

# 中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 物理科

080118

「直」棒「旋」手--探究瓶蓋棒球的飛行秘密

學校名稱：彰化縣彰化市泰和國民小學

作者： 小六 汪書帆 小六 劉孟霖 小五 李宇堯	指導老師： 黃馨誼
-----------------------------------	--------------

關鍵詞：瓶蓋棒球、馬格努斯效應

## 摘要

本研究利用瓶蓋取代棒球，透過自行製作的瓶蓋發射器來探究各種因素對球路的影響。結果發現：無論瓶蓋凹面朝上或下，發射後大致會在 0.4 秒飛到最高點，但瓶蓋凹面朝上發射時較穩定，不但飛行距離較遠、飛得較高，落點也比凹面朝下接近中央。發射角度會影響飛行距離，30 度時能飛最遠。瓶蓋中間若挖半徑 0.25 公分的圓洞，洞數多寡對於飛行距離的影響不太明顯，落點無規則可循；但若只挖一個洞，半徑越大飛越遠。適當地配重增加瓶蓋質量能加強飛行距離，當瓶蓋內部增重在 2.9 公克時，能讓飛行距離變長。

## 壹、研究動機

我們這一組的研究方向，大部分都集中在運動方面，恰巧網路上看到一個有趣的運動，稱為「瓶蓋棒球」，這是一種來自日本的運動，深深吸引我們的眼球。這個運動是拿瓶蓋當棒球，用手指彈出去，是一個在室內也能玩的棒球，注重於投手與打者的技術。我們將焦點放在瓶蓋上，並嘗試製作出發射器，來探究瓶蓋放置方向、使否挖洞，以及配重等因素，對於飛行距離與落點的影響。

## 貳、研究目的

- 一、探討瓶蓋正反對球路的影響。
- 二、探討發射角度對球路的影響。
- 三、探討洞的數量對球路的影響。
- 四、探討洞的大小對球路的影響。
- 五、探討瓶蓋配重對球路的影響。

## 參、研究設備與器材

		
攝影器材：攝影機、腳架、平板		捲尺
		
打洞器	量角器	寶特瓶蓋(外半徑 1.5cm)
		
發射器材料：30 號橡皮筋(對折約 12cm；寬 0.5mm)、智高積木、木製咖啡攪拌棒、瓦楞紙板、竹筷		
		
華司	精密電子秤 (可量測至小數點第 2 位)	

## 肆、研究過程或方法

### 一、認識瓶蓋棒球

瓶蓋棒球的發明者是日本的日野湧也，曾就讀京都大學法學系；他在 12 歲時意外發現自己有「丟瓶蓋的天賦」，經常在上課時趁老師不注意，將瓶蓋順利丟進垃圾桶裡，並以此為樂讓他丟瓶蓋的技能日益精進。他甚至創立了國內第一個「瓶蓋棒球」社團，積極推廣「丟瓶蓋運動」。瓶蓋的體積小、重量輕，「投球」時必須依靠大拇指與中指夾住瓶蓋，且運用手臂往前伸時，同時將瓶蓋彈出才行，如果想要投出不同球路，還要控制手指的方向與角度，以改變瓶蓋路徑。

### 二、製作瓶蓋發射器

1. 發射盤：用 2 片智高積木的底板作為瓶蓋通過的空間，中間間隔出可讓瓶蓋通過的高度。
2. 手把：以冰棒棍作為手把，套進發射器中間的間隔，再用 30 號橡皮筋繞過手把與發射盤，綁住左右兩側。
3. 把發射架用束帶固定在高 47 公分的椅子上，完成本實驗之瓶蓋發射器，發射高度 57 公分，如下圖 4-1。
4. 前端的鉛筆橫向穿過孔洞，可以固定發射器的角度。
5. 左側冰棒棍拉拉到底，利用橡皮筋彈性發射瓶蓋。
6. 發射器的動力來源是 30 號橡皮筋，但橡皮筋不像彈簧一樣遵守虎克定律，長度和力道不成比例，為了避免橡皮筋造成實驗的誤差，所以每組實驗後就要更換橡皮筋。



圖 4-1：瓶蓋發射器

### 三、實驗與紀錄方法

1. 研究環境：本校位於 3 樓大禮堂，為室內無風環境，
2. 地上固定捲尺長度 5.5 公尺，一端放置發射器，一端放置椅子作為記號以利影像分析。
3. 固定攝影機，使畫面能拍入整個實驗範圍，以觀測瓶蓋的飛行距離；在發射器正對面設置平板，用來拍攝瓶蓋的落點，設置方式如圖 4-2。
4. 利用自製的發射器(圖 4-1)將瓶蓋發射出去。每一組均實驗 5 次並錄影。
5. 利用 tracker 軟體分析影像，分析瓶蓋飛行軌跡與距離。



圖 4-2 實驗場地設置

### 四、數據整理方法：以影片分析

#### (一)飛行距離

1. tracker 載入影片檔。
2. 新增校正桿：將校正桿兩端取出畫面中捲尺所量測之長度作為比例尺，標記 5.5m。
3. 顯示坐標軸：將原點設在瓶蓋發射器出口。
4. 新增質點：使用質點標記每畫格中瓶蓋位置，以紀錄移動軌跡。如圖 4-3。

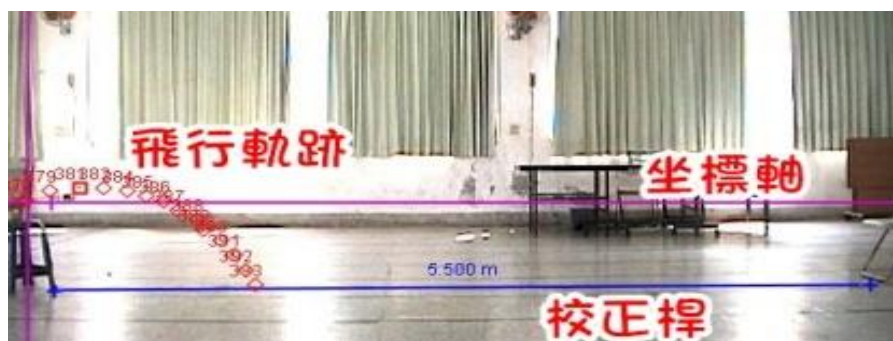


圖 4-3：飛行距離的分析方式

5. 調出表格與圖片資料：水平移動距離(x 分量位置)、飛行軌跡。
6. 利用 google 試算表計算每組實驗的平均，並繪製圖表。

## (二)落點：

1. tracker 載入影片檔。
2. 新增座標軸：將原點設在瓶蓋發射器出口。
3. 新增量角器：使用量角器測量瓶蓋和中線的夾角，將 $\pm 90$ 度與 Y 軸重合，測量線（虛線）對準瓶蓋，使中央出現角度。
4. 瓶蓋如掉在右側，如圖 4-4，則為正值；如在左側則為負值。

