

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

081515

小小吸管飛越大操場—動力吹箭的研究

學校名稱：桃園縣桃園市文山國民小學

作者： 小四 盧冠臻 小四 陳宇翰 小四 徐品元 小四 謝杰儒 小四 劉晏伶 小四 魏廷軒	指導老師： 陳藝華 李玉鳳
---	-------------------------

關鍵詞：吹箭、牛頓定律、發射架

小小吸管飛越大操場--動力吹箭的研究

壹、摘要：

我們原本只是想要做一個好玩的吹箭玩具，可是在製作過程中發現，要做一個吹得又遠又準的吹箭還真不太容易！於是幾個對吹箭有興趣的同學便一起找老師指導研究。

首先，我們決定要用日常生活可拿到的東西來作材料。其次，我們上網收集有關吹箭的原理、製作、應用、歷史等等的資料。在大家的討論中，逐漸想出了「三種不同版本的吹箭」。在實驗的過程中，我們在快樂的氣氛中親身體驗了「牛頓的運動定律」，成功的使「小小吸管飛越大操場」，也產生了一首詩：

動力吹箭

動手學牛頓 力求快穩準 吹出一道氣 箭穿百步椿

貳、研究動機：我們為什麼要研究吹箭呢？

去年寒假，媽媽帶我和妹妹去馬來西亞玩，在民俗村看到當地的土著使用吹箭當武器。行程中也有安排讓我們嘗試看看，非常好玩！當時我就對吹箭有著莫大的興趣。在這學期的科學營課程中，教授到有關「吹箭」的活動，才知道「吹箭」居然包含了牛頓三大運動定律。在這一次的科展實驗中，老師給我們用粗吸管作組合式的吹箭，可是，我發現中間拼起來的地方總是很容易就鬆掉；所以，我想使用一體成型的方式，例如在養魚的時候會用到的長管子也可以拿來作箭筒，還有，如果要瞄得準確的話，管子一定要加長，再用一支粗吸管作為箭身，頭部不要太尖，如果想要知道箭射在哪裡的話，可以，在箭頭的地方黏一個吸盤，這樣子也許可以射得更準，所以我覺得可以試試看。不過我一直想要讓我的吹箭射得很遠，我想除了很用力的吹之外，一定有方法可以讓它射得更遠，一定要和我的夥伴再討論討論，所以我決定央求老師指導我們，如何讓吹箭射得更遠更準。

參、研究目的

在討論及資料收集的過程中，我們讓箭吹得更快更遠，於是我們將吹箭分成三種不同的版本來研究，由易而難，逐步進行我們的實驗。

一、遊戲版

吹箭遊戲有趣又好玩，不但做法簡單，材料也容易取得。以前拿來用作獵殺動物的危險工具，製作成爲一種安全又有趣的玩具，達到娛樂的目的。

二、健身版

吹箭運動的好處很多，不但能強身健體，還能活躍腦細胞，促進血液循環。尤其在箭射中箭靶時的愉悅感，也能達到消除工作壓力的作用。在日本，吹箭運動曾經是男女老少都熱衷的運動，連一些想減肥的年輕人也對吹箭運動青睞不已。既然這項運動好處多多，值得我們對它深入研究一番。

三、動力版

爲了讓吹箭更具爆發力，可先把空氣儲存起來，再一瞬間爆發，以增強吹箭的距離和速度。這樣就可以研究出另一種比嘴巴吹還要更遠更快的吹箭了。動力吹箭的研究，可使吹箭的應用範圍更廣泛了。

肆、研究設備及器材

- 一、**遊戲版**：小吸管、大吸管、棉花棒、海綿、膠帶。
- 二、**健身版**：4分透明塑膠管(長90公分)、小吸盤、小吸管、靶、迴紋針、膠帶、塑膠透明片、積木、呼吸管嘴。
- 三、**動力版**：打氣筒、球針、寶特瓶(1250ml及2000ml各一)、3分pvc管一段、4分pvc管一段、4分橡膠管一段、3分水管球閥一個、多孔木條2條、帶鎖木塊4塊、門絞鏈一組、3分透明塑膠管(長90公分2枝)4分透明塑膠管(長90公分2枝)、橡膠管夾(2個)、滴管、黏土、棉花棒(3吋長)、海棉、膠帶、針尖保護套(2.5ml之針筒)、塑膠透明片、量角器、長捲尺。

伍、研究過程、結果及發現

一、理論根據

吹箭乃是藉著吹氣推動箭矢從吹管中射出。它所根據的是牛頓三大運動定律。

第一定律：慣性定律（我行我素） 物體所受的合力等於零，則物體靜者恆靜；動者恆動，維持原來狀態。

第二定律：運動定律（威力加速） 物體所受的合力不等於零，則物體會承受加速度。合力等於加速度與慣性質量的乘積。

第三定律：反作用力定律（以牙還牙） 若甲物體對乙物體施力，則必同時產生一個乙對甲的反作用力，此二力大小相等，方向相反。

力量=質量×加速度

$$\text{力量} = \text{質量} \times \frac{\text{速度差}}{\text{時間差}} \quad \left(\text{因為加速度} = \frac{\text{速度差}}{\text{時間差}} \right)$$

