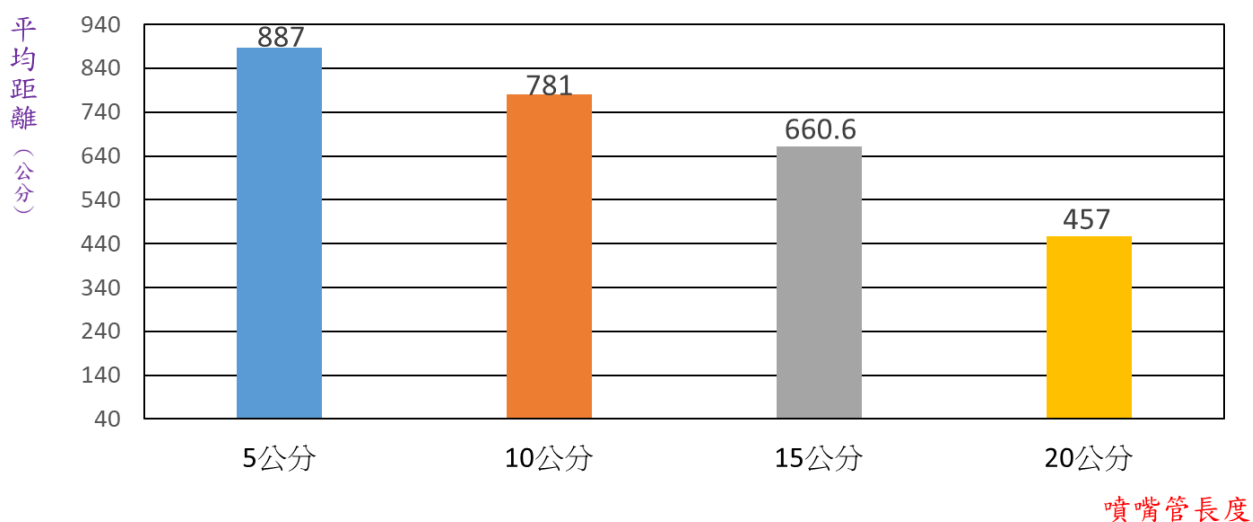


圖6 不同噴嘴管長度對氣球動力車移動距離的影響

四、實驗結果討論

- (1) 由實驗結果表 6 可以明顯看到，平均移動距離最遠的是 5 公分的短噴嘴管，達到 887 公分。數據顯示出一個非常明確的趨勢：隨著管子長度增加，移動距離就越短。10 公分為 781 公分、15 公分為 660.6 公分，到了 20 公分的長管，距離大幅縮短到只剩 457 公分。
- (2) 我們推論，這是因為氣體在較長的管子裡流動時，與管壁接觸的面積較大，會產生較大的「摩擦阻力」。管子越長，能量在噴出之前就被抵消得越多。相反的，5 公分的短管能讓氣體以最快的速度、最直接的方式噴向車子後方，產生最強的反作用力。因此，在製作氣球動力車時，噴嘴應該在能固定氣球的前提下，盡量選擇「短管」才能跑得最遠。

伍、結論

一、探討不同車身材質對氣球動力車移動距離的影響。

- (一) 氣球動力車身材質為 PP 板時的移動距離最遠，其次是瓦楞紙板。
- (二) 表現優異的車身多具備「輕量化」特徵。特別是 PP 板與瓦楞紙板具備中空結構，若孔洞方向與前進方向一致，能產生「縱向導流」效果並減少撞風阻力，進而將氣球的反作用力發揮至極致，大幅提升行駛距離。

二、探討不同打氣次數對氣球動力車移動距離的影響。

- (一) 氣球動力車的移動距離與打氣次數成正比，打氣次數越多，氣球累積的儲存動能越大，噴射氣流的推力與時間也隨之增加。
- (二) 當打氣次數從 5 次增加至 20 次時，平均移動距離由 405.8 公分顯著提升至 949.4 公分，證明動力大小是影響距離最直接的因素。

三、探討不同輪子材質對氣球動力車移動距離的影響。

- (一) 輪子材質以隔音墊表現最佳，其平均移動距離達到 726.4 公分，優於瓶蓋的 598.2 公分，其關鍵在於隔音墊輪能提供適中抓地力使起步不打滑，且滾動阻力小，達成最佳平衡。
- (二) 市售玩具輪子因重量過重及結構不佳導致移動距離最短，而瓶蓋套上橡皮筋後，因摩擦力過大導致位移縮短，因此，優質輪胎需兼顧「不打滑」與「低滾動阻力」的特性。