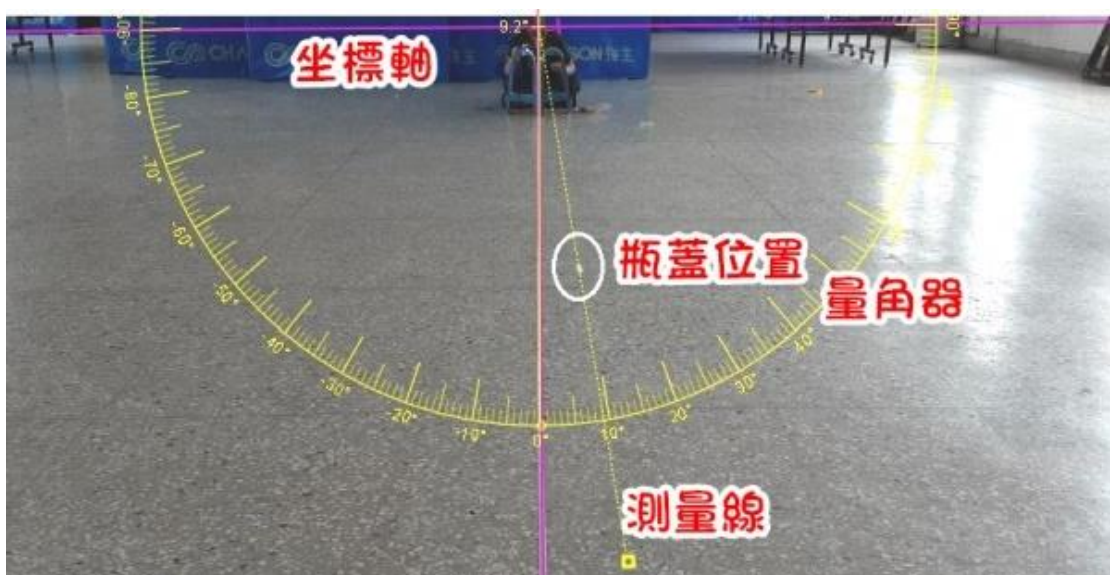


圖 4-4：落點的分析方式

## 五、實驗設計

### (一)探討瓶蓋正反面發射對瓶蓋棒球飛行的影響

操作變因：凹面朝下(正面)、瓶蓋凹面朝上(反面)

控制變因：未打洞、發射角度(30 度)、未配重、瓶蓋外半徑 1.5cm



圖 4-5：瓶蓋正面



圖 4-6：瓶蓋反面

(二)探討瓶蓋發射角度對瓶蓋棒球飛行的影響

操作變因：發射角度(20、30、40、50、60 度)

控制變因：洞的數量（0 個）、發射角度（30 度）、瓶蓋反面、未配重、  
瓶蓋外半徑 1.5cm

(三)探討瓶蓋洞的數量發射對瓶蓋棒球飛行的影響

操作變因：洞的數量(0、1、2、3 個)

控制變因：發射角度（20 度）、瓶蓋反面、未配重、洞半徑 0.25cm、  
瓶蓋外半徑 1.5cm



圖 4-7：瓶蓋打洞數

(四)探討瓶蓋洞的大小發射對瓶蓋棒球飛行的影響

操作變因：洞的大小(無洞、半徑 0.1cm、0.25cm、1cm)

控制變因：洞的數量（1）發射角度（30 度）、瓶蓋反面發射、未配重、  
瓶蓋外半徑 1.5cm



圖 4-8：瓶蓋打洞數

(五)探討瓶蓋配重對瓶蓋棒球飛行的影響

操作變因：利用貼華司控制重量，華司數量從 0~4 個，使用電子秤秤重，重量由輕到  
重依序是 1.82g(對照組)、2.6g、2.9g、3.4g、3.7g。

控制變因：未打洞、發射角度（30 度）、瓶蓋反面發射、瓶蓋外半徑 1.5cm



圖 4-9：瓶蓋配重方式

## 伍、研究結果與討論

### 實驗一：探討瓶蓋正反面發射對瓶蓋棒球飛行的影響

表 5-1：瓶蓋正反面的飛行距離紀錄表

瓶蓋方向 飛行 距離(m)	正 (凹面朝下)	反 (凹面朝上)
1	5.410	5.980
2	5.700	5.920
3	5.040	6.530
4	6.380	5.940
5	5.490	6.240
平均	5.604	6.122

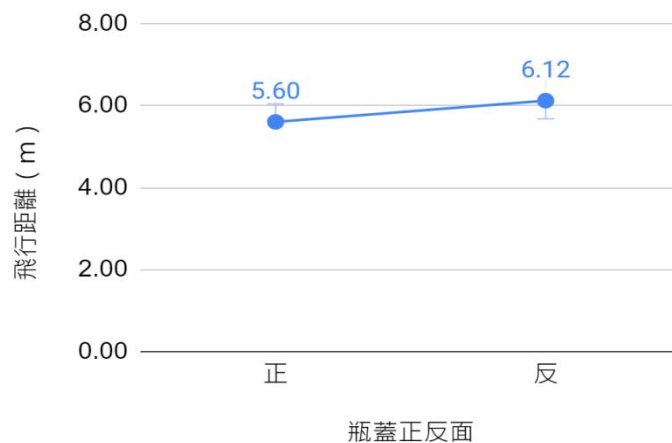


圖 5-1：瓶蓋正反面時的飛行距離結果折線圖

1. 根據圖 5-1，瓶蓋正反面的飛行結果有差異，反面的飛行距離較遠，由表 5-1 的標準差也可知，反面時的各組數據差異較小，飛行較正面穩。
2. 比較第 59 屆中小學科展國小物理組作品—「變化多端的瓶蓋棒球」的實驗結果，它們發現反面瓶蓋發射時，飛行較快速、距離也較遠，這一部分與我們的研究結果相同。推測反面瓶蓋下方平整，不如瓶蓋正面發射時下方有凹凸，受空氣摩擦力影響較小，飛行時不容易受風阻影響。



表 5-2：瓶蓋正反面的飛行高度變化紀錄表(單位：m)

