

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

第三名

080119

「威」力？「浮」力？「球」球，你告訴我！

學校名稱：臺中市私立明道普霖斯頓國民小學

作者：	指導老師：
小五 莊曜璋	許森裕
小五 賴品翰	王懋勳
小五 林芝羽	
小五 劉洧綸	
小五 徐仲毅	
小五 周暉珉	

關鍵詞：威浮球、對流孔、風洞

「威」力？「浮」力？「球」球，你告訴我！

摘要

本研究主要探討為何『威浮球』能輕鬆投出變化球。我們實際買了兩顆來試投，發現怎麼投都沒有網路影片上面誇大的變化。因此自製彈力發射器、輪轉發球機與乒乓威浮球來進行實驗與測試，瞭解對流孔擺放方向與球行進路線有何關聯？結果發現對流孔的大小、數量、位置、對流孔發射位置與球的表面光滑程度，都會影響球的行進方向。並發現手投威浮球會偏轉主要是兩個原因：第一是球旋轉時上下左右風速不同，導致壓力不同而造成威浮球上浮、下墜、右旋與左旋。第二是風通過對流孔時產生擾動，使沒有對流孔的內面受到風力而產生偏轉。並製作風洞觀察風在威浮球內的影響。結果發現風會使原本平整的小保麗龍球產生傾斜，證明風有對威浮產生力的作用，而使其偏轉。

壹、研究動機

有一天，我看到一本「波西傑克森」的小說，作者為雷克·萊爾頓，由王心瑩譯。在 43 頁中提到勒斯岡巨人投出一顆青銅火球，而且它上面有洞像威浮球一樣。書本上說威浮球有這些洞所以可以投出變化球，但為什麼球一邊有洞就可以有變化？是什麼原理讓球可以改變方向？記得在五年級上學期在上「力與運動」單元時，老師說過物體受力後能產生方向的轉變，是否表示威浮球在飛行過程中受到力的作用才產生偏轉？希望藉由這次的研究能了解威浮球偏轉的秘密，也可以創造出自己的威浮球，讓大家能很輕鬆的投出變化球，享受投球與打擊的快樂。

貳、研究目的

- 一、實際購買威浮球試投。
- 二、自行設計製作彈力發射器，探討對流孔方向與球行進路線關係。
- 三、訪問興農牛陽建福投手與鄭兆行，瞭解變化球與發球機原理。
- 四、自行設計製作輪轉發球機與乒乓威浮球。
- 五、利用輪轉發球機與乒乓威浮球探究對流孔方向與球行進路線關係。
- 六、探討對流孔的大小、數量、位置、對流孔發射位置、形狀與球的表面光滑程度是否影響威浮球偏轉。
- 七、製作風洞觀察風對威浮球的影響。
- 八、利用湯姆龍球與乒乓球自製威浮球。

參、研究設備及器材

製作彈力發射器	健身彈力繩、木板、5x5 方形木棍、鐵鎚、鋼釘、鑽孔器
製作輪轉發球機	小橡膠輪、小馬達、木板、鐵尺、標本製作板、直流電源器
乒乓威浮球	乒乓球、電烙鐵、棉繩、油性筆、酒精燈、鐵棒、不鏽鋼筷
製作風洞	瓦楞塑膠板、14 吋抽風機、小吸管、寬膠帶

肆、研究過程與方法

【研究一】實際購買威浮球試投

我們針對這兩種不同的球做了外形、重量與試投的比較。

一、台灣威旋球與美國威浮球外形與重量的比較

	球形狀	對流孔形狀	對流孔數量	對流孔位置	球重量
台灣威旋球	圓	半月形	7	6 旁 1 中間	24g
美國威浮球	圓	長橢圓形	8	8 旁邊	24.45g



比較發現：

- (一)、兩種球都是圓形的。
- (二)、台灣威旋球對流孔是微笑形，而美國威浮球是長橢圓形。
- (三)、台灣威旋球對流孔總共七個，而美國威浮球是八個。
- (四)、兩個對流孔都互相對稱，台灣威旋球其中六個兩兩對稱，最後一個在六個對流孔的中間，而美國威浮球八個都是兩兩對稱。(如上圖)

二、湯姆龍球、台灣威旋球與美國威浮球試投比較表

我們找了兩位體育老師與 10 位學生(7 男 3 女)來活動中心進行試投，每人每種球都投 3 次。來體驗是否球會偏轉，統計結果如下表。並寫下試投心得與感想(詳見實驗記錄本)。

球種類 \ 行進變化	球行進路線沒多大變化	球有偏轉的現象
湯姆龍球	35 次	1 次
台灣威旋球	32 次	4 次
美國威浮球	27 次	9 次

試投結果發現：

- (一)、感覺有偏轉次數，美國威浮球 > 台灣威旋球 > 湯姆龍球。
- (二)、湯姆龍球只有一位體育老師投出 1 次感覺稍有偏轉。
- (三)、台灣威旋球，兩位體育老師分別投出 2 次與 1 次，男學生有 1 人投出 1 次。
- (四)、美國威浮球，兩位體育老師各投出 3 次，男學生有兩人各投出 2 次與 1 次。
- (五)、結果發現能投出偏轉球的有一個條件，就是臂力要比較大，三位女學生不管哪一種球，投出都沒有多大的偏轉。

【研究二】自行設計製作彈力發射器，探討對流孔方向與球行進路線關係。

在研究一中，我們發現需要比較大的力量才能讓球有比較大的偏轉，而且每個人的力量都不一樣，這樣實驗不精準，所以我們想設計一個發射器來固定發射力量，並利用錄影的方式來記錄球是否產生偏轉。

一、製作第一代彈力發射器

(一)、設計發射器的想法

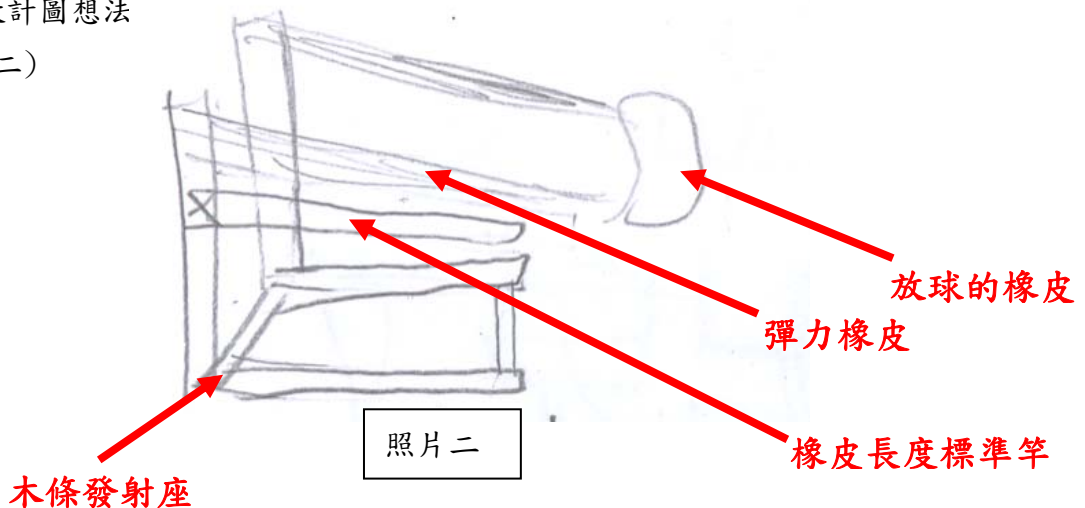
我們每個人提出了自己的想法，如照片一(群組)，主要利用橡皮筋或彈簧的彈力來將球發射出去，之後因為尋找不到適合的壓式彈簧，所以我們決定利用類似【彈弓】彈力的方式設計出【彈力發射器】。



照片一

我們的設計圖想法

(如照片二)



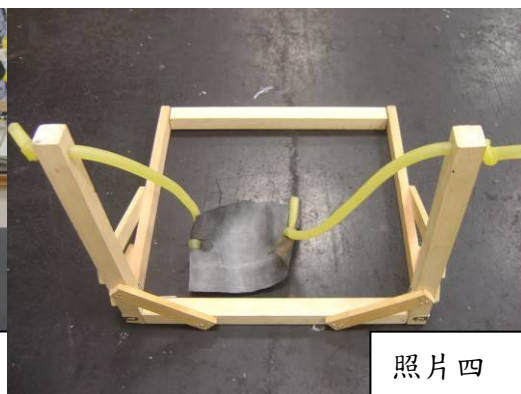
照片二

(二)、第一代的彈力發射器

我們利用木條釘成發射座，機車的內胎為放球橡皮袋，健身用的強力橡皮為發射主要動力。(如照片三、照片四)



照片三



照片四

(三)、第一代的彈力發射器試射

1、我們到地下室去試射，我們利用錄影的方式，再用老師教的 PotPlayer 軟體來把影片擷取成照片，如右照片五(群組)。

2、實驗記錄

試射次數	1	2	3
對流孔朝右	球往下飛	球往左飛	球往右飛
試射次數	4	5	6
對流孔朝右	球往前飛	球往右飛	球往左飛

3、實驗結果與檢討

- (1)、原本我們要記錄對流孔朝右、朝左、朝上與朝下各記錄 10 次，但我們發現第一代發射器的發射袋使用到六次後就損壞了，沒辦法再做實驗。
- (2)、我們發現到【橡皮長度標準竿】會歪，而且發射力量太弱，可以再增加橡皮拉長的長度。
- (3)、發射座的木條太細，有斷掉的危險。
- (4)、我們把對流孔都朝右，但記錄結果球會偏下、偏左、偏右、往前是因為發射器不完美，有以上缺點的關係所影響。