力量×時間差=質量×速度差

$$\text{速度差} = \frac{\text{力量} \times \text{時間差}}{\text{質量}}$$

因此，吹箭要吹得遠，離開吹管的速度就要快，速度要快就必須

(一)用的力量要大：用力吹或用打氣筒

(二)加速時間要久：加長吹管

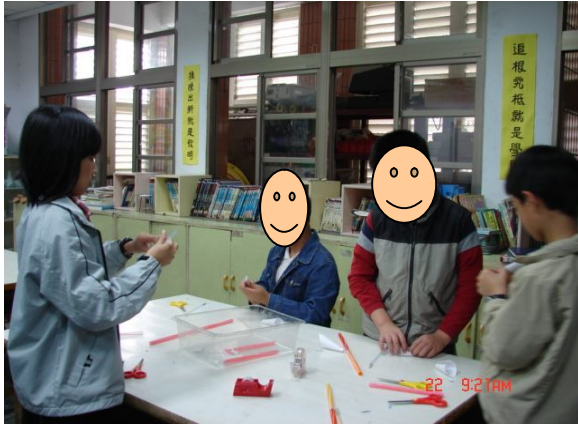
(三)箭矢重量要輕：用吸管

另外，我們還發現箭矢的重心以及發射的角度，還有箭矢和吹管是否密合也大大影響飛行的距離和準度。

二、製作原則、過程及目的

(一)遊戲版：主要是給小朋友玩的，安全又不會受傷。

1. 箭筒製作過程：以一根口徑略小的大吸管為中央管，兩端分別接上一根口徑略大的大吸管。



※ 目的：可以伸縮以方便攜帶 而且不易變形。



2. 箭矢製作過程：用一根吸管，前面塞進棉花，旁邊加上兩根迴紋針，然後再用膠帶固定。接著用一張正方形的塑膠透明片，把它摺成甜筒狀，插在吸管的後面，再用膠帶黏起來。然後把箭矢插到箭筒裡，輕輕壓一下，再把露出來的那一部份剪掉。

※目的：

- (1) 為甚麼前面要加棉花呢？因為這是遊戲版，射到人不會痛，所以前面才要加棉花。
- (2) 為甚麼要放兩個迴紋針呢？因為要使重心在前，如果重心位置在後就飛不遠。



拉長前



拉長後

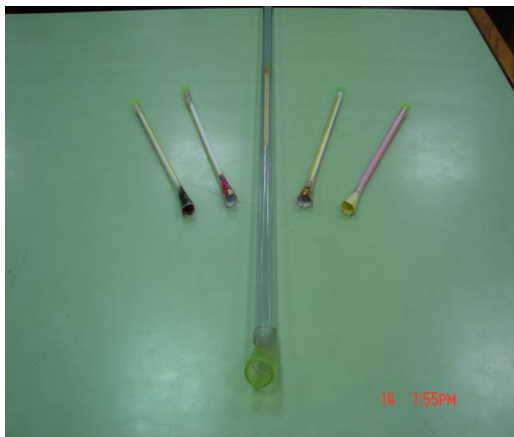
(二)健身版：主要是用黏黏球做的，練習瞄準度和肺活量。

1.管子是一體成形，不再用吸管了。



※目的：因為用吸管做的會凹凸不平，不小心就會折到，而且吹久了會漏氣呢！

3. 健身版箭矢製作過程：



先將喝養樂多的細吸管，插到拔下來的黏黏球裡〈有個小洞〉再拿出一支粗一點的吸管〈最好是麥當勞的吸管〉把它套在細吸管的外面，然後套到黏黏球〈黏巴達球〉的地方時，用兩個迴紋針套在中型吸管内，再用膠帶固定〈和黏黏球〉，接著和遊戲版一樣。

※目的：(1) 用黏黏球做是因為可以黏在靶上，做成競賽用的哦！

(2) 因為箭吹久了後面的紙會濕掉，所以才改用塑膠透明片



3.吹箭運動的技巧：

吹箭運動很簡單，基本動作只須 5 個步驟：

- (1) 雙腳打開面向箭靶站立
- (2) 將箭裝入吹箭筒
- (3) 擺好吹箭姿勢
- (4) 一口氣將箭筒的箭吹向靶
- (5) 在吐氣的同時把吹箭放下



快點趕工，等會兒就可以比比誰比較厲害了！



我們在教室做吹箭的練習。



不錯叻！快射近紅心了！



這些都是我們練習的過程，瞧！大家多認真！

(三)動力版：主要是利用高壓空氣把箭送出去

1、發射架之製作：

- (1)用門鉸鏈鎖定兩條有孔木板
- (2)將壓條置於中間並鑽孔再用螺絲固定〈便於置入吹管〉
- (3)將帶螺絲栓之木塊聯結並用橡皮筋綁住
- (4)將木塊置於木板中並量測角度