時間 (s)	正面						反面					
	1	2	3	4	5	最高點 平均	1	2	3	4	5	最高點 平均
0.1	0.470	0.460	0.530	0.470	0.410	0.892	0.710	0.510	0.530	0.510	0.440	0.904
0.2	0.650	0.740	0.710	0.800	0.550		1.000	0.750	0.710	0.730	0.770	
0.3	0.760	0.900	0.800	1.030	0.640		1.180	0.810	0.800	0.740	0.900	
0.4	0.730	0.990	0.800	1.170	0.650		1.260	0.820	0.800	0.610	0.900	
0.5	0.580	0.970	0.670	1.260	0.560		1.190	0.670	0.670	0.380	0.810	
0.6	0.360	0.890	0.480	1.170	0.390		1.020	0.440	0.480	0.060	0.600	
0.7	0.040	0.710	0.170	1.030	0.180		0.660	0.060	0.170	-0.400	0.320	
0.8	-0.320	0.420	-0.160	0.770	-0.150		0.420	-0.400	-0.160	-0.810	0.030	
0.9		0.060	-0.500	0.430	-0.520		0.000		-0.500		-0.390	
1.0		-0.330		0.030	-0.860		-0.430					
1.1		-0.750		-0.490								

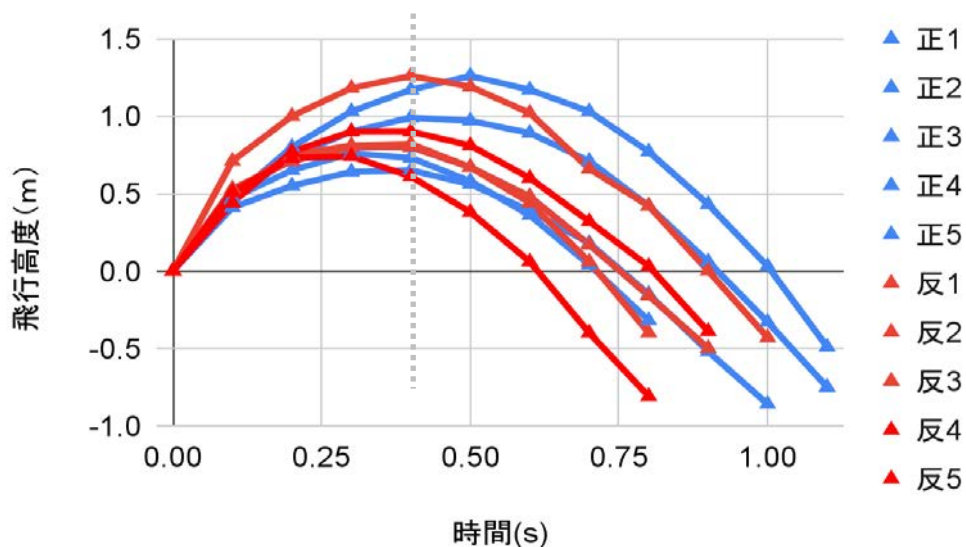


圖 5-2：瓶蓋正反面的飛行高度變化折線圖

- 觀察圖 5-2 可以發現，無論瓶蓋如何擺放，發射之後大致都會在 0.4 秒左右飛到最高點，之後才斜斜的落下，不過相比之下反面的飛行高度也比正面高。

表 5-3：瓶蓋正反面的飛行速度變化紀錄表（單位：m/s）

時間(s)	正面						反面					
	1	2	3	4	5	平均	1	2	3	4	5	平均
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.04	7.000	8.090	9.230	8.200	8.040	8.110	9.030	5.970	7.800	8.520	9.100	8.080
0.1	6.900	5.350	7.120	5.550	4.850	5.950	8.430	6.090	7.300	8.370	8.500	7.740
0.2	6.940	5.620	6.670	6.720	5.260	6.240	7.500	6.660	7.000	7.590	8.280	7.410
0.3	6.870	5.300	5.320	5.950	4.830	5.650	6.200	6.780	6.580	7.130	7.390	6.820
0.4	6.580	5.110	5.200	5.150	5.310	5.470	5.890	6.960	6.260	7.940	6.830	6.780
0.5	5.990	4.710	4.800	5.180	4.920	5.120	5.380	7.220	6.460	6.340	6.200	6.320
0.6	5.500	4.710	4.850	4.560	5.370	5.000	5.760	7.710	6.430	6.910	5.760	6.510
0.7	4.920	5.020	4.690	5.070	5.710	5.080	5.000	7.630	6.820	7.090	6.200	6.550
0.8	4.940	5.090	4.950	5.210	5.620	5.160	5.340	7.860	6.800	5.500	6.040	6.310
0.9		5.030	3.550	5.290	5.630	4.880	4.180		6.950		5.250	5.460
1.0		5.010		5.550	4.100	4.890	4.090		5.400			4.750
1.1				5.230		5.230						

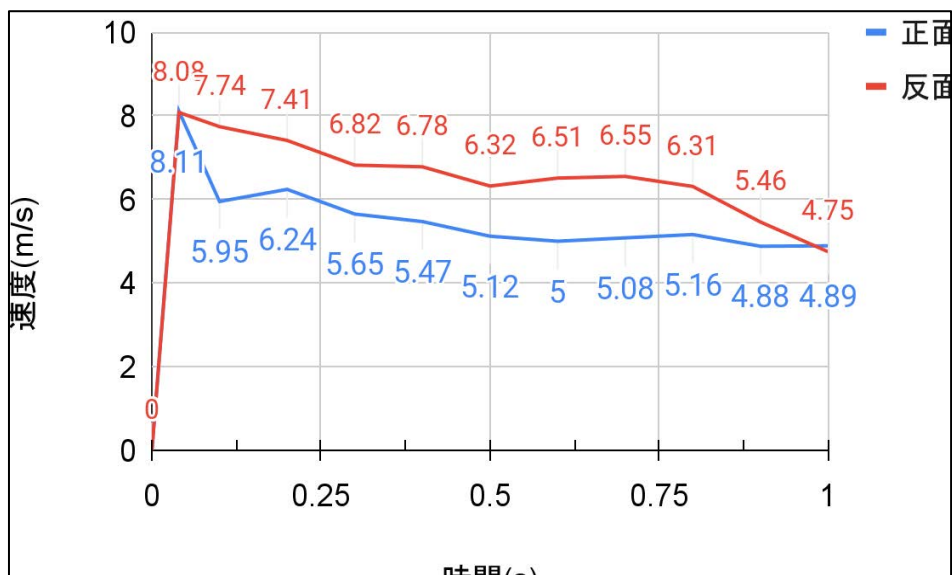


圖 5-3：瓶蓋正反面的飛行速度變化折線圖

- 根據圖 5-3，瓶蓋剛開始發射時的速度會衝很快，秒速可達每秒 8 公尺，之後開始緩緩地變慢。
- 整個飛行過程中，正面的速度皆比反面慢；實驗中也觀察到，瓶蓋凹面向下，也就是正面時飛行較不穩，會出現左右搖晃的狀況。