二、製作第二代彈力發射器

(一)、我們針對第一代的缺點做大幅度的改良。

1、橡皮發射袋從 1 層到 2 層，如下照片六與照片七。

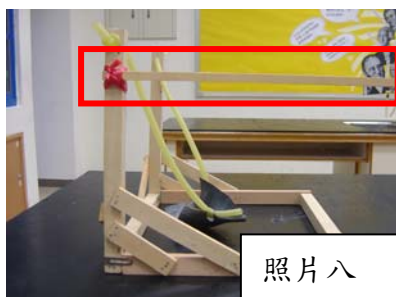


照片六

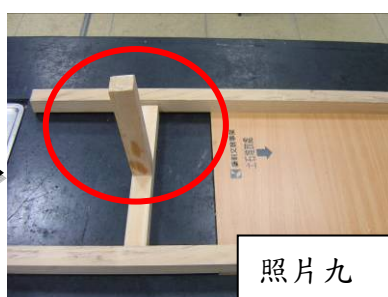


照片七

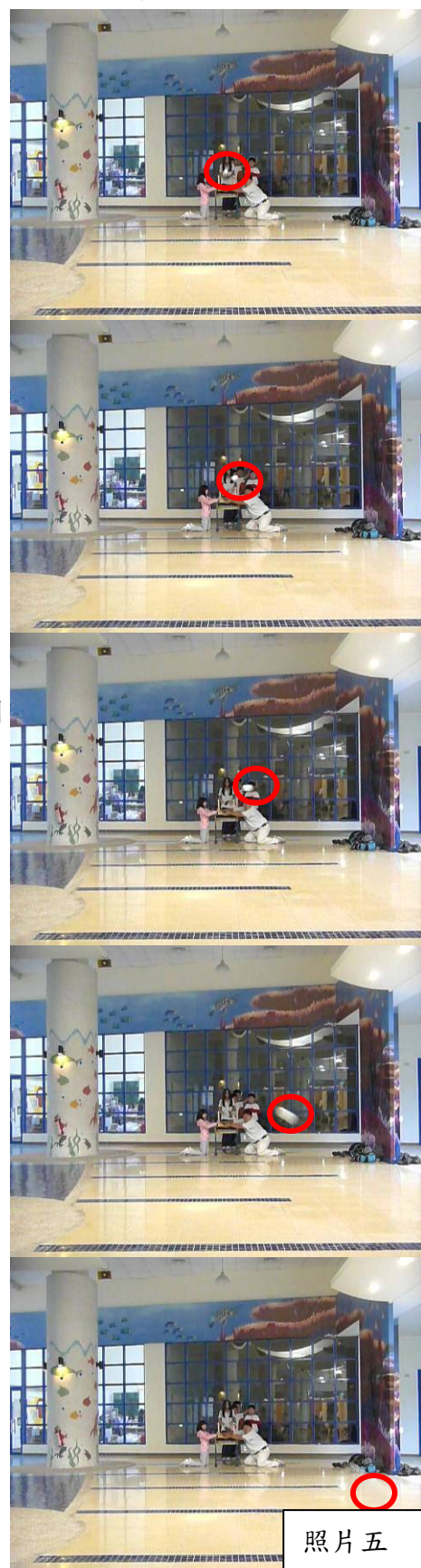
2、橡皮長度標準竿，由【木條】變成【後固定式】的。如下照片八與照片九。



照片八

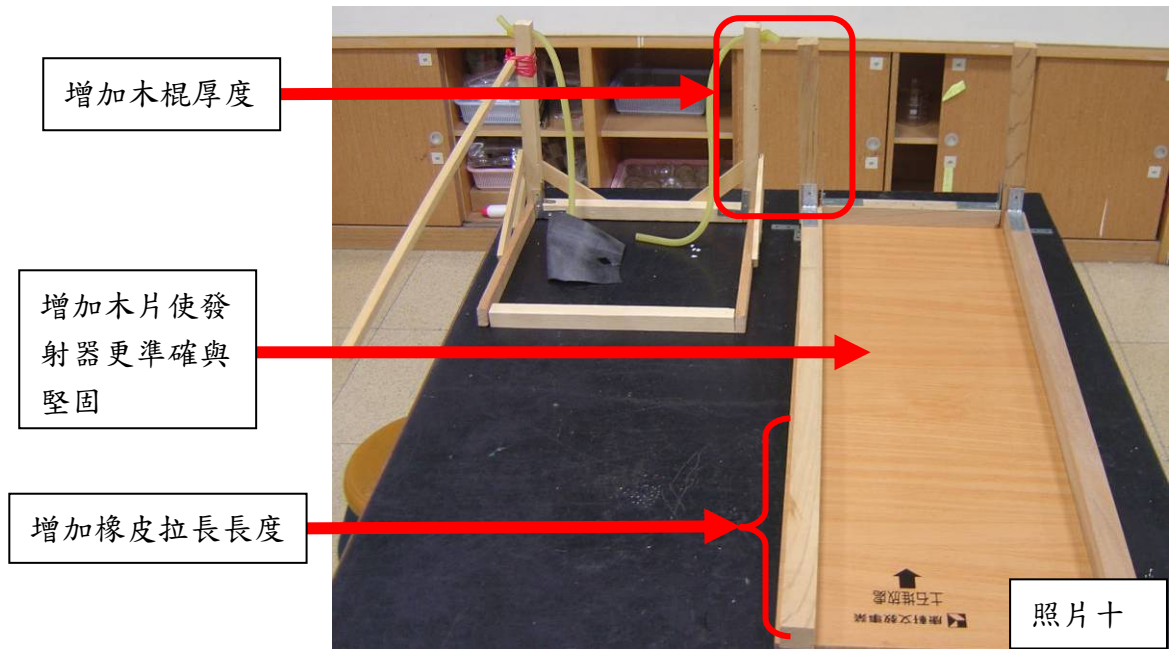


照片九



照片五

3、增長橡皮可以拉長的長度與增加木棍的厚度，使其彈射威力更大更堅固。如照片十。



(二)、第二代的彈力發射器試射

1、試射練習：為了確保我們每一球都是直線出去，我們把垃圾筒放在前面，先在教室做練習，我們發現採用一手放球能提高準確率。如右照片十一。

2、實驗記錄表：

球偏方向 \ 次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
對流孔向右	左	右	左	左	下	前	左	右	左	前
對流孔向左	左	右	右	右	前	右	下	左	右	右
對流孔向上	前	前	下	前	下	下	下	右	右	左
對流孔向下	前	右	前	前	前	前	前	右	右	前

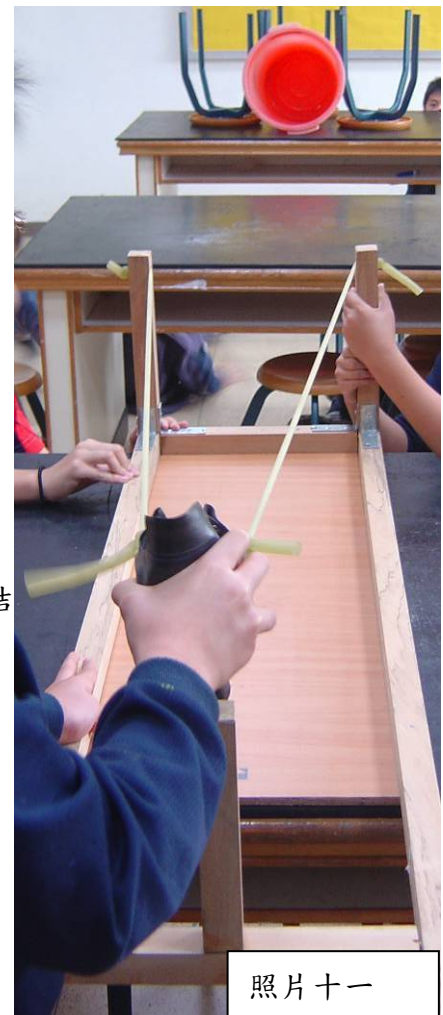
3、結果討論

(1)、由實驗結果得知，對流孔朝右則 50%球向左飛。對流孔朝左則 60%球朝右飛，對流孔朝上則 40%朝下墜，對流孔向下則球往前飛。

(2)、我們發現球的偏向似乎跟對流孔是相反的，但是由實驗結果發現，最多只有 60%符合，後來我們從實驗拍的照片得知，只要手稍由偏轉，對流孔位置改變，則球的偏向就不同。如下照片十二。

(3)、我們發現手投威浮球時，手會往下壓是否因為這樣造成球旋轉，而使球產生偏轉？(研究六、P13 頁中實驗證明)

球並非真正朝右邊



【研究三】訪問興農牛陽建福投手與鄭兆行，瞭解變化球與發球機原理。

正當我們想辦法要利用其它方式來測試對流孔與球行進路線關係時，正好興農牛的陽建福投手與鄭兆行選手來學校參訪，我們利用這個機會向兩位進行訪問。如照片十三(群組)。

一、訪談內容如下表格

	陽建福投手	鄭兆行打擊手
問題一：變化球有哪些?怎麼樣才能投出變化球?	<ul style="list-style-type: none"> ●滑球：食指往下扣。 ●伸卡球：二縫線，中指扶著，食指往下壓。 	
問題二：練習打擊時的發球機可以投出不同球路的球嗎?		<ul style="list-style-type: none"> ●可以投出滑球、曲球、直球，但是不能投出伸卡球。 ●發球機的原理是利用不同轉速的滾輪，讓球發出去後會旋轉，造成變化球。
問題三：球投出的瞬間有什麼特別的地方嗎?	<ul style="list-style-type: none"> ●把力量放在球上面，用力丟，丟出去不會讓自己後悔。 ●不管直球或變化球，丟球姿勢都要一樣，不然會被打者看穿。只能用球的旋轉來改變球行進路線。 	
問題四：怎麼練習打擊變化球呢?		●練習打發球機發的球。
問題五：請問有看過wiffle球嗎?	●沒有，第一次看到。	●有，怎麼打都打不到。
問題六：是否看過有其他的球是類似wiffle球?	<ul style="list-style-type: none"> ●大學時有跟同學用乒乓球在玩變化球，發現乒乓球比較會漂。 飄的方式跟棒球一樣，只是飄的程度比較厲害。 	<ul style="list-style-type: none"> ●整個都是洞的球，而且是圓的，到後面的時候會變慢。投的時候用瞬間的力量甩出去，棒球專賣店有賣。 ●洞越多越有規律。 ●越粗糙的球變化越大，越光滑變化較小。



照片十三

二、訪問結果與發現

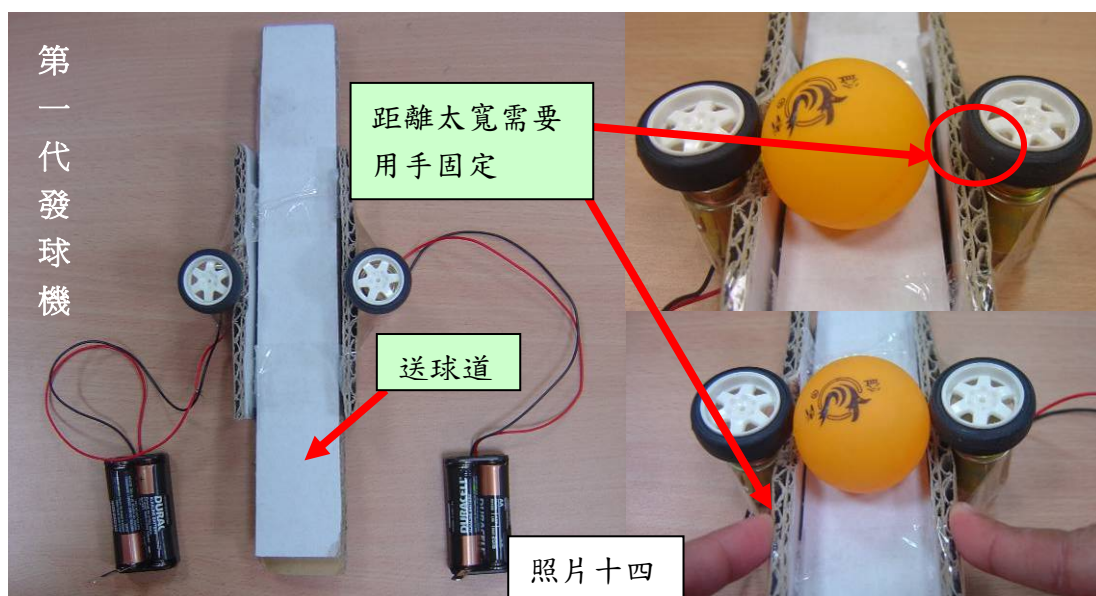
- (一)、棒球變化球原理：棒球並非是全然光滑對稱的圓球，其表面有些地方粗糙、有些地方光滑，更有兩條球的縫線，這兩條線也不會是全然對稱的，球在飛行的過程，還是會有些地方流速快，一些地方流速慢，因此，球便不聽話的亂飛了！
- (二)、發球機原理：利用不同轉速的滾輪，讓球發出去後會旋轉，造成變化球。
- (三)、我們從這次的訪問結果知道，如果我們能做出一台發球機便能夠準確的測試對流孔與球行進路線的關係，減少人為的誤差。
- (四)、我們由鄭兆行哥哥的說明得知，都是洞的球與球面粗糙都會造成球不規則的偏轉。

【研究四】自行設計製作輪轉發球機與乒乓威浮球。

由訪談中得知發球機是利用滾輪旋轉，因此我們利用小馬達、四驅車的車輪與乒乓球來進行測試，藉此解決球偏轉的問題。

一、第一代輪轉發球機

- (一)、製作方法：將小馬達裝上車輪後用膠帶固定在紙板上。如照片十四。

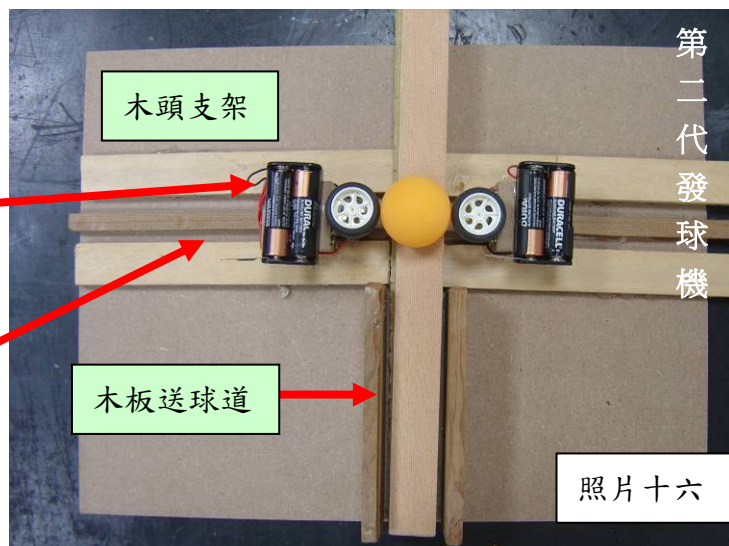
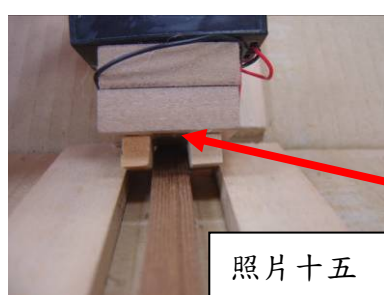


- (二)、試射結果與缺點

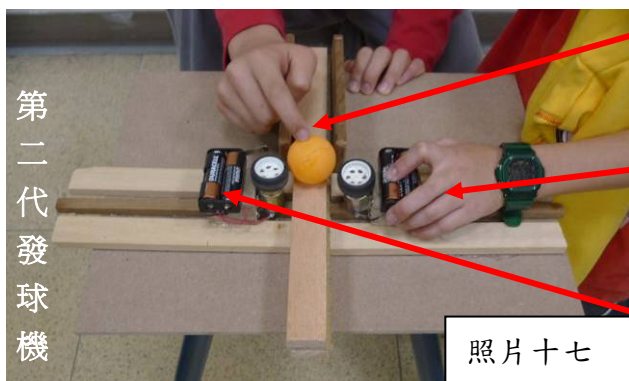
- 1、結果真得可以把球射出去，但兩輪太緊與太鬆都無法把球發射出去。
- 2、整體支架由紙板所組成的太軟，而且不穩。
- 3、兩個輪子之間的距離太遠，導致碰不到球。
- 4、乒乓球容易不小心從送球道滾下來。
- 5、電池盒的線會卡住手或影響實驗。