發射架的材料



鎖定木板



固定壓條



聯結木塊



量取角度



標定角度

2、儲氣瓶之製作

(1)選取 1250ml 及 2000ml 寶特瓶各一

個，並在底部鑽一小孔。

(2)貼上水族箱之液晶溫度計貼片

〈便於觀察溫度變化〉。

(3)插入球針並用 AB 膠固定

〈便於打氣〉。



3、發射控制器之製作

(1)將 4 分 PVC 塑膠管一端磨去一些

，以便塞入儲氣瓶，另一端則塞

入瓦斯管一段，在接縫處用 AB

膠黏合以免漏氣。

(2)將瓦斯管接在瓦斯控制閥上，並用

2 個鎂環箍緊以免脫落。

(3)將控制閥接上一段 4 分 PVC 塑膠管。



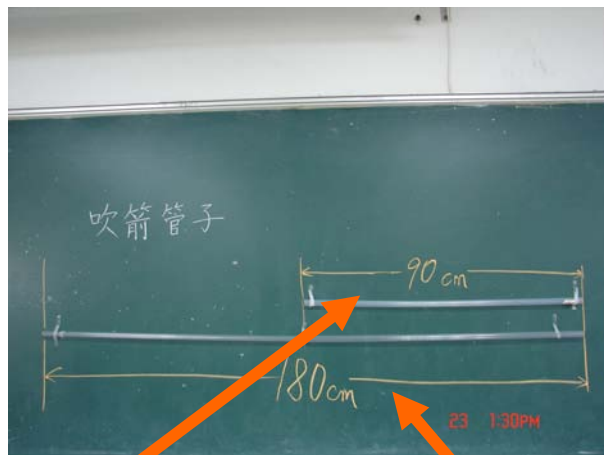
4、吹箭之製作

- (1)將滴管密閉端剪去 1.5 公分，並將針尖保護套塞入其中。
- (2)搓揉紙黏土呈長條狀後放入滴管保護套內，並用小奇異筆端壓實至上端 1 公分處。〈目的：使重心在前〉。
- (3)剪下泡綿一段〈5 公分*3 公分*0.5 公分〉，對折包住 3 吋棉花棒之棉花端，再用膠帶在下緣處包緊。〈目的：避免傷人〉。
- (4)將泡綿、棉花棒塞入滴管保護套內並用膠帶固定。
- (5)將〈4〉之作品置入中型吸管内並用膠帶固定。
- (6)將透明片甜桶黏合在中型吸管底端並用膠帶固定。
- (7)置入吹管，並用奇異筆標線。用剪刀沿線標線剪除。