表 5-4：瓶蓋正反面的落點紀錄表

瓶蓋方向 落點偏角(度)	正面	反面
1	0	9.5
2	-25.3	-13.8
3	41.5	2.1
4	-29.5	20.8
5	25.1	-2.5
標準差	31.0	13.0

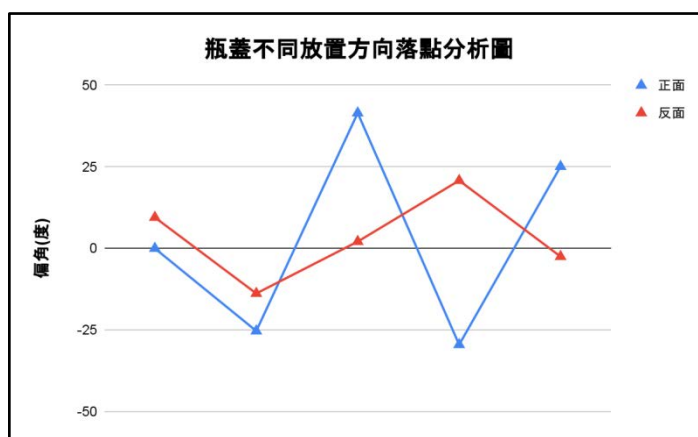


圖 5-4：瓶蓋正反面時的落點分析折線圖

- 如圖 5-4 可知，瓶蓋正面時的飛行不穩定，距離中心偏角大，各組差異也大，狀況較不穩定。
- 綜合上面所得，瓶蓋棒球應以凹面朝上來發射會較為穩定。

## 實驗二：探討發射角度對瓶蓋棒球飛行的影響

表 5-5：發射角度不同時的飛行距離紀錄表

發射角度(度) 飛行距離(m)	20	30	40	50	60
1	2.742	4.422	3.403	2.489	1.620
2	3.086	3.570	3.169	2.669	1.440
3	2.563	3.532	3.214	2.017	0.980
4	3.193	3.965	3.263	2.574	1.360
5	3.088	3.403	2.126	2.910	1.820
平均	2.934	3.778	3.035	2.532	1.444

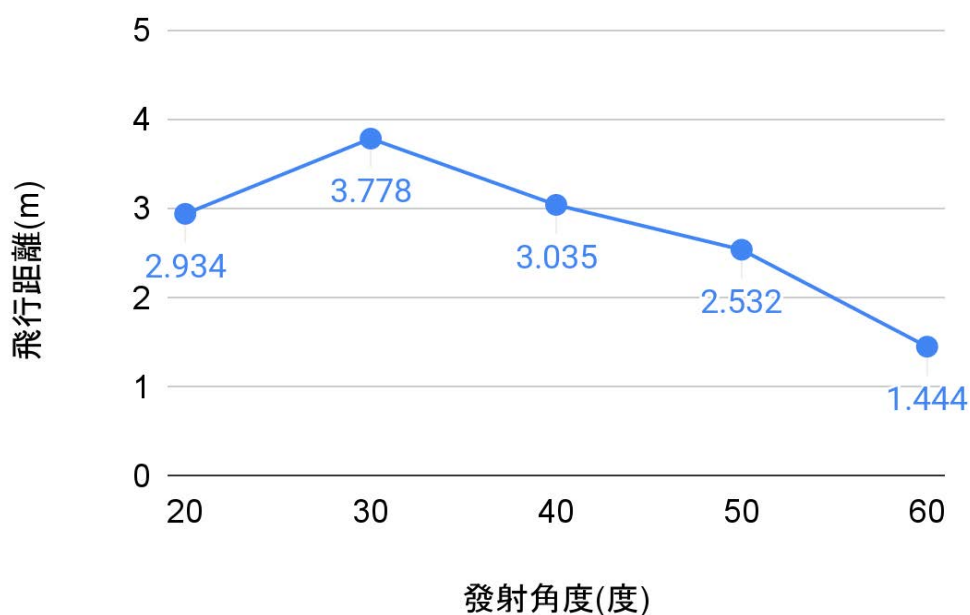


圖 5-5：發射角度不同時的飛行距離結果

1. 發射角度會影響飛行距離，30 度時可以飛最遠，隨著角度越高距離越近。

表 5-6：瓶蓋不同發射角度時的落點偏角紀錄表

發射角度(度) 落點偏角(度)	20	30	40	50	60
1	-13.4	-23.9	45.8	-28.7	28.5
2	1.4	32.4	19.3	10.9	-14.2
3	-15.9	15.1	25.1	3.2	3.2
4	-5.8	5	3.8	7.6	0.3
5	-20	-16	14.9	-12.5	15.1
標準差	8.5	22.9	15.5	16.5	16.1

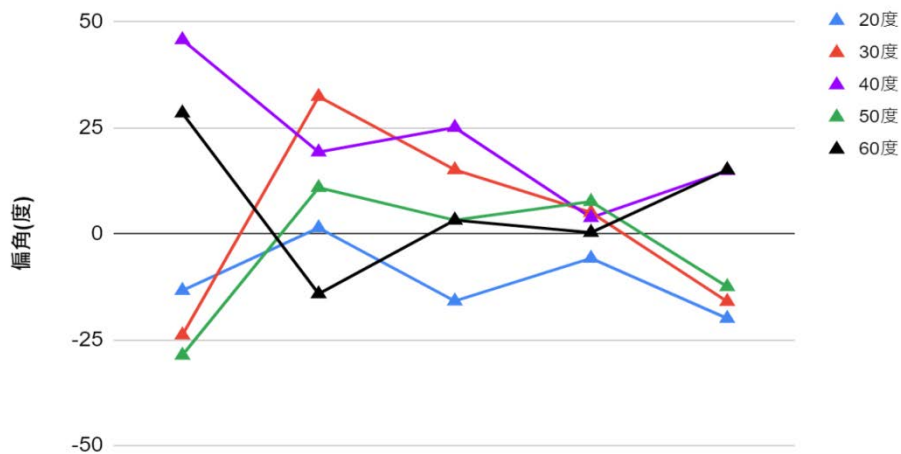


圖 5-6：瓶蓋不同發射角度時的落點分析折線圖

- 根據圖 5-6，相較於其他角度，發射角度 30 度的落點最不穩定，而 20 度時大致都偏於左邊，而且較為穩定接近中央，而 40 度與 60 度則大部分偏向右側。
- 整體而言，以直球的發射方式，當發射角度不同時，落點位置並沒有明顯規則可循，我們認為這可能是因為瓶蓋較輕，即使在無風環境下，還是可能因為風阻導致穩定性變差，因此應該加入配重，看看是否會影響落點。