二、第二代輪轉發球機

- (一)、改良如照片十五與十六



(二)、試射缺點：如照片十七



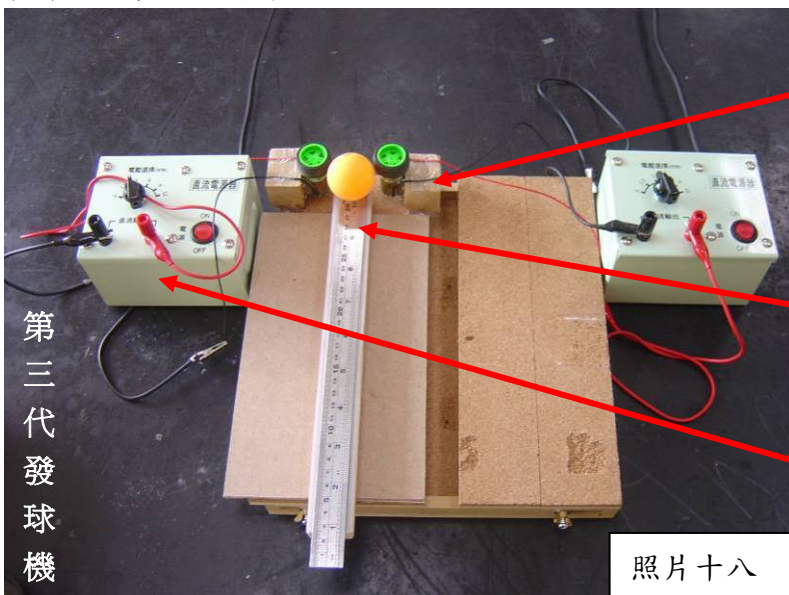
用手送球會造成球旋轉與不穩

馬達旋轉時滑道深度太淺，整個馬達與電池盒會彈開，需要用手壓。

電池電力消耗不同，導致輪子旋轉快慢不同。

三、第三代輪轉發球機

(一)、改良如照片十八



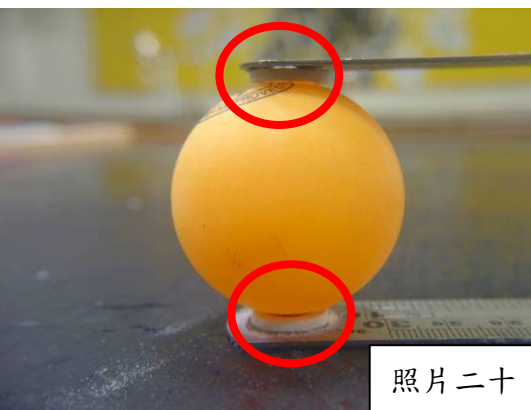
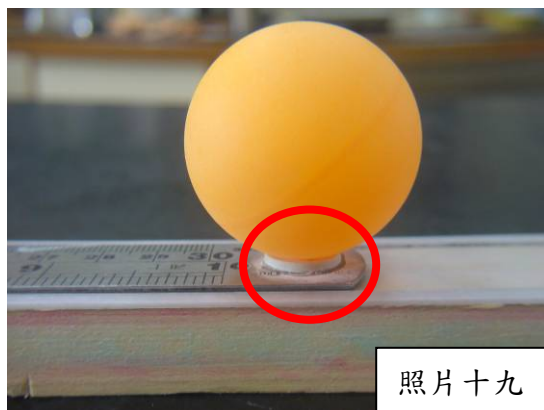
利用蝴蝶標本製作板為底座，改良電池盒彈開問題

利用鐵尺與小橡皮圈固定乒乓球，改良用手送球不穩的問題

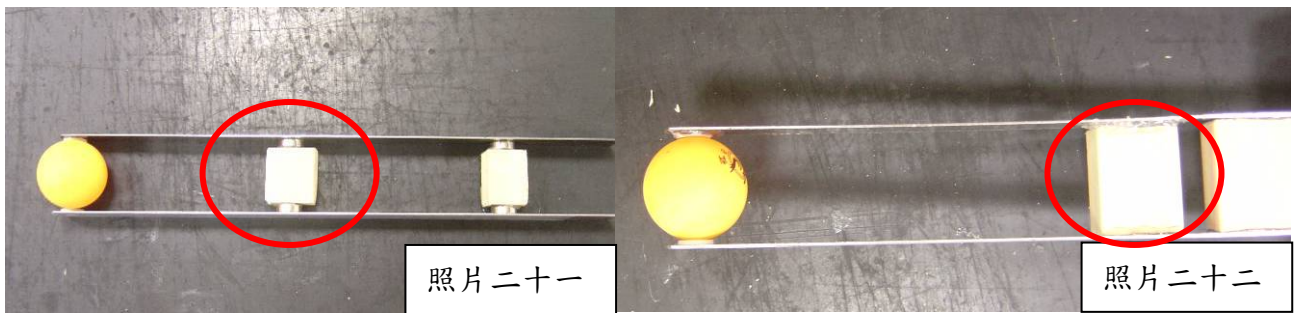
直流電源供應器，改良電力不同的問題

(二)、試射與改良

1、在試射過程中我們發現蝴蝶標本為底座會振動的較大，所以乒乓球會從鐵尺上滾下來，後來我們採用雙鐵尺夾住乒乓球。如照片十九、二十。



2、在製作雙鐵尺夾時，一開始使用強力磁鐵固定鐵尺，後來發現鐵尺會搖晃，所以採用木塊利用熱熔膠直接固定。如下頁照片二十一、二十二。



(三)、尋找發球機最佳射擊條件

如果發球機可以把球發射的越遠，則風影響球就越明顯，因此我們想測試什麼條件下，發球機可以發射乒乓球最遠最穩定。

1、設計乒乓球掉落地點測量法

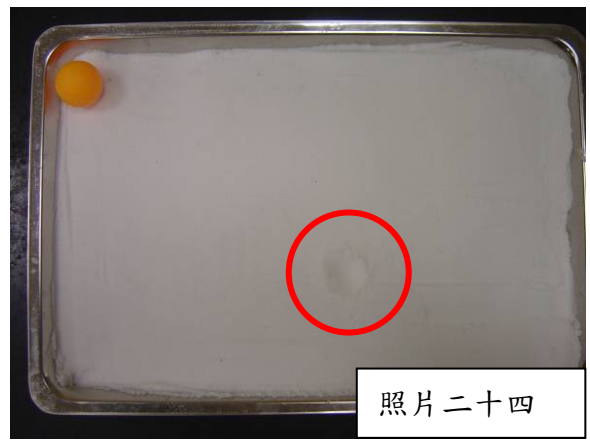
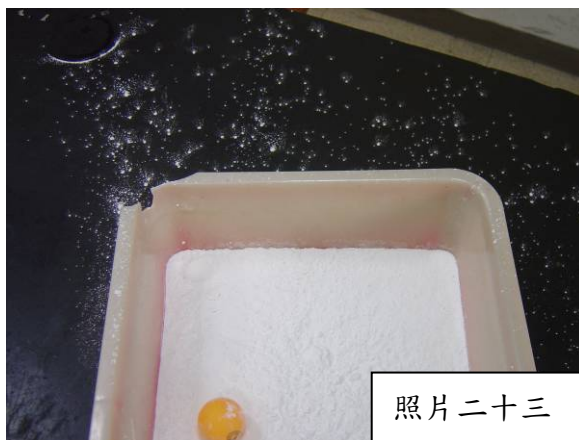
我們想要測量乒乓球發射後的距離有多遠，想到以下方法。

(1)、利用黏性

我們利用博士膜或黏鼠板黏。但實驗結果發現球會直接彈開，因為球與博士膜或黏鼠板只接觸到一小點。所以這個方法失敗。

(2)、利用痕跡

我們後來想到跳遠選手在跳遠時，在沙子上留下痕跡，評審利用這個方法來測量跳遠的距離，所以我們找了太白粉與鹽來代替沙子，試試看可不可以有痕跡留下。如照片二十三、二十四。(太白粉會有粉末跑出，因此採用鹽效果較好)

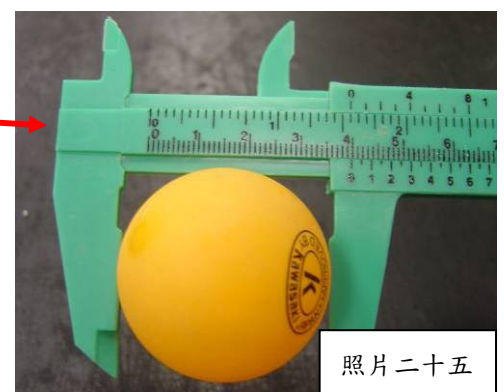


2、測試兩輪距離多少時?乒乓球發射得最遠最穩定。

(1)、測量乒乓球直徑，如照片二十五。

利用游標尺我們可以測量出乒乓球直徑為 3.97 公分大約是 4 公分

(2)、我們將兩輪調整為 4 公分、3.9 公分、3.8 公分、3.7 公分、3.6 公分與 3.5 公分，進行測試。



(3)、實驗記錄

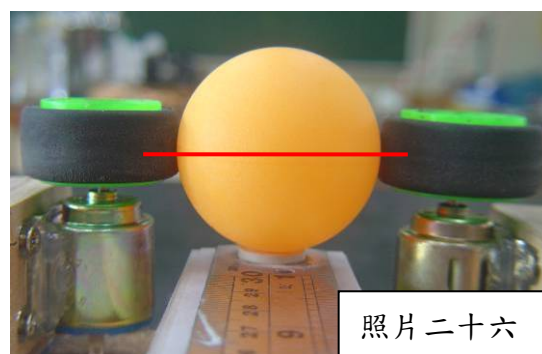
兩輪距離 飛行距離	4 公分	3.9 公分	3.8 公分	3.7 公分	3.6 公分	3.5 公分
1	42 公分	201 公分	341 公分	419 公分	220 公分	0 公分
2	40 公分	205 公分	346 公分	420 公分	225 公分	0 公分
3	41 公分	200 公分	340 公分	418 公分	222 公分	0 公分
平均	41 公分	202 公分	342.3 公分	419 公分	222.3 公分	0 公分

(4)、實驗結果：

- a、當兩輪距離 3.7 公分時，乒乓球可以飛行最遠最穩定，因此採用此距離。
- b、當兩輪距離 3.5 公分時，乒乓球會被反彈飛不出去，所以飛行距離為零。

3、乒乓球位於兩輪的高度。

在第一代測試時，就發現乒乓球的中線位於兩輪的中央時，球飛行最穩定。如照片二十六。



照片二十六

四、設計乒乓威浮球

我們自製的輪轉發球機無法發射較重的威浮球，所以我們利用乒乓球來自製乒乓威浮球。

(一)、尋找刻洞的方法：我們想到利用電烙鐵與加熱後的小刀、鐵筷、迴紋針、鑽孔器…等物品來嘗試。

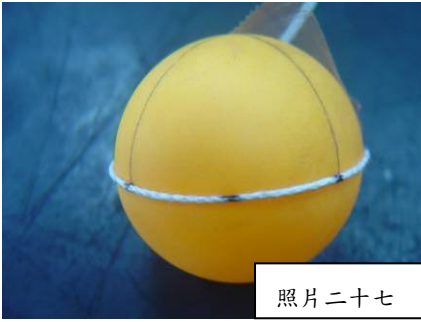
器材 圖示	小刀	鐵筷	迴紋針	電烙鐵
使用器材				
乒乓威浮球成品				

*注意事項：我們發現利用電烙鐵與鑽孔器的效果很好，每個洞都一樣，但是使用加熱的方法來挖洞會產生煙霧，並要注意到窗戶都要打開通風要良好，並且要戴口罩。

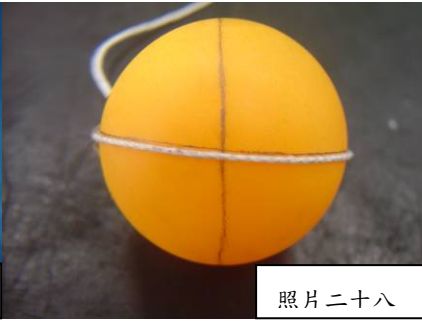
(二)、設計乒乓威浮球刻洞對稱方法

我們在觀察威浮球時發現到它的對流孔是對稱的，為了保持兩者有一樣的因素，減少實驗誤差，所以我們在刻洞時也要使洞互相對稱，方法如下。

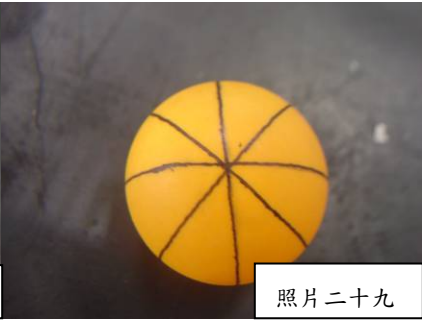
- 1、我們先利用棉線測量乒乓球圓的周長，再將棉線八等分後將乒乓球周長分成八等分如下頁照片二十七。
- 2、先找出對稱的兩個點，利用棉線連接後用筆畫出一條線來，總共可以畫出四條線來，將乒乓球八等分，如下頁照片二十八、二十九。



照片二十七



照片二十八

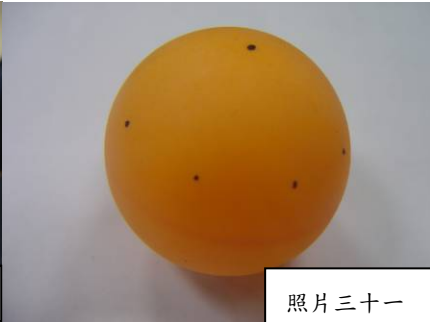


照片二十九

3、為了實驗的方便性，我們開發了快速等分法，製作出八等分模型，套上乒乓球後用筆將點點出，如照片三十、三十一、三十二。



照片三十



照片三十一

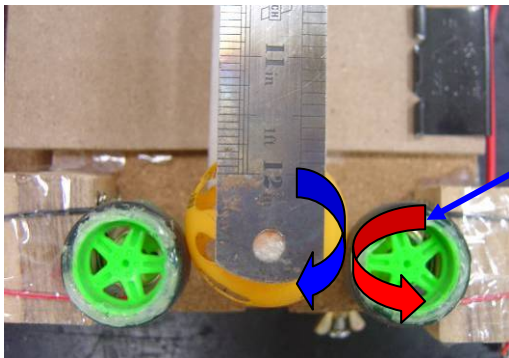


照片三十二

【研究五】利用輪轉發球機與乒乓威浮球探討對流孔方向與球行進路線關係。

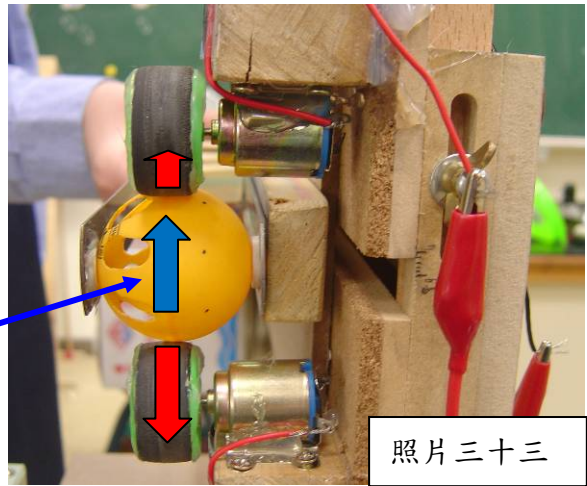
我們實驗試射發現需要將輪轉發球機由平放的改成直立的，因為這樣乒乓威浮球射出時的旋轉方向才會與手投威浮球方向一樣。