5、吹管之製作

- (1) 將水族箱透明管接上一段 4 分 PVC 塑膠管
〈方便連接於發射器〉。
- (2) 可將兩截吹管連接成加長型吹管。



單截長度

雙截加長

讓我們來看一根小小吸管飛越大操場的盛況



器材準備



測試吹箭



放氣時，吹管口可看到白霧



發射時，戴上太陽眼鏡，保護眼睛。



原始版發射架



改良後重新設計後的發射架



為避免發射以及大風吹動時的晃動，影響測量時數據的準確性，以裝水之寶特瓶固定發射架。



對齊跑道線



良好測量角度，固定發射管。



量測距離



標定距離

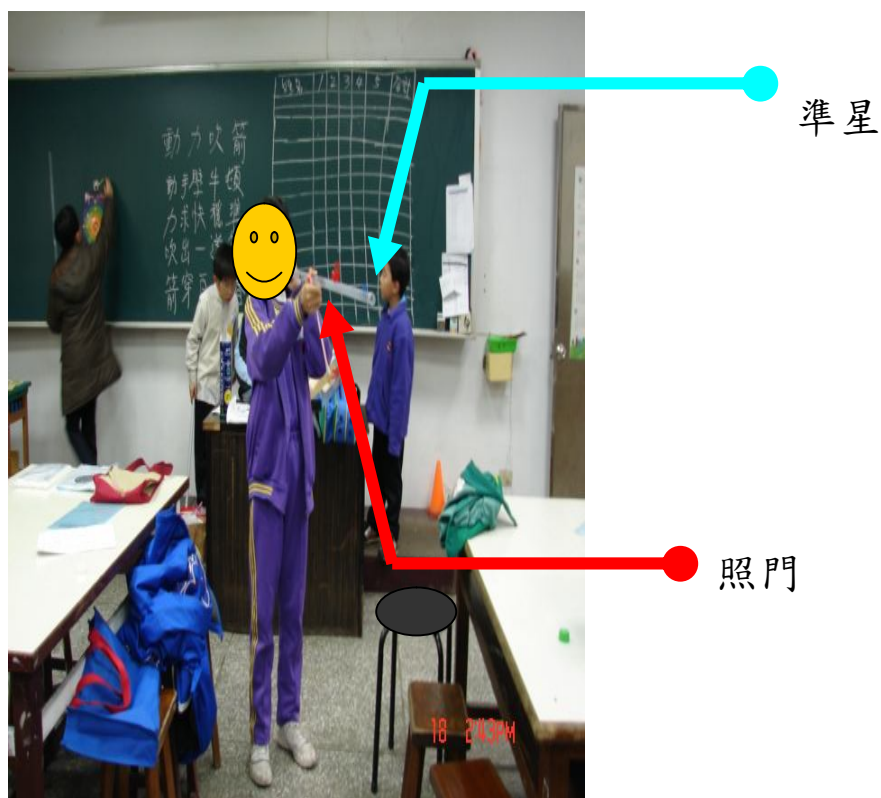
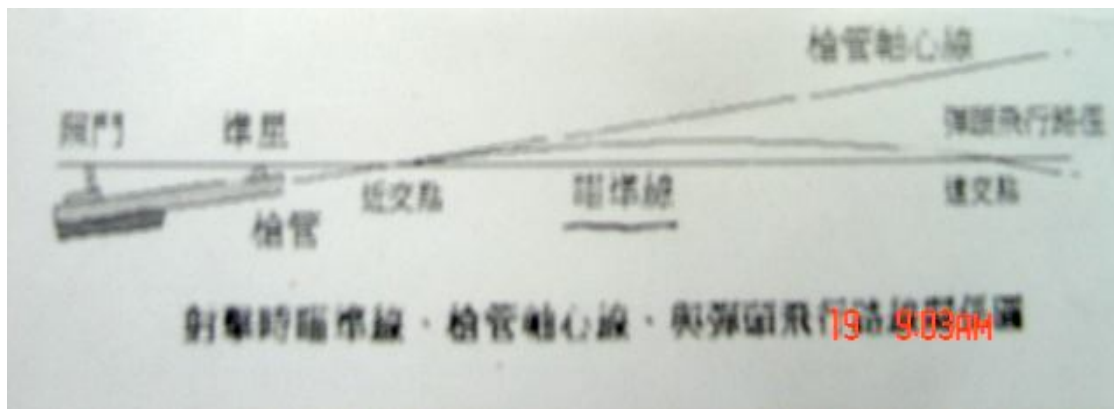


觀測吹箭降落的落點

三、遊戲版之結果與發現：

利用吸管製作，再用嘴巴吹氣產生動力，使箭飛出，簡單、安全又有趣。

四、健身版之結果與發現：



我用小積木做成準星和照門來瞄準。

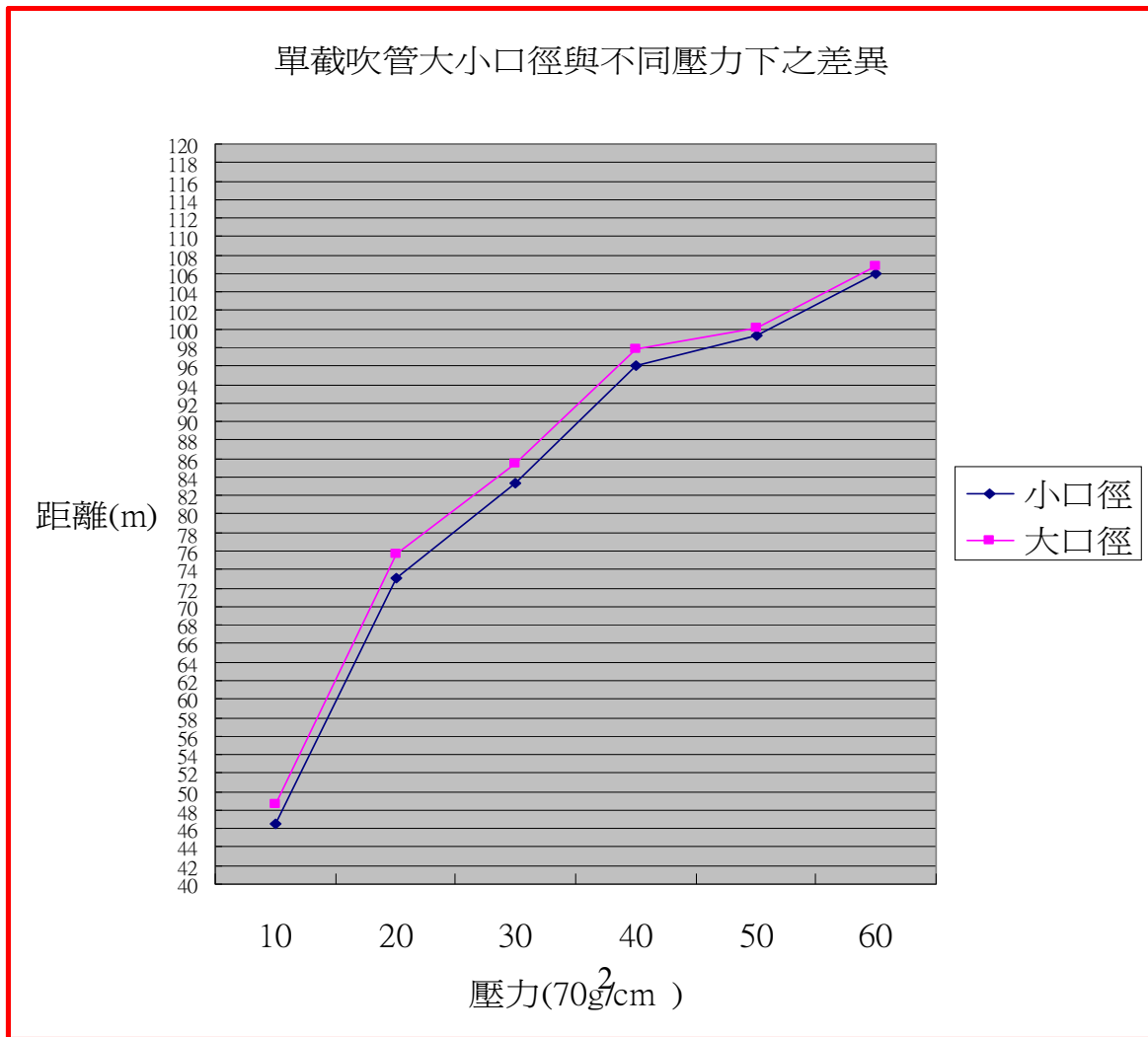
- (一) 呼吸管吹嘴可方便瞬時用力，透明管可改善奶茶吸管不平滑易變形的問題，因此飛行距離明顯增加
- (二) 按著描準線原理用小積木做成準星和照門，的確可提高準度。此外，按照吹箭的基本動作而保持身體的平衡也會大大影響準度