### 實驗三：探討瓶蓋洞數對瓶蓋棒球飛行的影響

表 5-7：瓶蓋洞數不同時的飛行距離紀錄表

瓶蓋洞數(個) 飛行距離(m)	0	1	2	3
1	3.837	3.167	2.942	3.411
2	3.556	3.918	2.998	3.883
3	3.871	2.583	3.549	3.851
4	4.294	3.291	3.218	2.105
5	3.621	3.298	3.048	3.620
平均	3.640	3.250	3.150	3.370

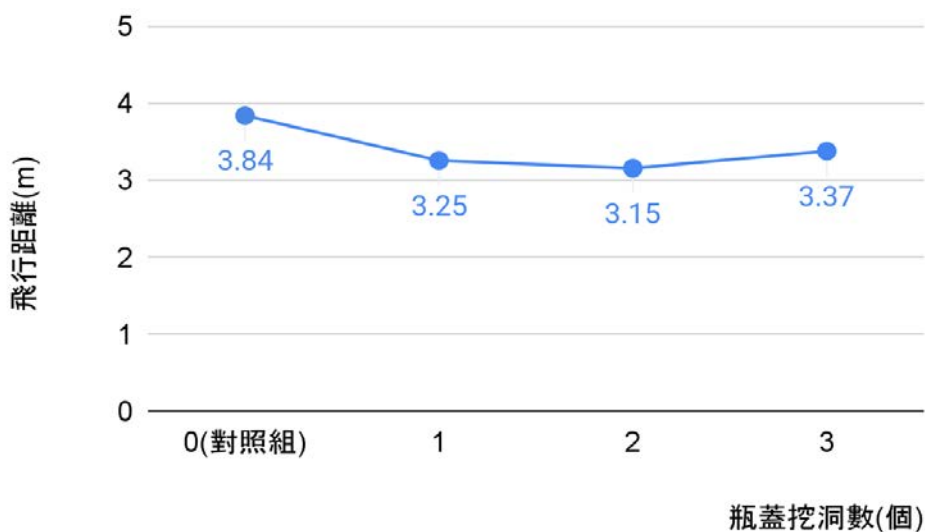


圖 5-7：瓶蓋洞數不同時的飛行距離結果長條圖

1. 本實驗是在瓶蓋上挖半徑 0.25 公分的小洞，從圖 5-7 可以發現，雖然不挖洞的瓶蓋還是飛較遠，但洞的個數對於飛行距離的影響並不明顯。

表 5-8：瓶蓋洞數不同時的落點偏角紀錄表

瓶蓋洞數(個) 落點偏角(度)	0	1	2	3
1	14.3	31.5	-19.8	6.7
2	-4.8	-19.5	19.9	-21.6
3	-12.1	-9.3	-28	-11.3
4	-13.1	-1.4	-5.4	13.1
5	11.7	5.8	16.1	3.4
標準差	13.0	19.3	21.2	14.2

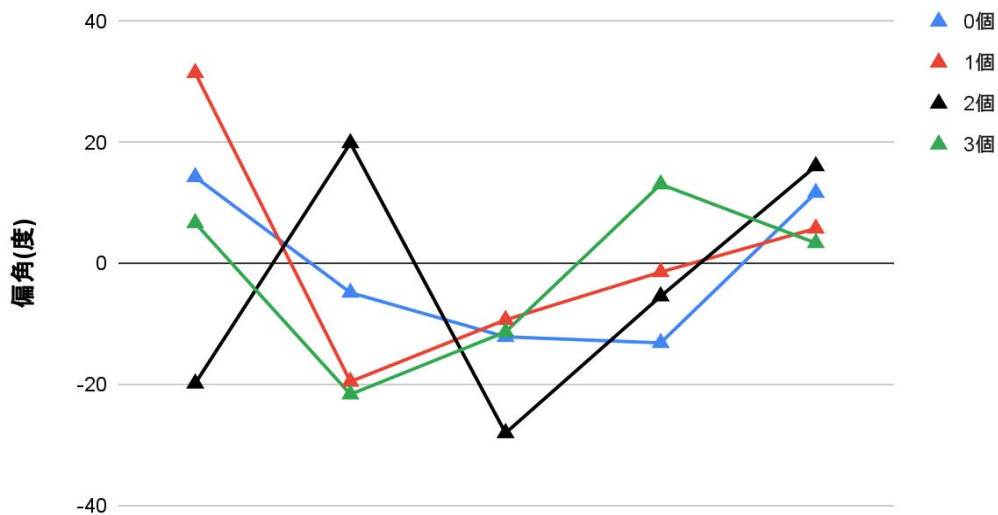


圖 5-8：瓶蓋洞數不同時的落點分析折線圖

- 與前一個實驗相似，以直球的發射方式，若在瓶蓋挖洞，洞的數量對於落點位置並沒有明顯規則可循，但是相較於其他洞數的瓶蓋，還是不打洞較佳。

#### 實驗四：探討瓶蓋洞大小對瓶蓋棒球飛行的影響

表 5-9：瓶蓋洞大小不同時的飛行距離紀錄表

洞半徑(cm)\飛行距離(m)	0(無洞)	0.1	0.25	1
1	3.837	3.470	3.328	5.241
2	3.556	3.829	4.597	5.237
3	3.871	3.237	4.940	4.423
4	4.294	3.234	4.345	5.025
5	3.621	3.438	4.596	4.774
平均	3.836	3.442	4.361	4.940