一、直立輪轉發球機(如照片三十三)

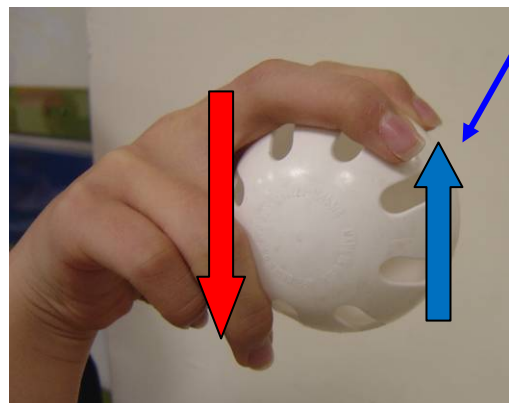


乒乓威浮球如果先碰到左輪(逆時針)，則球會產生(順時針)偏轉。

乒乓威浮球如果碰到下輪比上輪速度快時，則球會產生偏轉(由下往上轉)，與手投威浮球旋轉方向一樣。



照片三十三



橢圓對流孔的乒乓威浮球

二、實驗記錄(上下轉輪電源為 3v，使用八個橢圓形的對流孔，錄影記錄偏轉結果)

(一)、實驗記錄表格

飛行方向 \ 次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
無對流孔	直	直	直	直	直	直	直	直	直	直	直	直	直	直	直
對流孔向右	左	左	左	左	左	左	左	左	左	右	左	左	左	左	左
對流孔向左	右	左	右	右	右	右	右	右	右	右	右	右	左	右	右

三、結果討論

(一)、結果很明顯，沒有洞的乒乓球是直線前進的。對流孔在右邊的，球幾乎都往左邊飛；對流孔在左邊的，球幾乎都往右邊飛。

(二)、由實驗結果明顯知道威浮球行進的方向與對流孔的擺向是相反的。

【研究六】對流孔的大小、數量、位置、形狀與球的表面光滑程度是否影響威浮球偏轉。

一、對流孔的大小是否影響偏轉

(一)、我們製作了直徑 11mm、9mm 與 6mm 的圓形對流孔八個。如下照片三十四。



(二)、實驗方法(如下照片三十五群組)

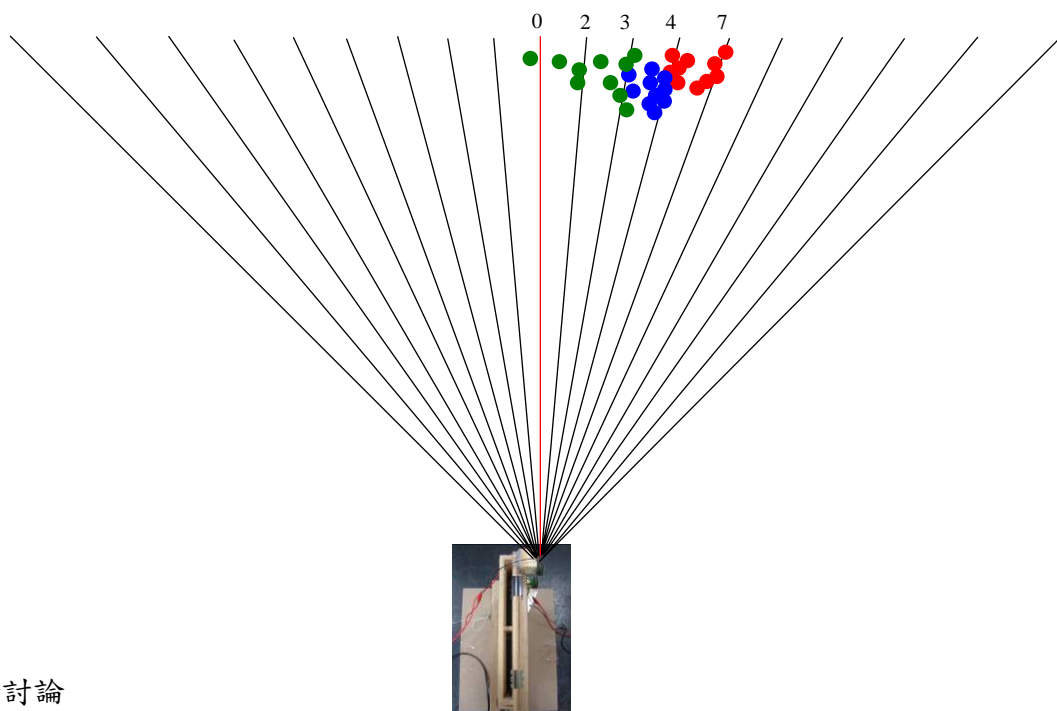


(三)、實驗記錄

1、實驗記錄表格：沒有洞的球，偏轉角度為2度以內，所以2度以內的球視為直線。

次數 飛行方向 偏移角度	11mm 對流孔(洞朝左發射)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
飛行方向	右	右	右	右	右	右	右	右	右	右	右
偏移角度	10°	6°	7°	5°	4°	9°	8°	9°	6°	8°	7.2°
次數 飛行方向 偏移角度	9mm 對流孔(洞朝左發射)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
飛行方向	右	右	右	右	右	右	右	右	右	右	右
偏移角度	1°	5°	4°	5°	3°	3°	5°	4°	2°	4°	3.6°
次數 飛行方向 偏移角度	6mm 對流孔(洞朝左發射) (2°以內算直線)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
飛行方向	右	直	直	右	右	直	右	右	直	右	右
偏移角度	3.1°	2°	1°	2.3°	2.1°	1.5°	2.1°	2.2°	1.8°	2.4°	2.05°

2、實驗落點記錄圖表(紅色表示11mm、藍色表示9mm、綠色表示6mm)



(四)、實驗討論

1、對流孔的大小會影響球的偏轉，越大的偏轉越多。

2、我們從對流孔6mm的實驗中發現，10球中有4球行徑路線快接近直線。表示洞越小越不會影響偏轉。

二、球不旋轉與旋轉方向不同是否影響偏轉

在研究二、P5 頁中，使用彈力發射器並沒有使球旋轉，到底投球時有沒有必要使球旋轉？我們利用輪轉發球機做實驗來證明。

(二)、實驗記錄表格【使用八個(直徑 11mm)對流孔朝左發射】

兩輪電力		1	2	3	4	5	平均
上輪 1.5v、下輪 3v (球由上往下轉) (符合手投方向)	偏移角度	左 11°	左 10°	左 11°	左 11°	左 10°	左 10.6°
	飛行距離	432cm	441 cm	443 cm	434 cm	436 cm	437.2 cm
上輪 3v、下輪 3v (球不旋轉)	偏移角度	右 6.9°	右 7.2°	右 6.7°	右 7°	右 7.4°	右 7°
	飛行距離	484 cm	501 cm	499 cm	494 cm	488 cm	493.2 cm
上輪 3v、下輪 1.5v (球由下往上轉) (與手投方向相反)	偏移角度	左 10°	左 9°	左 9°	左 9°	左 8°	左 9°
	飛行距離	205 cm	212 cm	207 cm	215 cm	218 cm	211.4 cm

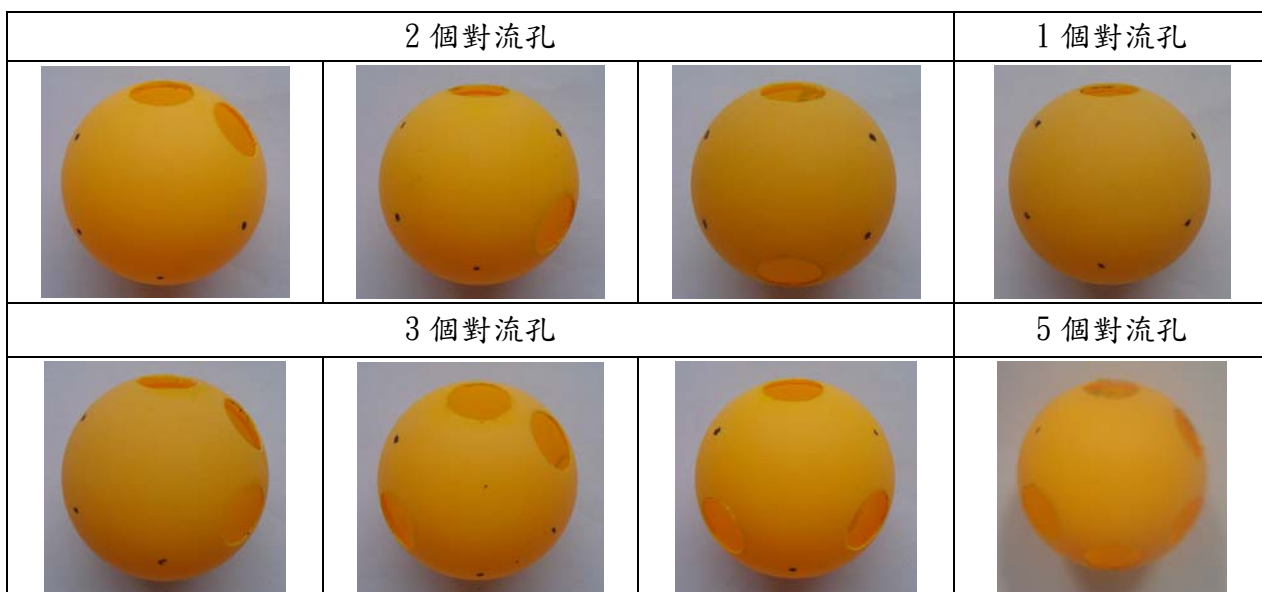
(三)、實驗結果與討論

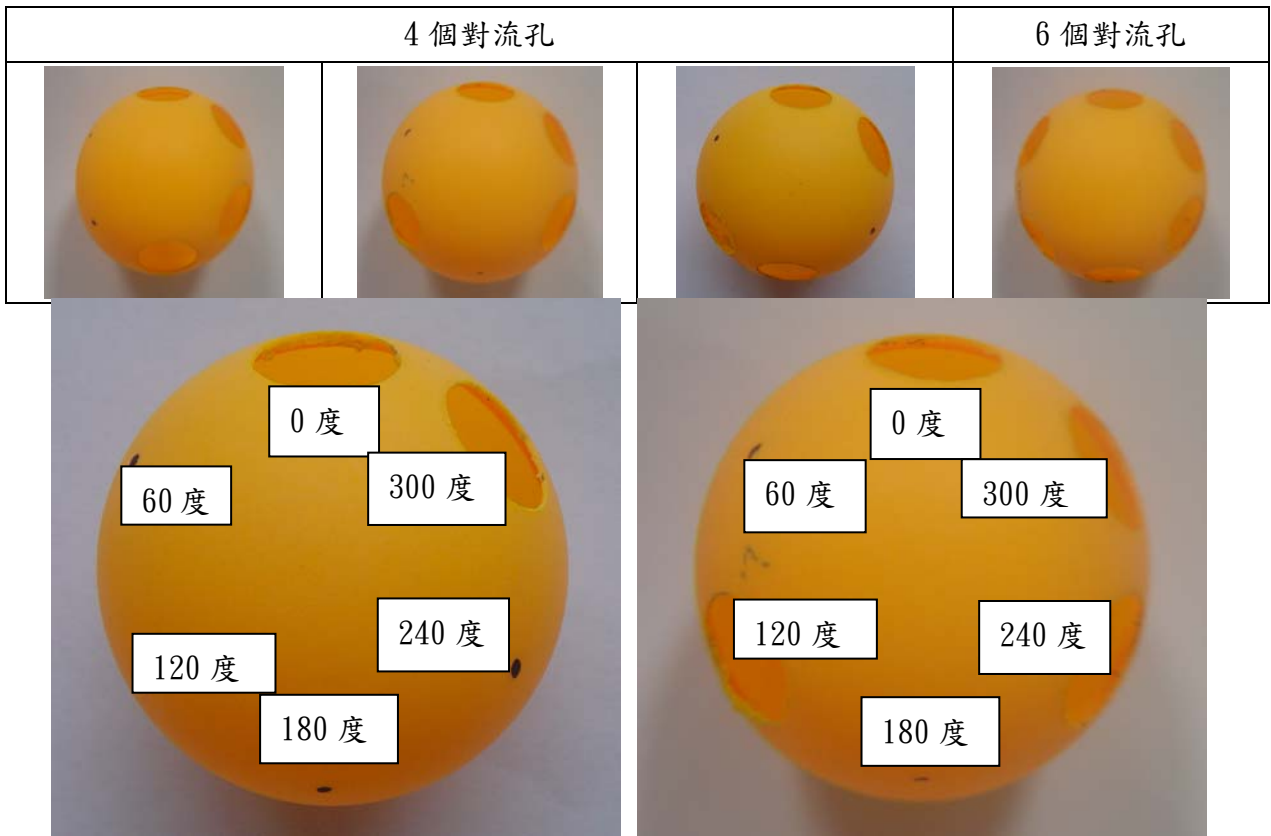
- 1、我們發現偏轉角度由上往下轉 > 由下往上轉 > 不旋轉，雖然有旋轉偏轉角度大，但有旋轉時，偏轉方向與洞同一方向。沒有旋轉時，偏轉方向與洞反方向。很明顯投威浮球時不要讓球旋轉偏轉方向才正確。我們推論兩個法(1)依照陽建福哥哥的說法，當球旋轉快速時，可能風無法灌入球內，但挖洞的那邊風欲到阻礙，導致流速變快，使偏轉方向與洞相同。(2)挖洞的一邊重量較輕所以兩邊重量不同產生偏轉?在 18 頁實驗證明我們的想法。
- 2、飛行距離由遠到近為：由不旋轉 > 上往下旋轉 > 由下往上旋轉，因為不旋轉上下輪都 3v 所以力量較大，但上往下旋轉與下往上旋轉都是 1 個 3v，另 1 個 1.5v，竟然距離有如此大的差距。為什麼會這樣呢？只是因為旋轉的方向不同就會造成這樣的結果嗎？(在研究七 p25 頁製作風洞與利用平放輪轉發球機來證明我們的想法)。