五、動力版之結果與發現：

(一) 結果

1、單截、45°角、小容量(1250ml)

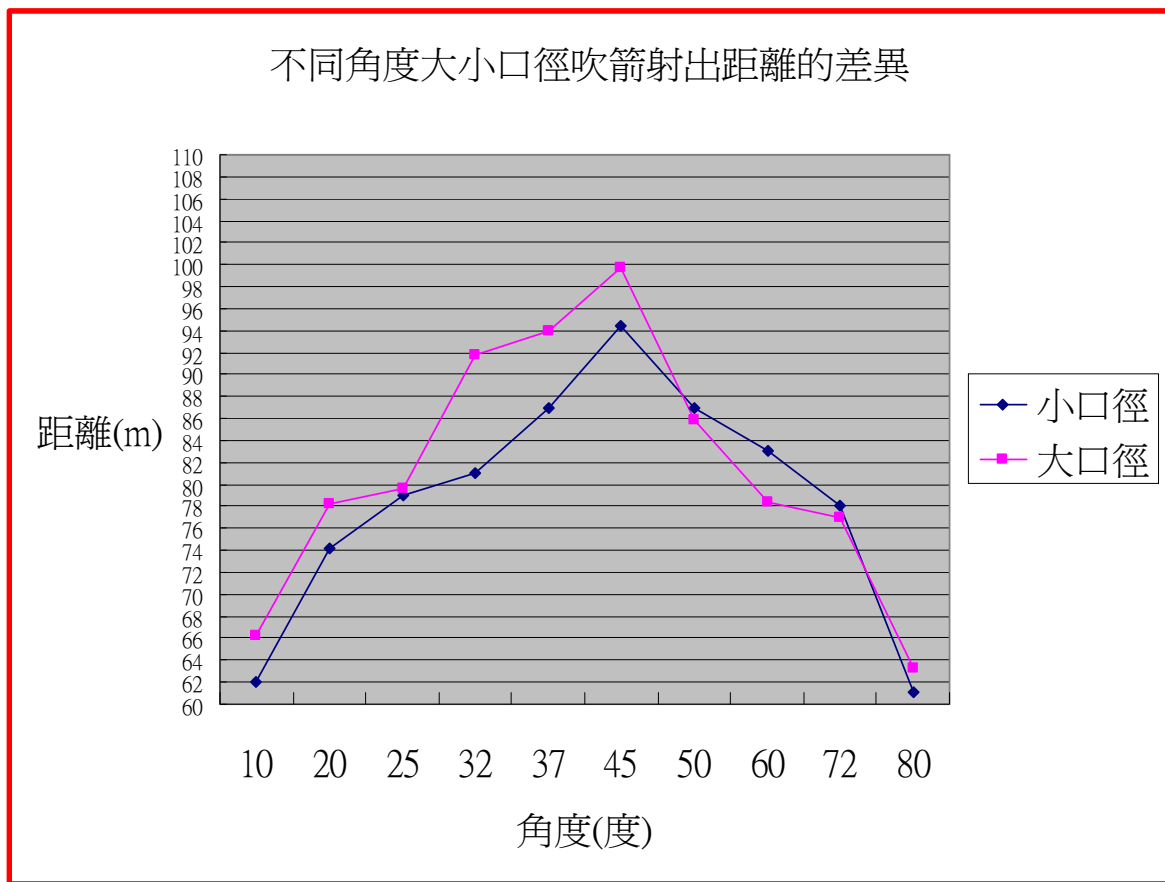
壓力 距離 (m) 口徑	10	20	30	40	50	60
小	46.5	73.0	83.4	96.0	99.3	106.0
大	48.6	75.7	85.5	97.8	100.2	106.8