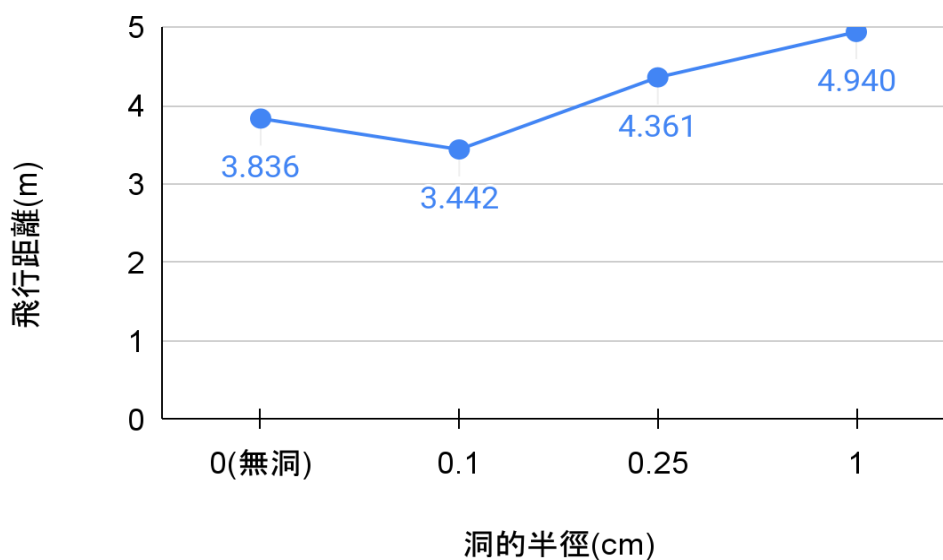


圖 5-9：瓶蓋洞大小不同時的飛行距離結果折線圖

1. 從圖 5-9 可知，瓶蓋中央挖洞最小的瓶蓋的飛行距離跟對照組很接近。
2. 承上，若在瓶蓋挖洞，挖半徑 0.25 公分以上效果明顯變好，可以飛得更遠。



表 5-10：瓶蓋中間挖洞大小不同時的落點偏角紀錄表

瓶蓋中洞 半徑(cm) 落點偏角(度)	0(無洞)	0.1	0.25	1
1	13.3	-13.5	3.9	0
2	-5.5	-25.8	15.9	-20.3
3	-12.1	-17.9	16.3	-16.5
4	-13.1	8.6	9.7	8.8
5	11.7	-20.1	14.8	-10.2
標準差	12.8	13.3	5.3	12.0

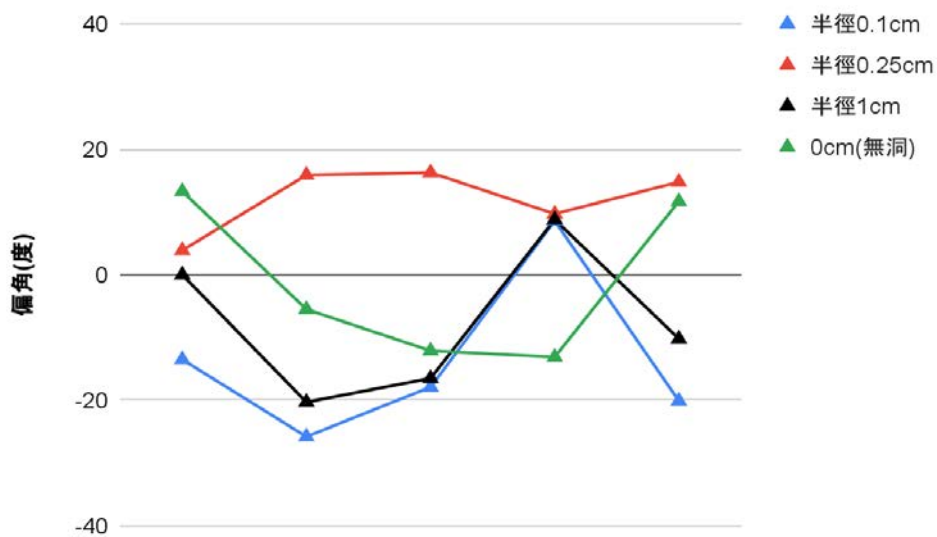


圖 5-10：瓶蓋中間挖洞大小不同時的落點分析折線圖

- 根據圖 5-10，相較於其他洞大小不同的瓶蓋，中洞半徑 0.25cm 的瓶蓋落點皆在右側，位置較為穩定。
- 未挖洞的瓶蓋左右飄移不定，但是偏角皆未超過 15 度，較接近中央。

## 實驗五：探討瓶蓋內配重數對瓶蓋棒球飛行的影響

表 5-11：瓶蓋內配重不同時的飛行距離紀錄表

飛行距離(m) \ 配重(g)	1.82 (對照組)	2.6	2.9	3.4	3.7
1	2.274	2.727	2.556	<del>3.772</del>	2.037
2	2.117	3.072	3.072	2.629	2.333
3	2.112	2.476	3.262	2.93	2.501
4	1.933	2.700	2.767	2.509	2.114
5	2.39	2.409	2.804	2.721	2.382
平均	2.165	2.677	2.892	2.697	2.273

備註：3.4g 瓶蓋的第一組數據與其他組落差太大，因此刪除此數據

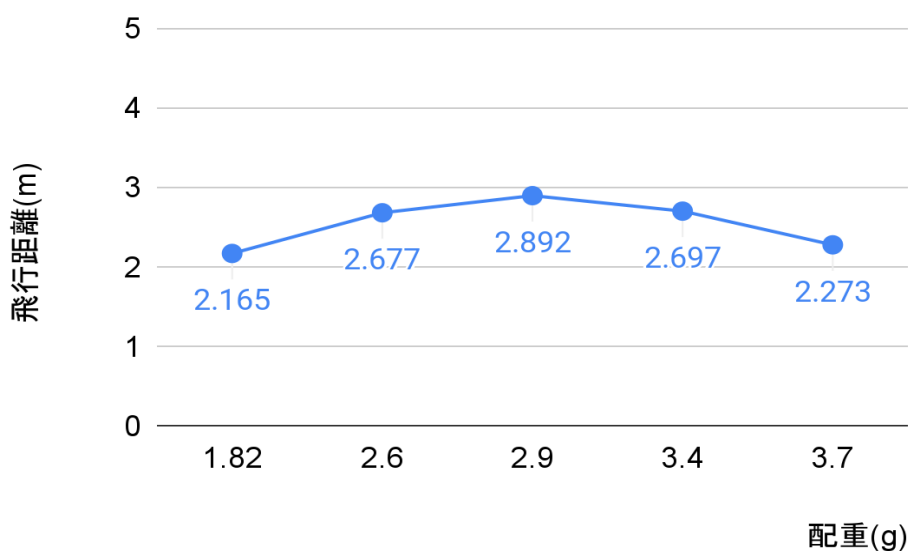


圖 5-11：瓶蓋內配重不同時的飛行距離結果折線圖

1. 觀察圖 5-11 可知，內部增重使瓶蓋重 2.9g 時，能讓飛行距離變長，可見適當地增加瓶蓋重量可加強飛行距離。

表 5-12：瓶蓋內配重不同時的落點偏角紀錄表

落點偏角(度)	配重(g)	1.82 (對照組)	2.6	2.9	3.4	3.7
1		13.3	-15.5	9.8	-5.1	-17.6
2		-5.9	-28.5	-2.2	16.3	-4.9
3		-9.2	-30.9	-12.5	23.7	17.2
4		-10.6	-4.6	-3.6	15.9	17.3
5		8.7	-17.1	-3.8	7.9	1
標準差		11.0	10.7	8.0	10.9	15.0