三、對流孔的數量、位置與對流孔發射位置是否影響球偏轉

(一)、實驗樣本，如下頁表格。

實驗時不管哪一種類型的球，每種球都找一點為基準點朝前發射，之後每次再旋轉 60 度後再發射，每個球共有六個不同的發射點。





(二)、實驗記錄表格：詳見實驗日誌記錄本。

(三)、實驗結果與討論

- 1、我們比較 ，2、4、6 對稱的對流孔，發射角度均為 0 度，則偏移角度分別為 1.8 度、2.6 度與 6.3 度，由此發現孔數越多，越容易偏移。
- 2、我們比較 ，1、3、5 對稱的對流孔，發射角度為 0 度、300 度、240 度，則偏移角度分別為 1 度、1.1 度與 4.6 度，由此發現孔數越多，越容易偏移。
- 3、我們發現以下對流孔數量與位置，飛行方向為直線，共同的特徵為進風孔數少或出風孔數少的特質。

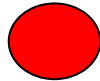
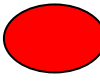



- 4、其他對流孔數為 4 個、5 個、6 個與部份 3 個，球的行進路線皆為偏右，並發現一個共同的特點，就是進風孔數或出風孔數皆為兩個以上。
- 5、對流孔的位置會造成進風孔數與出風孔數不同，因此會造成球偏轉程度改變。

四、對流孔形狀是否影響球偏轉

我們利用六個圓形(直徑 11mm，面積 0.949 平方公分)對流孔與六個橢圓形(面積 0.945 平方公分)對流孔，來比較哪種形狀容易偏轉。

(一)、算出相同面積的圓與橢圓

我們上網查到了橢圓的面積公式為 $3.14 \times a \times b$ ，圓面積為 $3.14 \times r \times r$ 。使兩者相等得知， $a \times b = r \times r$ ， $(A/2) \times (B/2) = 0.55 \times 0.55 = 0.3025$ ， $A \times B = 1.21$ 。最後我們採用 1.72×0.7 為橢圓形。

橢圓 2 倍長軸(A)	橢圓 2 倍短軸(B)	橢圓圖形
1.21 公分	1 公分	
1.34 公分	0.9 公分	
1.51 公分	0.8 公分	
1.72 公分	0.7 公分	
2.01 公分	0.6 公分	

(二)、製作橢圓乒乓威浮球

		
將乒乓球六等份	將橢圓形紙貼在乒乓球上	利用加熱過後的小刀切割

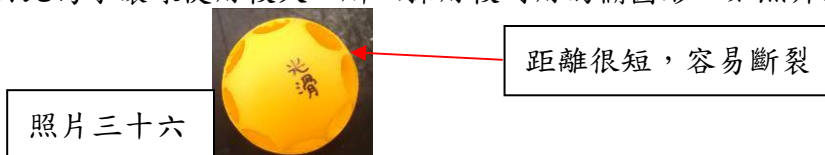
(三)、實驗記錄：使用六個洞的圓形與橢圓形，並將對流孔朝左發射

發射次數 偏移角度		1	2	3	4	5	平均	
		圓形乒乓威浮球	飛行方向	右	右	右	右	右
		偏移角度	5.9	6.2	6	6.1	6.2	6.1
橢圓形乒乓威浮球		飛行方向	右	右	右	右	右	右
		偏移角度	4.1	3.7	4	3.9	3.8	3.9

(四)、實驗結果與討論

1、相同面積時偏移角度，圓形 > 橢圓形。那為什麼威浮球是橢圓形的呢？我們觀察到兩個主要因素。

(1)、如果形狀是圓形的，以八個洞的來說每個洞之間的距離很短，使用幾次後球就壞了。因此為了讓球使用較久，所以採用較耐用的橢圓形。如照片三十六。



(2)、如果使用圓形，乒乓球最多只能切割 8~9 個洞，但如果用橢圓形，最多能切割 10~12 個洞，而洞越多越容易偏轉。因此採用橢圓形。

五、球表面光滑程度是否影響球偏轉

我們實驗中有發現，當威浮球磨損之後似乎行進路線變化更大，因此我們利用粗細不同的砂紙(800p、1000p 與 1200p)來磨損乒乓威浮球的光滑面，看看會不會影響偏轉的角度。

(一)、製作粗細不同的乒乓威浮球

光滑(不改變)	最細砂紙(1500p)	不粗不細砂紙(800p)	最粗砂紙(320p)

(二)、實驗記錄：使用八個圓形(11mm)的球，並將對流孔朝左發射

發射次數 偏移角度		1	2	3	4	5	平均
	光滑乒乓威浮球	飛行方向	右	右	右	右	右
偏移角度		7.3	7.1	7.1	6.9	7.2	7.12
1500p 乒乓威浮球	飛行方向	右	右	右	右	右	右
	偏移角度	6.5	6.8	6.6	6.8	6.5	6.64
800p 乒乓威浮球	飛行方向	右	右	右	右	右	右
	偏移角度	7.1	7.2	7	6.9	7.3	7.1
320p 乒乓威浮球	飛行方向	右	右	右	右	右	右
	偏移角度	7.8	7.4	7	8.1	7.7	7.6

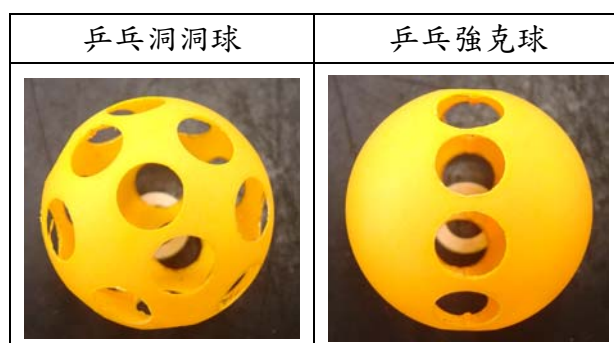
(三)、實驗結果與討論

1、偏移角度 320p > 800p = 光滑 > 1500p，我們發現越粗的砂紙將乒乓球磨得越粗偏移角度才會較大。如果砂紙太細反而會有反效果。

六、球『全是洞』與『中間是洞』是否影響球偏轉

我們從訪問鄭兆行哥哥得知，有一種棒球練習球上面全是洞，網路上有一種強克球是中間全是洞，這兩種不同種類的球是否也會造成更大的偏轉呢？

(一)、製作乒乓洞洞球與乒乓強克球



(二)、實驗記錄：

發射次數 偏移角度		1	2	3	4	5	平均
	乒乓洞洞球	飛行方向	直	直	直	直	直
偏移角度		1	1.2	1	1	1	1.04
乒乓強克球	飛行方向	直	直	直	直	直	直
	偏移角度	0	0	0	0	0	0

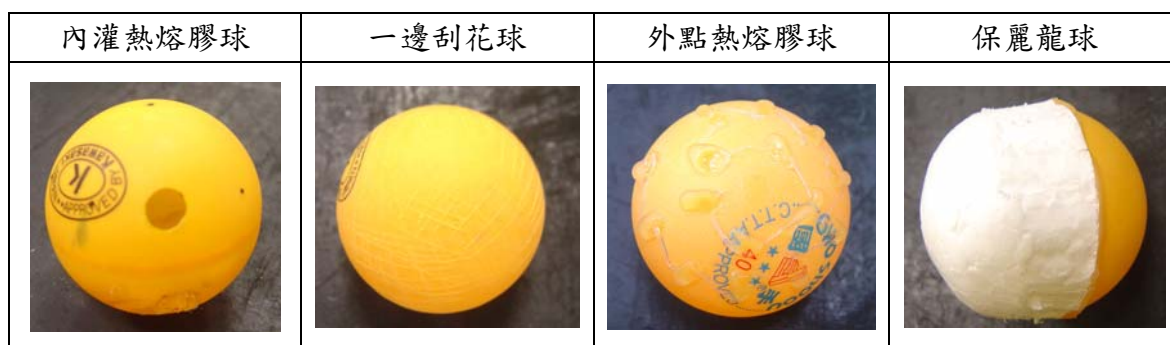
(三)、實驗結果與討論

- 1、乒乓洞洞球我們發現幾乎是直線，偏移角度在1度以內，而且實驗中觀察到飛行距離很短，風對它沒有多大作用。
- 2、乒乓強克球我們發現幾乎落在線上，偏移角度為0。但飛行距離大於乒乓洞洞球。
- 3、由實驗發現將洞集中於球的一側會使球偏移角度最大。

七、兩邊重量不同與球一邊風速變快是否影響球偏轉

在14頁實驗時我們發現球旋轉時偏轉方向與洞同方向，是受到重量影響還是受到兩邊風速不同所造成的偏轉，所以我們在乒乓球內的一邊灌熱熔膠使其重量不同與在乒乓球的一邊用小刀刮花，使其風遇到阻礙不同。並另外製作熱熔膠球與保麗龍球來做測試。

(一)、製作四種不同的球

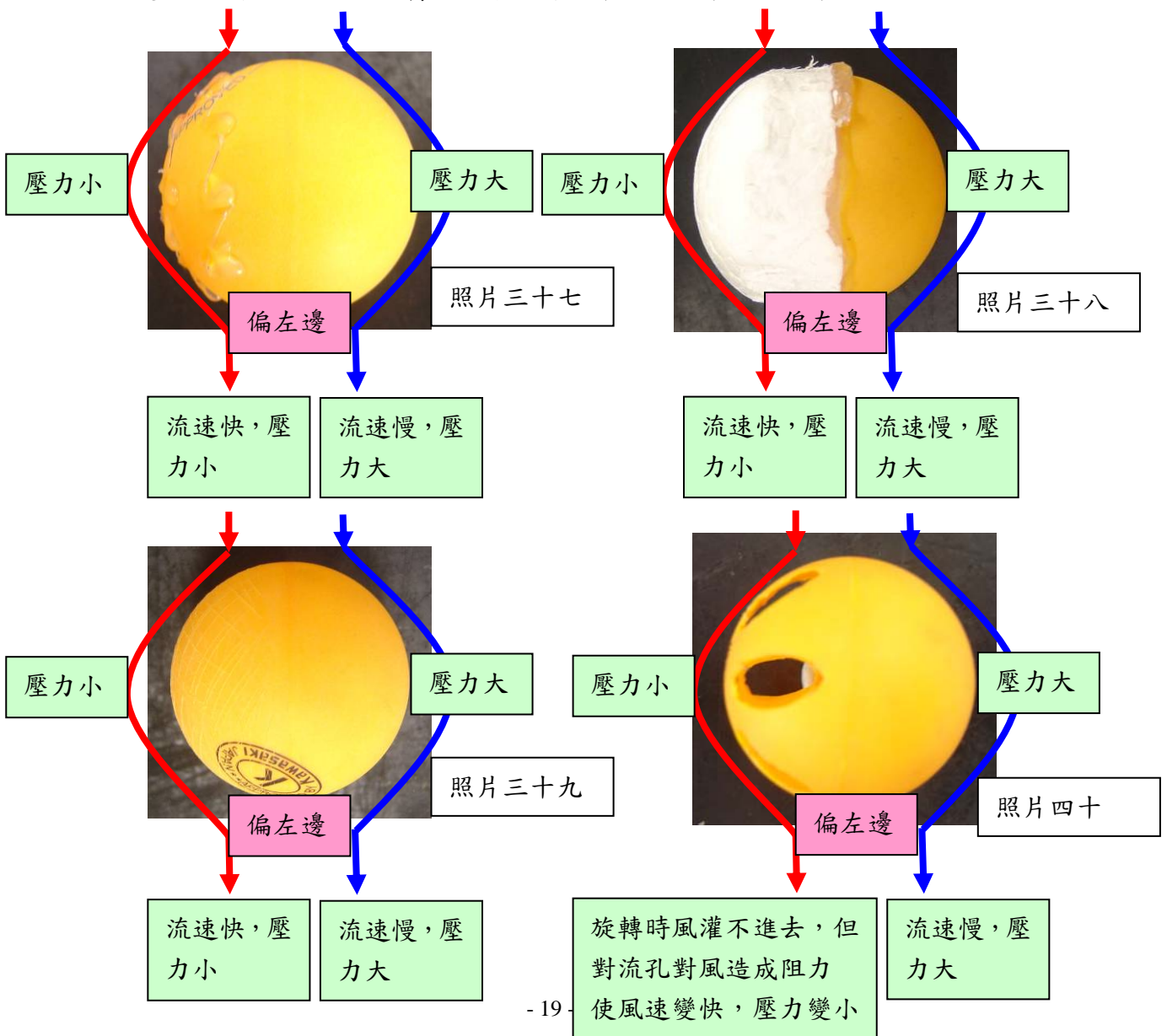


(二)、實驗記錄：

發射次數 偏移角度		1	2	3	4	5	平均
內灌熱熔膠球 (熱熔膠朝左)	飛行方向	右	右	右	右	右	右
一邊刮花球 (刮花朝左)	飛行方向	左	左	左	左	左	左
外點熱熔膠球 (熱熔膠朝左)	飛行方向	左	左	左	左	左	左
保麗龍球 (保麗龍朝左)	飛行方向	左	左	左	左	左	左

(三)、實驗結果與討論

- 1、內灌熱熔膠的球，我們發現球往輕的一方偏。刮花的球往有刮花的一邊偏。外點熱熔膠往重(有點熱熔膠的)的一邊偏。保麗龍往輕(有保麗龍)的一邊偏。
- 2、我們發現到刮花的(外點熱溶膠、保麗龍球)一邊風遇到阻礙多，所以風速較快，壓力變小，而產生向左的偏轉。如下照片三十七、三十八、三十九。