【結果】：在容量、角度、長度、口徑相同下，壓力越大，吹箭飛行距離越遠，而且口徑大者飛得較遠。

2 單截、小容量、固定壓力 (40 單位，每單位 70g/c m³)

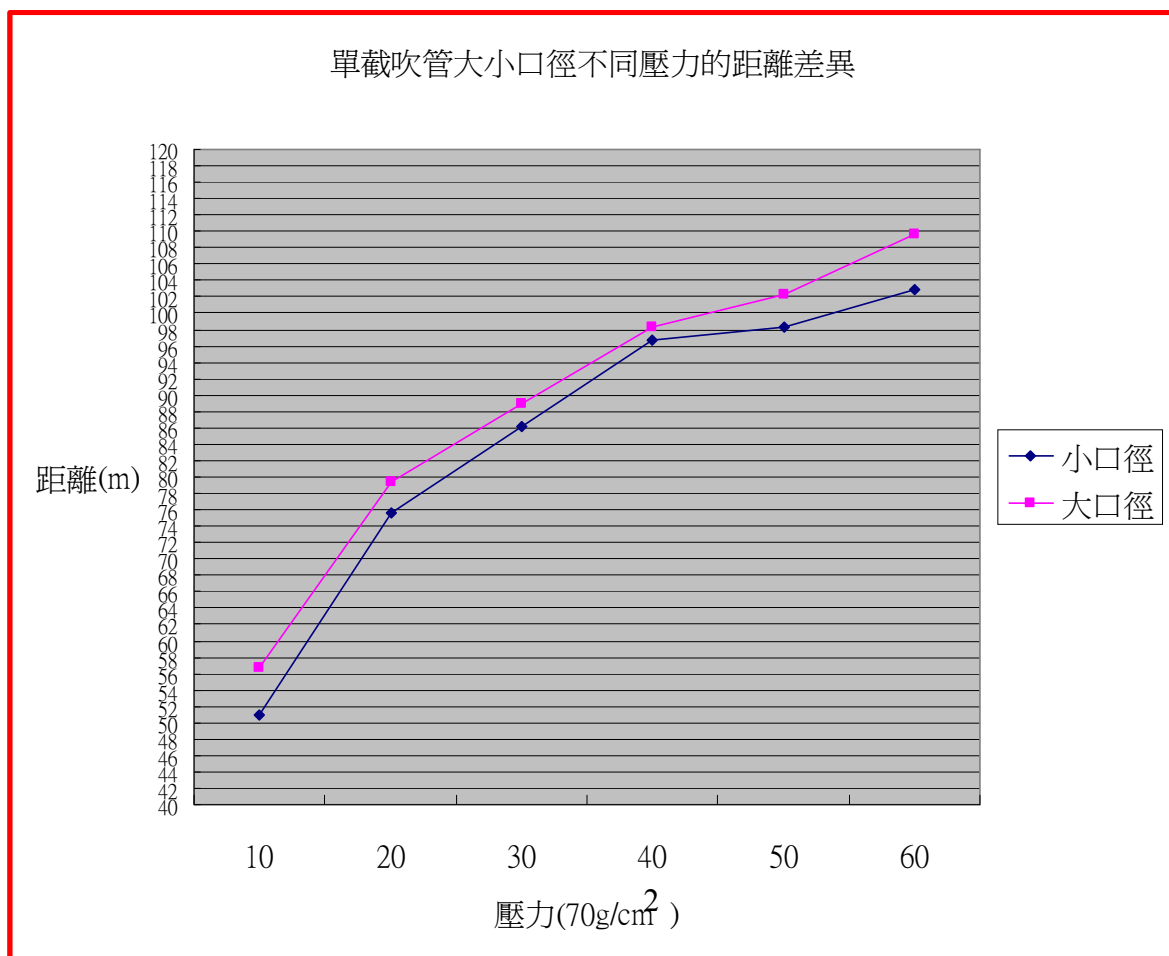
角度 距離 (m) 口徑	角度										
	10	20	25	32	37	45	50	60	72	80	
小	62.0	74.2	79.0	81.0	86.9	94.4	87.0	83.0	78.1	61.1	
大	66.3	78.3	79.6	91.7	94.0	99.7	85.9	78.4	77.0	63.3	



【結果】 角度越高，飛行的距離不一定越遠。在 45 度角時，吹箭可能飛得最遠。(因為我們只有測量 10 個特定角度，並沒有 1 度 1 度的量測)。

3 單截、45°角、大容量 (2000ml)

口徑 \ 距離 (m)	壓力					
	10	20	30	40	50	60
小	50.9	75.6	86.2	96.8	98.4	102.8
大	56.8	79.4	88.9	98.4	102.3	109.7