四、探討不同輪子大小對氣球動力車移動距離的影響。

- (一) 實驗證實直徑 4 公分的輪子移動最遠，平均達 726.4 公分，而輪子並非越大越好，6.5 公分的大輪子因重量較重，導致起步推力不足，位移反而最短。
- (二) 當輪徑與車長為 1:5 的比例時，最能平衡「起步省力」與「轉動效率」，是兼顧車身穩定與推進效能的最佳組合。

五、探討不同粗細噴嘴管口徑對氣球動力車移動距離的影響。

- (一) 噴嘴口徑影響噴氣效率，實驗發現 3 分口徑表現最好，平均移動距離達 781 公分。
- (二) 口徑較大的 4 分管雖然噴氣力道強但持續時間短，而較細的 2 分管則是噴氣推力不足，3 分管在爆發力與續航力之間取得了最佳平衡。

六、探討不同噴嘴管長度對氣球動力車移動距離的影響。

- (一) 塑膠管長度與移動距離成反比，長度最短的 5 公分噴嘴表現最佳，移動距離可達 887 公分之遠。
- (二) 當管子增長至 20 公分時，平均距離則縮短至 457 公分，可見氣體在管內流動時會產生管壁摩擦力，管子越長，抵消掉的反作用力就越多。

總結研究發現，在車身結構上，選用具備縱向導流孔洞的輕量化 PP 板，搭配 4 公分直徑的隔音墊輪子，使其與 20 公分車身達成 1:5 的黃金比例，能兼具「低風阻」、「不打滑」與「低滾動阻力」的優勢，能在有限的推力下達到最佳的轉換效率。在噴嘴設計上，採用 3 分口徑搭配 5 公分短管，能有效平衡爆發力與續航力，並將氣體與管壁的摩擦損耗降至最低。經過這些變項的不斷改良，在同樣打氣 10 次的基準下，移動距離已從研究二的 598.2 公分顯著進步到研究六的 887 公分。這項研究成果不僅讓自製的氣球動力車移動距離穩定增加，更遠遠超越了當初購買的市售氣球動力車，發揮最佳的推進實力。

綜上所述，當「輕量導流車身、短管噴嘴、黃金比例隔音墊輪」等三大要素組合齊備時，再加上打氣所能提供的最大動能，便能將氣球噴氣的反作用力發揮至極致，讓小車展現「氣」勢如虹的奔馳效能，創造出最遠移動距離的表現哦！

陸、未來研究方向

氣球動力車的移動距離明顯受到「打氣次數」、「噴嘴口徑與長度」、「輪子材質與大小」以及「車身材質」等的影響。而在本次實驗中，空氣動力車的車身雖然嘗試了不同材質，但都是以相同規格的標準尺寸（寬10公分、長20公分）來製作。未來可以再針對動力車做不一樣的改變，例如：不同車子大小（長短或寬窄）、不同車體外型（如流線型或方正型），或是測試不同車身重量的配置，如前重後輕或前輕後重...等，多方面測試車子本身結構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4個輪子改成3個或6個等，或是結合更多複合材質的輪胎，甚至嘗試不同的軸承設計（減少車軸與車身的摩擦力），以觀察對氣球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、更穩定的終極方法喔！

柒、參考資料

一、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>。

二、全國中小學科展第 56 屆(2016)・「翼」「氣」用「試」—氣球直升機的起起落落・

取自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/56/pdf/080112.pdf>。

三、全國中小學科展第 64 屆(2024)・衝吧！究極針筒空氣動力車・取自

https://science.cyc.edu.tw/upfile/sciencel01/work_files/12262770009854.pdf。

四、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>。

五、作用力與反作用力-氣球車設計・取自

<https://blog.lotusfa.com/%E4%BD%9C%E7%94%A8%E5%8A%9B%E8%88%87%E5%8F%8D%E4%BD%9C%E7%94%A8%E5%8A%9B%E6%B0%A3%E7%90%83%E8%BB%8A%E8%A8%AD%E8%A8%88/>