- 3、當球兩邊重量不同與兩邊風速不同時，風速不同對球所造成的影響較大。
- 4、當乒乓威浮球旋轉時，挖洞那邊較輕，所以球偏有洞的一邊；挖洞那邊風速又較快，所以又偏有洞的一邊。

【研究七】製作風洞觀察風對威浮球的影響。

風到底是在威浮球內流動呢？為什麼球會往洞的反方向飄洞，我們利用抽風扇與塑膠瓦楞板來製作風洞，觀察風如何通過威浮球。

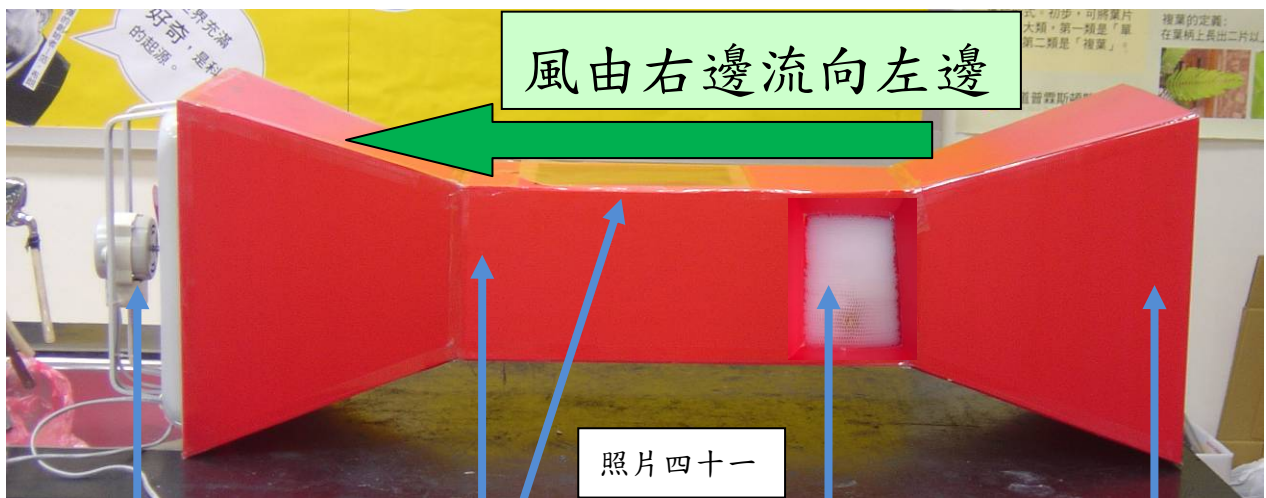
一、製作風洞

我們上網搜尋資料，製作出風洞，如下照片四十一。參考資料網址：如下

<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/47/high/031608.pdf>

<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/44/c08/080101.pdf>

<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/50/pdf/080114.pdf>



14吋抽風機：使風洞產生風力

實驗觀察區：從上方透明片觀察實驗結果

風轉改變區：利用吸管將旋轉的風轉變成直流風

空氣增流區：借由擴大開口使空氣流進更多，增強風力

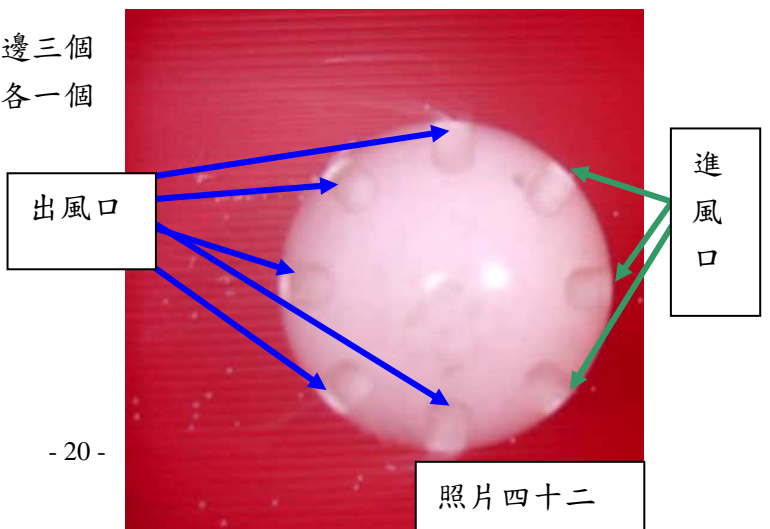
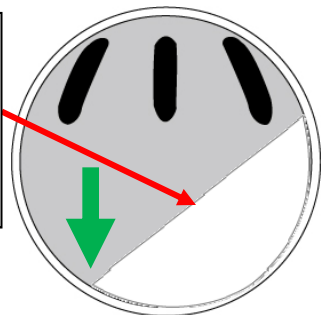
二、利用風洞與超小保麗龍球觀察風在各種威浮球內的情況

我們分別在威浮球內放入乾冰、鹽與超小保麗龍球，利用錄影的方式觀察風在威浮球內的流動狀況，因為乾冰加水後產生的白煙很快就散掉，鹽風吹不動，所以兩者都不適合使用，而超小保麗龍球又輕又小，效果最好，因此我們採用它來觀測實驗。

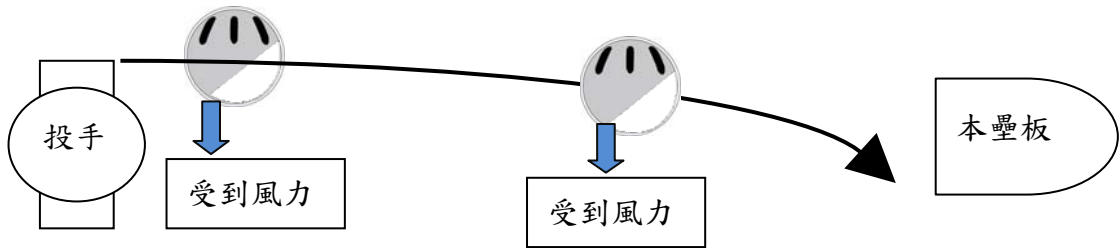
(一)、觀察「美國威浮球」

- 1、八洞全開：由錄影中我們發現右邊三個洞為進風口，左邊三個洞與上下各一個洞為出風口。如照片四十二

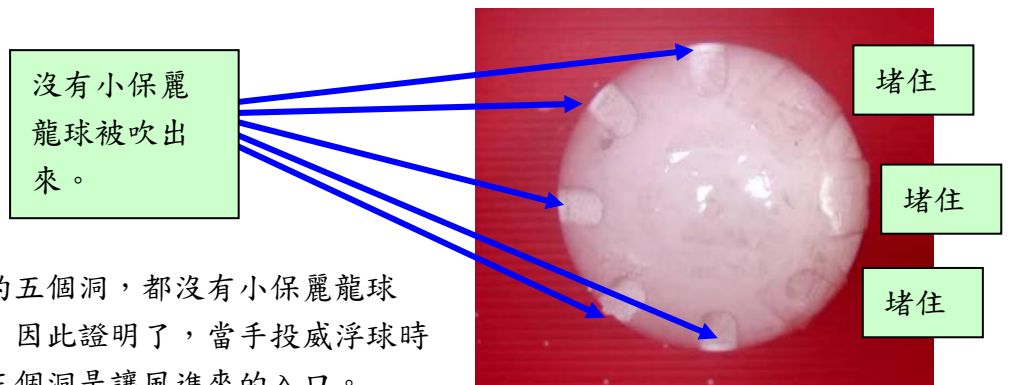
圖中白色部份是剩下的小保麗龍球。綠色箭頭為風力方向。



(1)、從剩餘的保麗龍球傾斜程度我們得知，較低的一方一定受到風力的作用才會越來越少，也因此風是作用在對流孔的另外一邊上。所以當我們投球時威浮球就越往對流孔的反方向移動。如下圖。

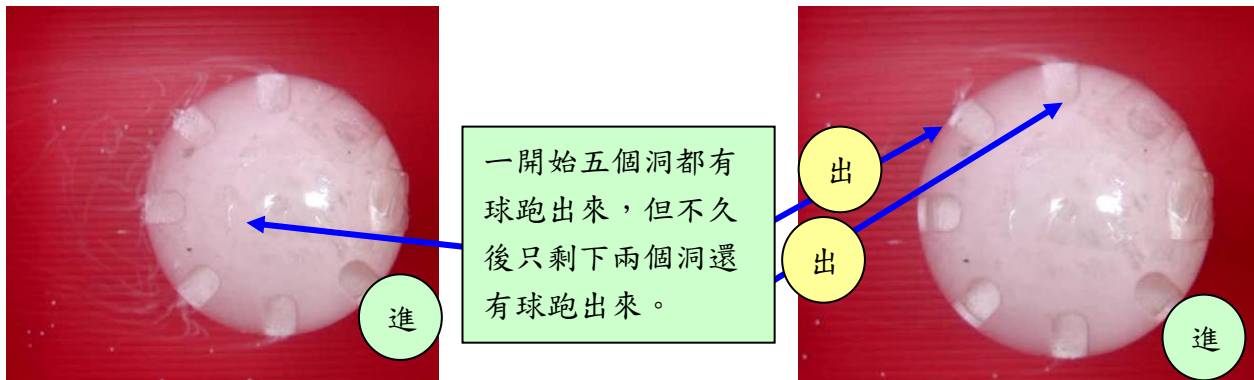


2、堵住「上、中、下」進風口：由上個實驗我們推測右邊的三個洞為進風口，如果真是當我們用膠帶把進風口堵住時，小保麗龍球應該不會被吹走。

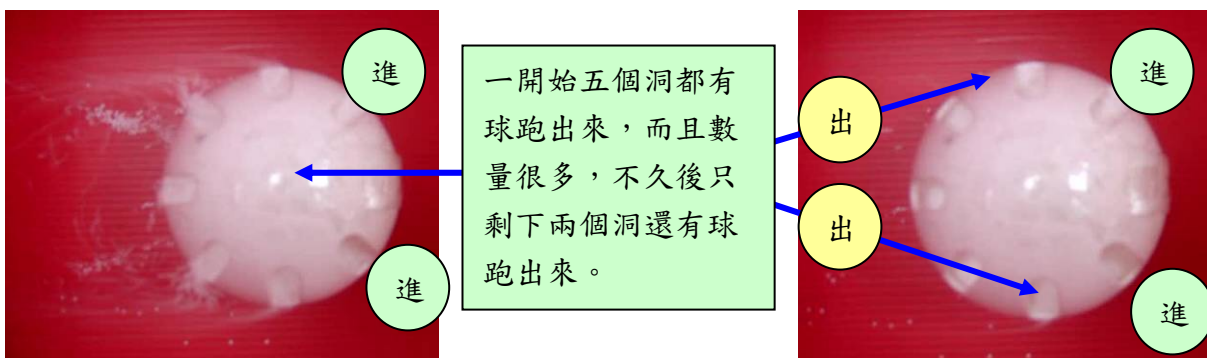


結果：果然剩下的五個洞，都沒有小保麗龍球被吹出來，因此證明了，當手投威浮球時，前面的三個洞是讓風進來的入口。

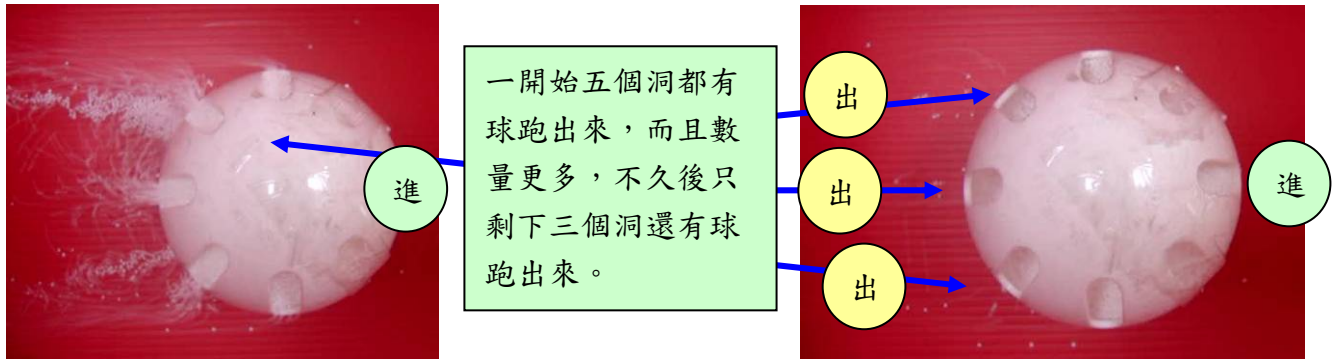
3、堵住「上、中」進風口：



4、堵住「中」進風口：



5、堵住「上、下」進風口：

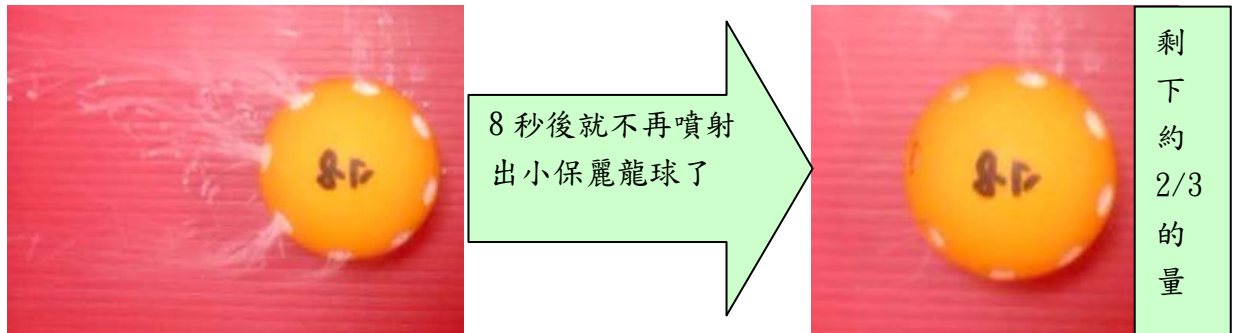


6 結論：

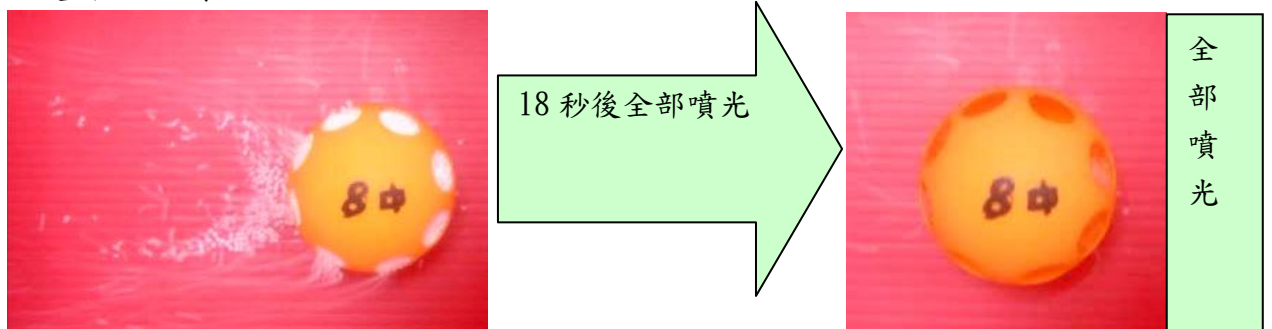
- (1)、從實驗中發現，中間的進風口對威浮球有最大的影響，產生的風力是最大的。其次是上、下兩個進風口。最後是單一(上或下)一個進風口。
- (2)、每個進風口的風量，影響最大的是對面的出風口。