【結果】 在角度、長度、容量 (2000ml) 相同下，大口徑的吹箭，總是比小口徑的吹箭，飛得較遠。

4 (A) **雙截**、45°角、

固定壓力(40單位，每單位 70g/c m³)

口徑 距離 (m)	容量	
	小 (1250ml)	大 (2000ml)
小	100.8	105.6
大	106.4	115.1

(B) **單截**、45°角、

固定壓力(40單位，每單位 70g/c m³)

口徑 距離 (m)	容量	
	小 (1250ml)	大 (2000ml)
小	96.0	96.8
大	97.8	98.4

【結果】比較(A)(B)兩表，可看出加長吹管飛行距離明顯增加。另外在單截(短型)時，必須壓力提高至50或60單位以上，才能有雙截(長型)壓力40單位的距離，因此，加長吹管的效果似乎比加壓的效果明顯。

(二) 發現

- 1 打氣時，儲氣寶特瓶的溫度會升高(因為：氣體受壓時會放熱)；放氣時，儲氣寶特瓶的溫度會下降(因為：氣體絕熱膨脹時會吸熱)。
- 2 在較大壓力下(50單位以上)，放時，吹管前端溫度下降導致水蒸汽凝結成白霧。(如右圖)
- 3 發射角度較小時(20度以下)吹箭向前衝得很快，同時也很早著地；角度較大時(72度以上)吹箭飛得很高且很晚著地，但是飛得不遠。
- 4 吹箭飛行高度可達20公尺(約7層樓)。
- 5 吹箭很輕並不會飛得很遠，反而飛得很近。



白霧

陸、討論

一、結果的解釋

(一) 在健身版中，因為加裝了瞄準器而有了參考點，命中率有明顯提升。但是，因為每次的吹力都不盡相同，所以無法箭箭命中紅心。

(二) 因為：力量 = 壓力 × 面積 而且 力量 × 時間差 = 質量 × 速度差

所以得到：壓力 × 面積 × 時間差 = 質量 × 速度差

設定發射時間是 0，則時間差成爲加速時間；速度差成爲發射速度；面積就是口徑。

所以上面的式子變成：**壓力 × 口徑 × 加速時間 = 質量 × 發射速度**

如果吹箭的重量一定，則吹箭飛行的距離就會受到 5 個因素的影響。

1、壓力 2、口徑 3、吹氣速度和吹氣量 4、吹管長度 5、發射角度。

前三者決定力量的大小，吹管長度影響加速時間，發射角度影響水平速度和著地時間。

(三) 太輕的吹箭飛不遠是因為：發射速度固然很快，但是，因為空氣的阻力，吹箭很快就達到終端速度以致無法持續加速而很快墜落地面。

二、問題與解決

(一) 實驗過程中，風力是無法控制的因素，而且影響很大。在結果(二)高角度時，飛行距離不規則的變化很可能是受到較高之處較大的風力的影響。因此，實驗時要選擇無風的日子或是在四周有擋風的運動場較好。若能在室內體育場(如：桃園巨蛋)更好。

(二) 發射過程中，放氣速度的快慢也會影響飛行距離的遠近。若能改裝成紅外線遙控感應控制系統，實驗結果會更準確。

(三) 發射過程中，發射架易移動，導致吹箭偏斜。因此，要加強固定或是偏移超過一個跑道的寬度就不算數。

(四) 尾翼的密合度要適當。太鬆，會漏氣；太緊，摩擦力太大，兩種情形都會大大減少飛行距離。因此，修剪尾翼要先標線並小心剪裁。還要經過試射並同時觀察吹箭的穩定性。密合度適當並且穩定性佳的吹箭才可使用。

(五) 吹箭本身的顏色會影響觀察，所以深色或藍天的互補色(紅色或橘色)的吸管比較容易追蹤以便更準確判斷落點。

三、可能的應用

- (一) 健身版的吹箭可用於室內比賽和健身。只要在一般教室，就可以像射飛鏢比賽一樣，用分數比高下，實在方便又好玩。另外，箭要吹得既遠又準，就需要練習腹式呼吸並且要集中精神。如此一來，對於心肺功能和手眼協調大有幫助；說不定對注意力缺失的小朋友也會有幫助呢！
- (二) 動力版的吹箭除了運動量更大（因為要用力打氣並走更多路）之外，還可用來觀察並驗證拋體運動。或許，在沒有拋繩槍的緊急情況下，可以當作近距離克難拋繩槍使用。
- (三) 動力版吹箭的製作和操作也讓我們進一步實際理解印度空氣動力車的原理、優點和限制。