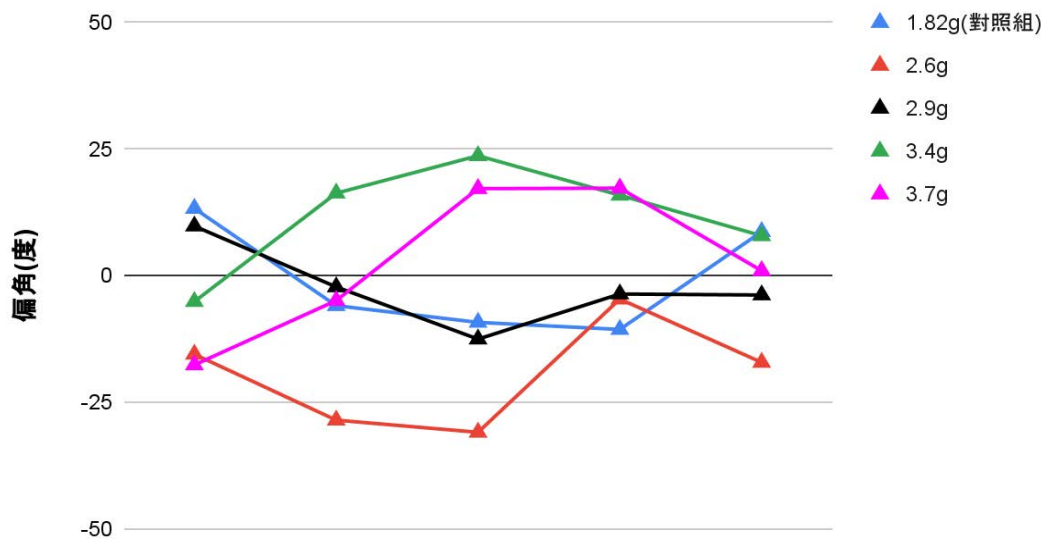


圖 5-12：瓶蓋內配重不同時的落點偏角分析折線圖

2. 根據圖 5-12，瓶蓋增重到 2.9g 後，落點較為穩定，且接近中央。
3. 適當增加配重能夠讓落點偏角較穩定，各組不至於落差太大，且偏向較固定。對照前面的實驗，配重對飛行穩定性的影響明顯，後續可以深入探究。

## 陸、結論

- 一、玩瓶蓋棒球時，瓶蓋不同面飛行的穩定性也不同，凹面朝上來發射時較穩定，飛行距離較遠，飛行過程中速度也比凹面朝下還快。
- 二、無論瓶蓋如何擺放，發射之後大致都會在 0.4 秒左右飛到最高點，之後才斜斜的落下。
- 三、發射角度會影響飛行距離，30 度時可以飛最遠。
- 四、雖然瓶蓋未挖洞飛較遠，但是否挖洞，對飛行距離的影響不太明顯，落點無規則可循。
- 五、瓶蓋若只挖一個洞，半徑越大能飛越遠。
- 六、適當地配重增加瓶蓋質量能加強飛行距離，瓶蓋內部增重在 2.9 時，能讓飛行距離變長。
- 七、各組落點實驗所得到的結果只能表現出穩定性，並沒有明顯的規則或趨勢，因此尚無法預估飛行方向，這是後續可以深入探究的部分。
- 八、我們製作的發射器只以直球的方式推打發射瓶蓋，之後能探究發射旋轉瓶蓋對落點控制是否有幫助。

## 柒、參考資料

- 一、tracker 的安裝與教學，中原大學物理系楊仲準。取自 <http://c002.ndhu.edu.tw/ezfiles/25/1025/img/1231/581613291.pdf>
- 二、施岑瑩、李韋勳、蔡芷妍、項芊瑜、陳懿涵(2019)。變化多端的瓶蓋棒球，中華民國第 59 屆中小學科學展覽會。
- 三、寶特瓶蓋當棒球丟！日本 19 歲男大生超神絕技「變化球」也能丟。取自 ET Today 新聞雲 <https://www.ettoday.net/news/20181012/1279538.htm>

## **【評語】 080118**

本作品探討各種可能影響瓶蓋飛行的變因，本主題雖已多筆相關研究，然在瓶蓋上穿洞與加重，為原創性研究方向。在研究過程中控制變因及觀察記錄仔細但較少定量分析，建議可與之前的科展作品作比較，找尋獨特原創之研究。

## 作品簡報

國小組物理科

# 直棒旋手

探究瓶蓋棒球的飛行秘密

# 前言：什麼是瓶蓋棒球？

瓶蓋棒球發明者：日野湧也

特色：瓶蓋的體積小、重量輕，「投球」時必須依靠大拇指與中指夾住瓶蓋，且運用手臂往前伸時，同時將瓶蓋彈出。

研究目的：

- 一、探討瓶蓋正反對球路的影響。
- 二、探討發射角度對球路的影響。
- 三、探討洞的數量對球路的影響。
- 四、探討洞的大小對球路的影響。
- 五、探討瓶蓋配重對球路的影響。