(二)、觀察直徑不同的乒乓威浮球

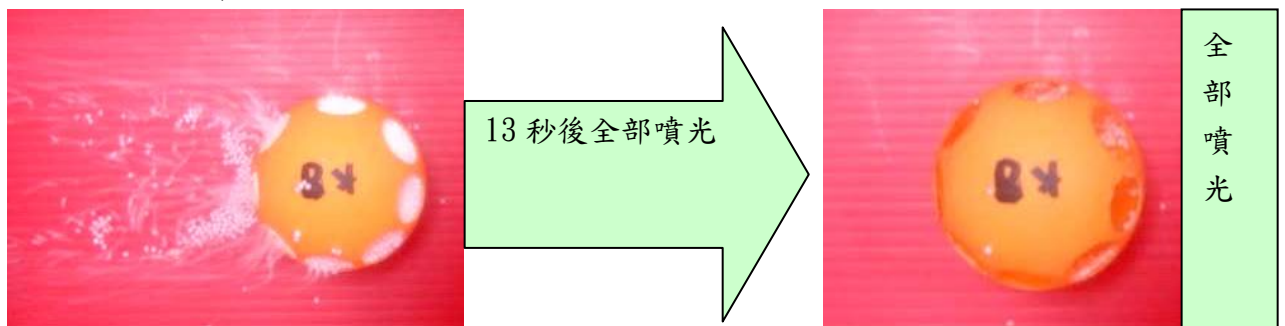
1、直徑 6mm 對流孔



2、直徑 9mm 對流孔



3、直徑 11mm 對流孔



- 4、結論：因為直徑 11mm 的球只需要 13 秒就噴光了，所以對流孔越大，風灌入球內就越大，球偏得也越大。

(三)、觀察相同面積的橢圓形與圓形乒乓威浮球

1、橢圓形威浮球



球內的保麗龍球會
呈現傾斜的效果



2、圓形威浮球



球內的保麗龍球也
會呈現傾斜的效果

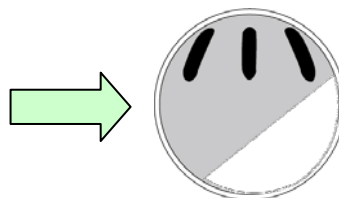


3、結論：我們發現到風進入對流孔時，會在球內形成小龍捲風，而這個小龍捲正是影響球偏的主要風力。

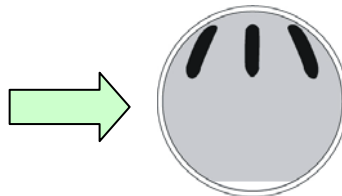
三、利用風洞探討直流風、渦流風、亂流風對威浮球的影響

我們想探討不同形態的風對威浮球有什麼影響？將小保麗龍球放入風洞內，每次進行 20 秒的風吹。

(一)、直流風：將 1369 根吸管放入風洞內，製造出直流風。

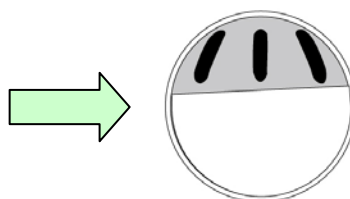
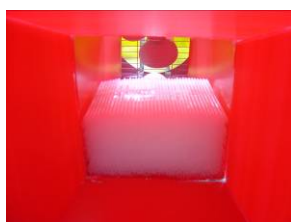


(二)、渦流風：風洞內不放吸管，利用抽風機所產生的即為渦流風。

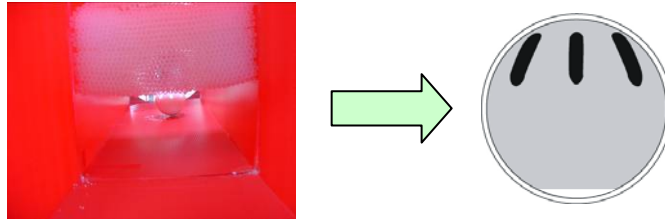


(三)、亂流風：風洞內放一半的吸管(684 根吸管)，另一半不放吸管，借此產生亂流風。

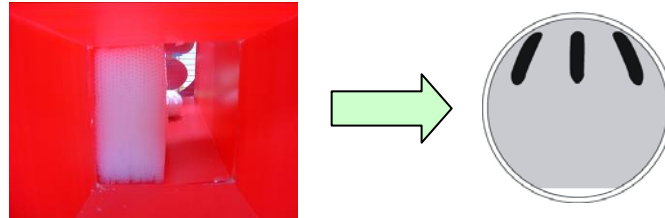
1、吸管平放一半在下面



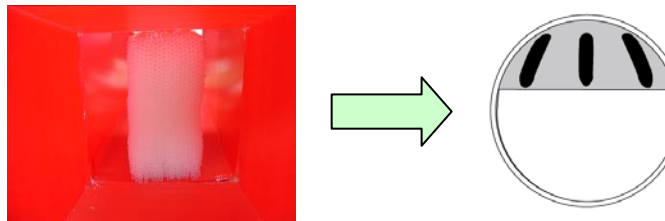
2、吸管平放在最上面



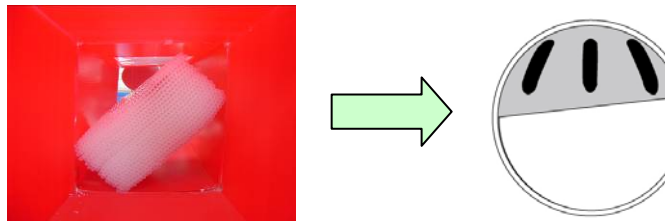
3、吸管直立一半在左邊



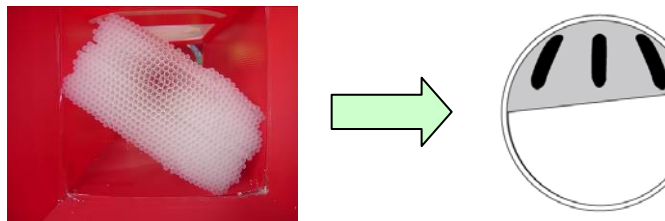
4、吸管直立一半在中間



5、吸管由右上斜到左下



6、吸管由左上斜到右下



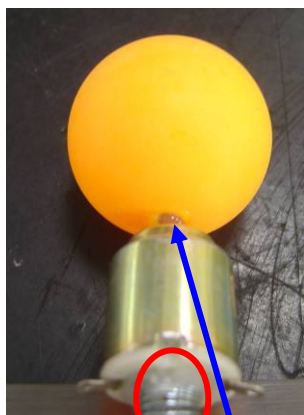
(四)、結果討論

- 1、如果風是屬於直流風，小保麗龍球最後是斜的，而且保麗龍量還剩下一半。
- 2、如果風是屬於旋轉的渦流風，小保麗龍球最後是平的，而且幾乎全部噴出。
- 3、我們探討了六種可能的亂流風，發現到會造成小保麗龍球傾斜的有三種，
傾斜度：右上斜左下 = 左上斜右下 > 平放在下面。而且這三種保麗龍的量都剩一半。
- 4、吸管直放左與平放在上兩種，保麗龍球都只剩下一點，而且都是平的，沒有傾斜。
- 5、吸管直放中的也沒有傾斜，但保麗龍球量還剩一半。
- 6、結果發現如果要投擲威浮球最好選擇在風較平穩的地方，球偏轉才較明顯。

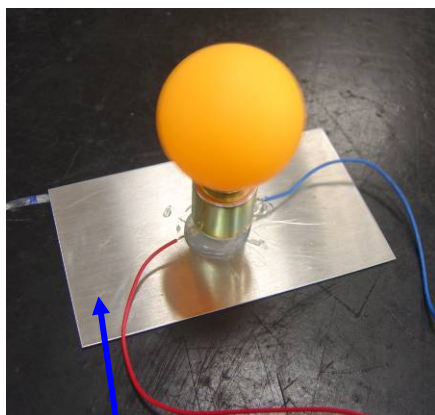
四、利用風洞證明球旋轉時會偏轉

在 14 頁實驗中我們發現到，球由上往下旋轉與下往上旋轉時球落下的距離遠近竟然差了 200 公分左右，是否旋轉方向會造成球偏轉呢？

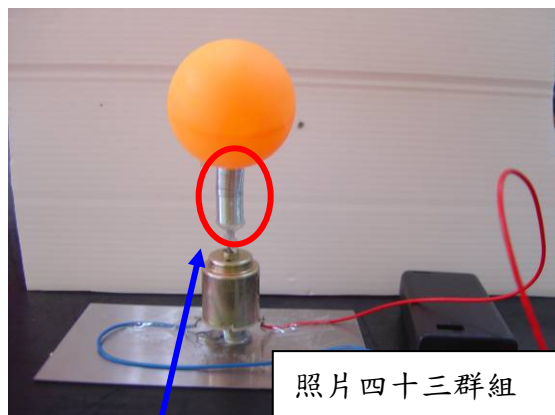
(一)、製作乒乓球旋轉器，如照片四十三群組。



將乒乓球固定在馬達上，並在馬達下方黏上彈簧，使乒乓球可以左右偏。



將彈簧固定在鐵片上，但實驗後發現乒乓球並不會偏轉，所以再利用更長的彈簧固定在馬達與乒乓球之間。



加上彈簧後的乒乓球，旋轉時可以利用彈簧左右彎的特性而看到球的偏轉

(二)、觀察旋轉乒乓球在風洞內的移動狀況



乒乓球順時針旋轉，但還沒有風時。球在正中間



風由左往右吹



乒乓球順時針旋轉，加上風由左往右吹時。乒乓球偏右上

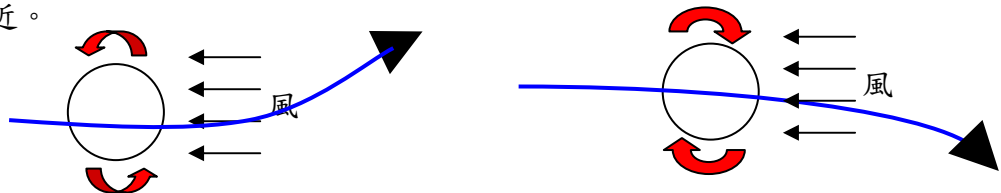
(三)、利用平放式輪轉發球機證明球旋轉時會產生偏轉

我們突然想到之前我們製作的輪轉發球機，如果只讓一邊的輪子旋轉，那不就造成了乒乓球發射出去時旋轉，這樣乒乓球是否會產生偏轉？

	<p>風吹的方向</p>	<p>球行進的方向</p>	<p>實驗結果我們發現，當左輪轉右輪不轉時，球順時針轉，飛行方向偏右邊。</p>
	<p>風吹的方向</p>	<p>球行進的方向</p>	<p>實驗結果我們發現，當右輪轉左輪不轉時，球逆時針轉，飛行方向偏左邊。</p>

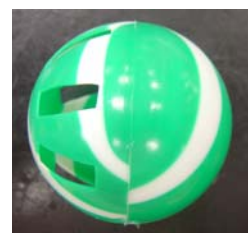
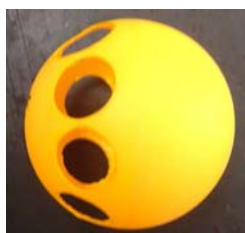
(三)、結論