柒、結論

- 一、吹箭可以是一種古老的打獵方法，也可以是一種現代的麻醉槍、空氣槍。吹箭可以是靜音軍事武器，也可以是老少咸宜的運動。本研究中的遊戲版吹箭適合幼稚園和國小低、中年級的小朋友；健身版則適合國小中、高年級以上的中朋友；動力版則較適合國小高年級以上的大朋友。
- 二、根據動力版的結果，大致上與牛頓第二運動定律的預測是相符合的。壓力大、口徑大、出氣量大則力量大，吹箭飛得較遠。但是，越後面增加的距離越不明顯。
- 三、發射的角度與飛行距離大致上也符合拋物線的樣子，不過大角度時，誤差頗大，這可能是風力的影響或是吹箭接近終端速度所造成。
- 四、箭矢本身的重心和重量對飛行距離的影響很大。重心在前端 1/4 處的效果很不錯，可用紙黏土調整重心並避免箭身過輕，因為過輕的箭反而飛不遠。
- 五、在打氣、放氣時可以觀察到溫度明顯的上升和下降。
- 六、動力版吹箭和水火箭看起來很像，但是，仍有不同。雖然兩者都有用到加壓氣體也都遵守動量守恆原理，但是，水火箭主要是應用反作用力原理（牛頓第三運動定律），而動力版吹箭主要是應用力與運動原理（牛頓第二運動定律）。
- 七、除了科學社團的吹箭活動課程之外，在學校自然與生活科技領域【牛頓版】的課程中，第四冊第三單元---空氣的祕密，其中有個活動是「風的遊戲—氣球火箭」，在這單元中的教學活動，是先將氣球打滿氣，再把氣球黏在吸管，接著，由繩子穿過吸管，最後，吹嘴背對氣球前進方向，放掉裝滿氣的氣球，只見氣球沒命快速的往前衝，宛如火箭一般，是個同學們愛玩又好玩的遊戲！從遊戲中可以發現，空氣儲存愈多，在無任何實驗誤差下，氣球跑得愈快愈遠。依此小結論，可推論出吹箭射程的遠近，與氣球火箭相似，只是用力方式不同，故動力吹箭的研究過程與結果，可做為本單元教學之延伸教材，並在自然與生活科技領域上大力推廣，增進同學們的研究興趣。

八、過程之中有同學提議既然吹箭是一種古老的狩獵工具之一，何不做一個吹箭袋，於是我們廢物利用，將成員爸爸棄置已久的釣具袋，在老師及熱心義工爸爸的協助下，完成我們獨一無二的吹箭袋！可以放滿我們所有的實驗工具喔！器物的再次循環使用也是減「碳」護地球具體行動。



九、在實驗的過程中，我們找了許多的相關資料，無意中在坊間出售教材目錄中，發現國外竟然有和我們這次科展實驗器材，雷同且銷售的發射筒。仔細翻閱之後，發現它的售價為新台幣 3500 元，而我們自製的發射架僅需新台幣 500 元，除了價格實惠，令我們欣喜之外，我們還發現我們的發射架，可以調整發射角度，從中可探究角度與發射距離的關連性，更富趣味，且具教育性。



十、老師常說：創意不是無中生有，發明常是為了解決生活中的不便，不要將「發明與研究」視為畏途。經過一次一次的實驗及改進，我們終於做出「小小吸管飛越大操場」的吹箭，所以這次吹箭的研究過程更讓我體會到，當初因為一個想要讓吸管飛得更遠更準的夢想，透過老師們的指導竟可以有如此精采的過程，看到這次作品報告書中的張張照片、字字句句，我們好開心；其實過程中有許多的失敗及挫折。但這次的活動讓我們深刻體會到「堅持」的果實果然是甜美的。最後深深感謝老師們的帶領及指導，以及幕後默默支援付出的愛心爸爸及媽媽。

捌、參考資料及其他

一、圖書資料

- * 玩科學祕笈 蕭次融 初版 台北市 遠哲科學教育基金會 2000 年
- * 圖解生活物理世界 小暮陽三 初版 台北縣 世茂 1998 年
- * 台北縣 46 屆國民中小學科學展覽會 自然科 國小組 作品名稱—滴水不漏
- * 物理及數位教學實驗儀器目錄 (2006-2009 版) 國揚儀器股份有限公司 p.113-p191

二、網站資料

- * 吹箭的原理 街頭物理講義 <http://www.whjh.tc.edu.tw>
- * 科學遊戲實例之二~吹箭 <http://www2.chps.tcc.edu.tw/natu/t7.htm>
- * 吹箭的構造與使用 行政院農業委員特有生物研究保育中心資料庫
<http://nature.tesri.gov.tw/internet/projshow>
- * 吹箭運動 <http://www.pe.ntut.edu.tw/sport//.php>
- * 吹箭運動的基本動作 <http://www.japanresearch.org.tw/yoko-137.asp>
- * 城市獵人 遠哲科學教育基金會 競賽項目
- * 拋體運動之原理 <http://tw.knowledge.yahoo.com/>
- * 空氣砲親子篇 2002/10/21, 物理教學藝術與教具研究, 實驗室, 物理系, 國立高雄師範大學
<http://www.nknu.edu.tw/~adept/street/89a/0.4htm>

【評語】 081515

很有趣，推廣本實驗可以增加肺活量有益國民健康。

同學的參與度高昂，且頗具趣味。

演練流暢及說明清晰，建議應用生活化加強可能會更好。