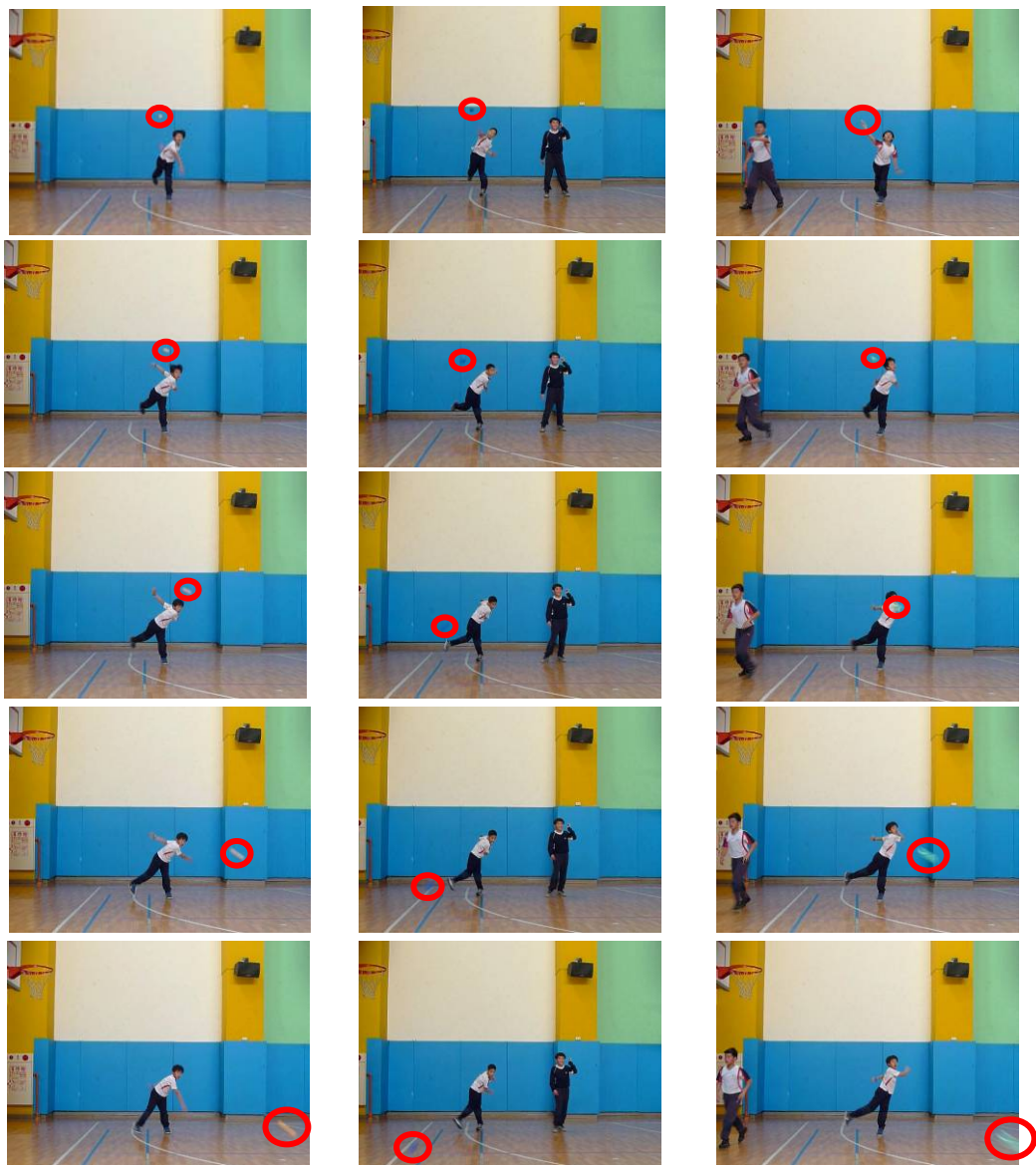
- 1、我們利用風洞與平放式輪轉發球機證明了，當乒乓球旋轉時，球會偏向旋轉與風向相同方向的一邊。因為與風向相同的一邊，總風速會較快，壓力小，所以造成偏轉。
- 2、由此得知，當球由上往下旋轉時，上面旋轉與風向方向相同，球往上推，所以球飛得較遠；同理當球由下往上旋轉時，下面旋轉與風向方向相同，球往下壓，所以球飛得較近。



【研究八】利用湯姆龍球與乒乓球自製威浮球。

我們雖然已經研究出威浮球偏轉的原因，但可惜的是我們仍然無法將美國威浮球投出變化來，不過讓人開心的是我們發現卻可以將自製的乒乓威浮球輕鬆的丟出變化，所以我們猜測美國威浮球太重了，因此我們使用湯姆龍球與乒乓球製作成「大小湯姆龍威浮球」與「乒乓威浮球」(如下照片)，請原本在研究一試投的8位學生與2位老師再試投這三種球，最後填寫心得。心得請詳見實驗記錄本。





結果：大部份的學生都感到好玩，都覺得原來自己也有辦法投出變化球，而且每個人都在尋問怎麼做這種球？這讓我們感到非常高興，因為我們的研究讓大家可以玩得非常的開心，這樣我們的努力就值得了。

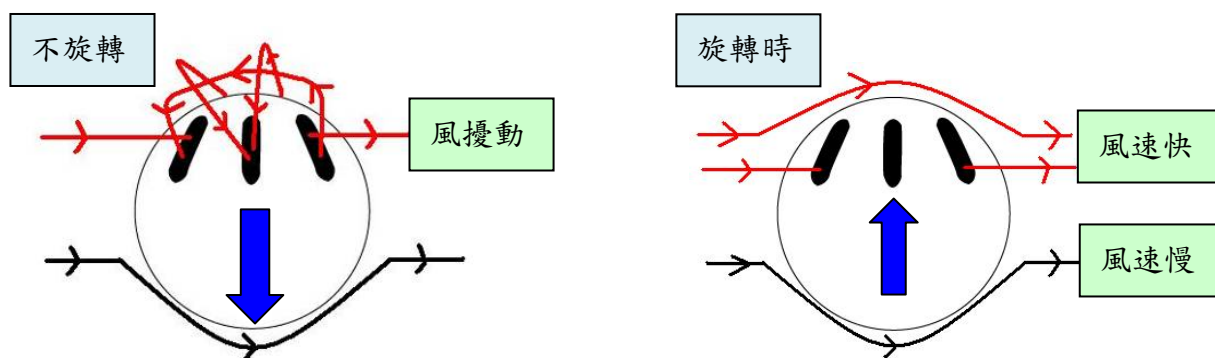
伍、討論

- 一、在使用彈力發射器觀察威浮球的偏轉時，手會不小心轉一小點方向，這樣就會導致實驗結果不同。為了更精準控制好變因，我們製作輪轉發球機，減少實驗誤差。
- 二、在製作輪轉發球機時，我們曾經使用四驅車的馬達，但實驗結果發現乒乓球飛行的距離並沒有更理想。尋問老闆後才發現，馬達有分成高轉速以及高扭力兩種，而我們買成高轉速馬達。後來老闆建議我們用普通的馬達就可以了。
- 三、製作輪轉發球機我們遇到了很多困難，有電源不穩、馬達威力太弱、乒乓球怎麼送？…等，其中最困難就是輪子距離太遠沒辦法碰到乒乓球，為了能夠調整兩輪之間的距離，原本自製滑道，但沒想到會彈開，最後終於利用蝴蝶標本架來解決調整兩輪距離的問題。

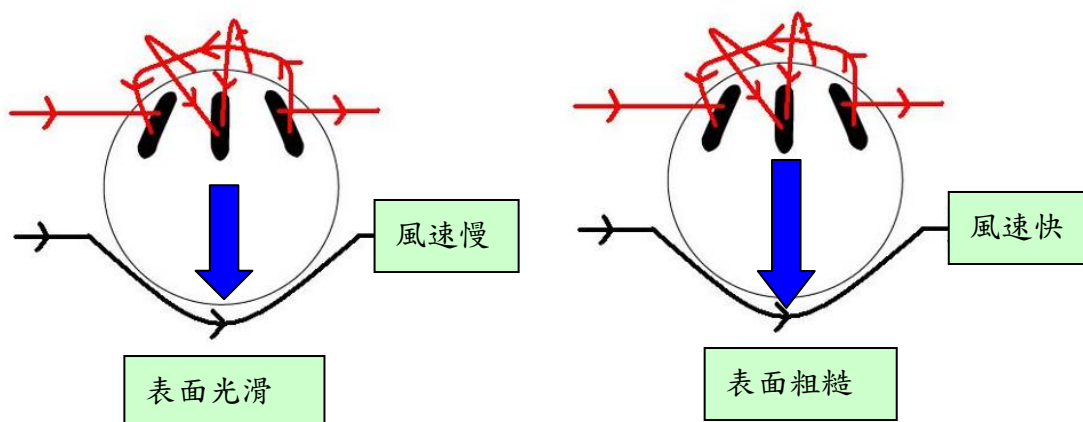
- 四、在測量偏轉角度時，為了能夠精確的測量出角度於是我們要尋找出球的落點，我們利用博士膜、黏鼠板、太白粉與鹽，最後終於使用鹽找球的落點。要特別注意每次測量完後一定要用尺再抹平，不然會搞混這一次的落點是哪一個？
- 五、為了計算圓形與橢圓形面積，我們上網找方法後還是看不懂怎麼算？最後還是經過老師的講解才瞭解。
- 六、在利用輪轉發球機與乒乓威浮球觀察偏轉方向時，我們一度以為乒乓威浮球是朝與洞相同的方向偏轉，因為不管我們兩輪都開，或只開上輪或下輪，實驗結果都是偏向洞的一方。後來才發現，原來因為洞太小所以風灌不進去所造成。

陸、結論

- 一、威浮球在不同的狀況時，所受到的力不相同。
- (一)、當威浮球不旋轉時，主要受到風力的擾動而產生偏轉，方向與洞相反。如下頁圖片。
- (二)、當威浮球旋轉時，風較少灌入對流孔，主要因為上下風速不同而產生偏轉，方向與洞相同。如下頁圖片。



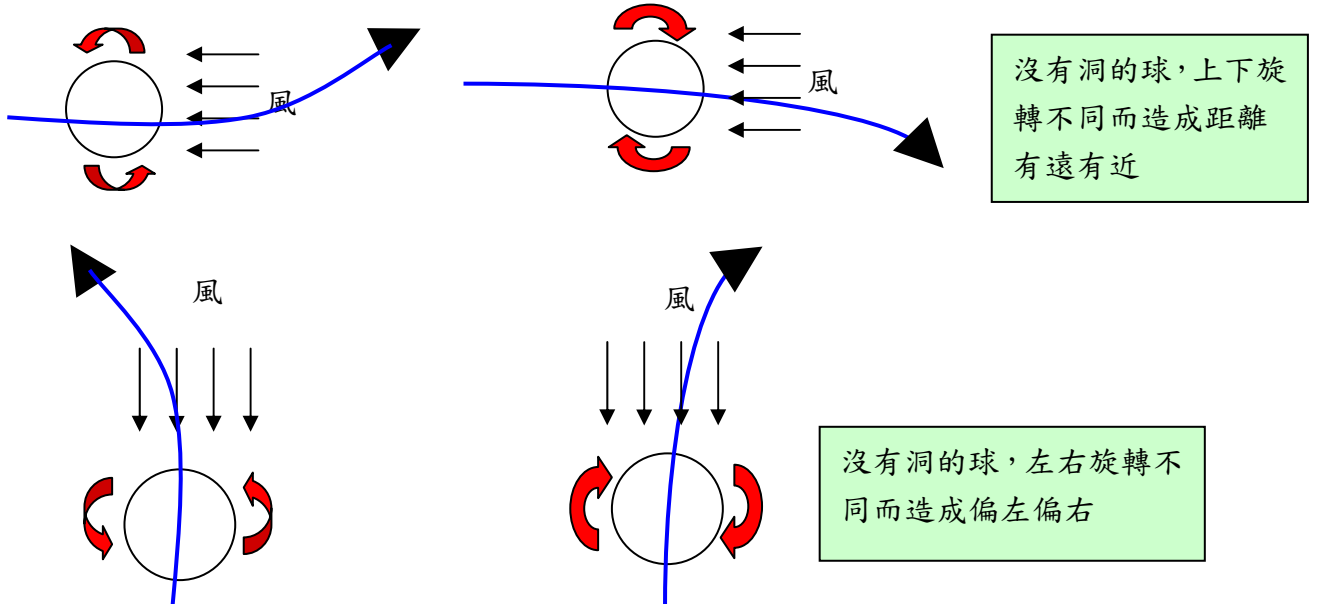
- 二、威浮球主要偏轉是因為風的擾動而產生偏轉，所以風要灌入球內影響才會大。因此「對流孔大」、「對流孔數量多」與「進風孔數與出風孔數多」則威浮球偏轉角度越大。
- 三、實驗中對流孔以圓形偏移較多，但如果是圓形的會造成對流孔數量較少，對流孔間距太短易斷裂，所以威浮球還是採用較細長的形狀為佳。
- 四、威浮球表面如果越粗糙，則當風經過時產生阻力，而使風跑得更快，因此偏轉越多。如下圖片。



- 五、對流孔集中在球的半面偏轉效果最好，整個球都是洞與球中間是洞偏轉效果均不佳。
- 六、直流風對威浮球產生變化最明顯，所以投擲威浮球最好選擇風較平穩的地方。

七、利用乒乓威浮球實驗時，當兩輪上下速度不同時，會因為（1）球轉太快，風灌不進去球，（2）有挖洞的那邊較輕，兩項因素造成乒乓威浮球偏轉方向與洞相同。

八、利用風洞與乒乓旋轉器，我們觀察出（1）威浮球確實會受到一股較強的風力而使球偏轉。（2）沒有洞的球也會因為上下左右的旋轉而造成距離有遠有近，方向偏左偏右。



柒、參考資料及其他

一、雷克.萊爾頓 王心瑩譯 波西傑克森 遠流出版社

二、威浮球投法：

<http://twbsball.dils.tku.edu.tw/wiki/index.php/%E5%A8%81%E6%B5%AE%E7%90%83>

三、威浮球起源：

http://jacky790723.byethost33.com/index.php?option=com_content&view=article&id=5:2009-09-26-04-52-44&catid=8:2009-08-31-12-40-07&Itemid=18

【評語】 080119

現象的詮釋與原理的理解頗為適切，依需求(研究)自製符合實驗器材的精神值得鼓勵。