# 我們如何進行實驗？

1. 在實驗地點設置5.5m的長度
2. 學校禮堂：室內無風
3. 使用發射器發射瓶蓋



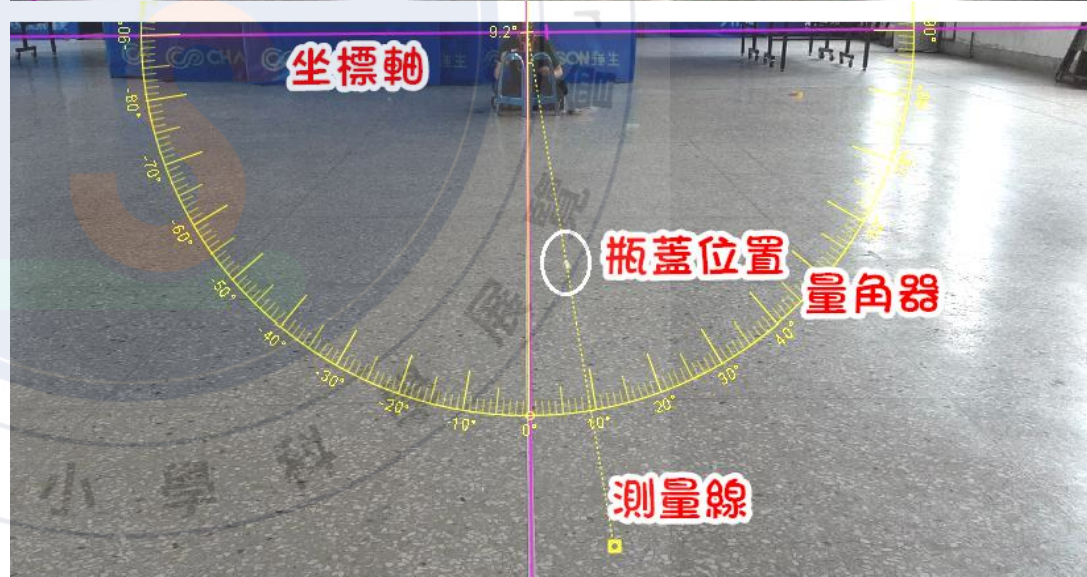
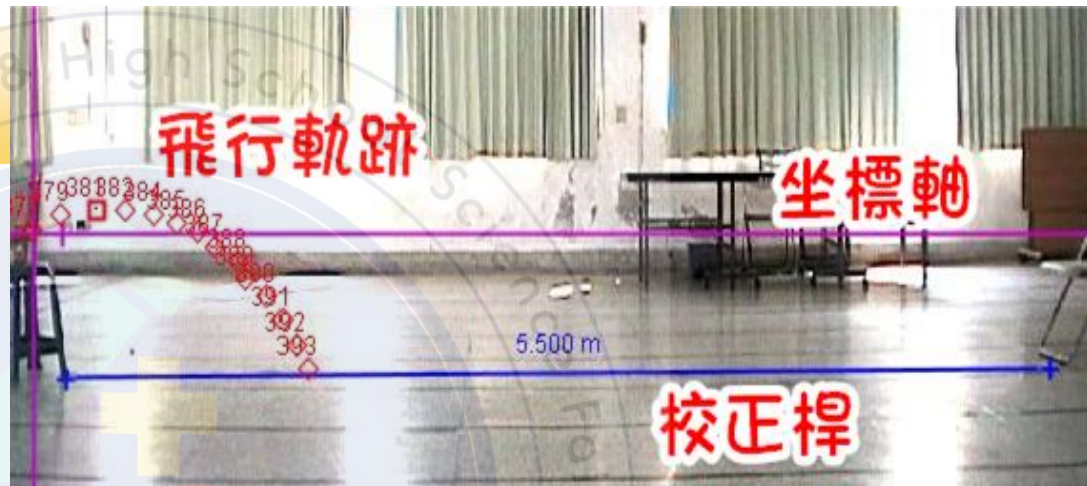
# 資料分析方法

★ tracker分析軌跡、距離：

1. 拉出坐標軸：原點對準發射器
2. 建立校正桿5.5m
3. 新增值點紀錄飛行軌跡及距離

★ tracker分析落點：

1. 拉出坐標軸：原點對準發射器
2. 量出瓶蓋對於發射器的偏角
3. 偏右為正、偏左為負



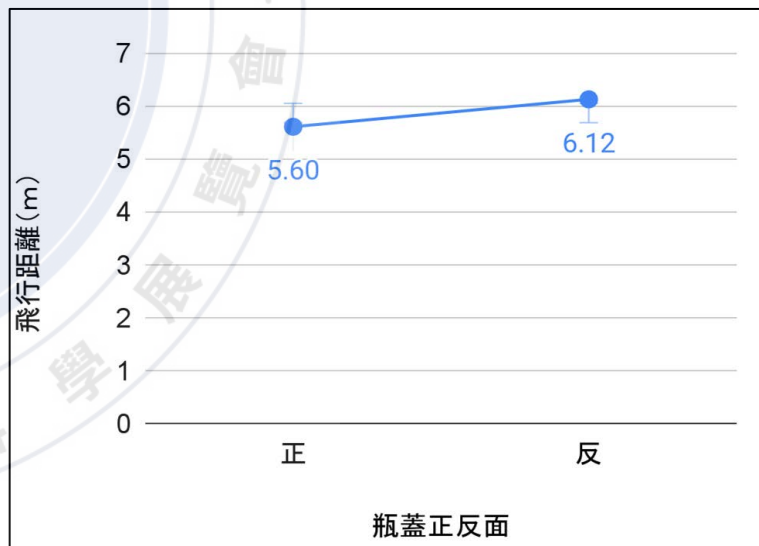
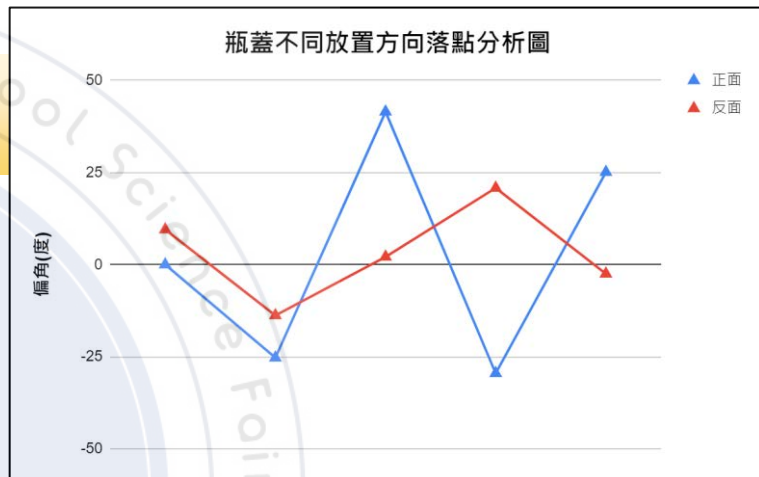
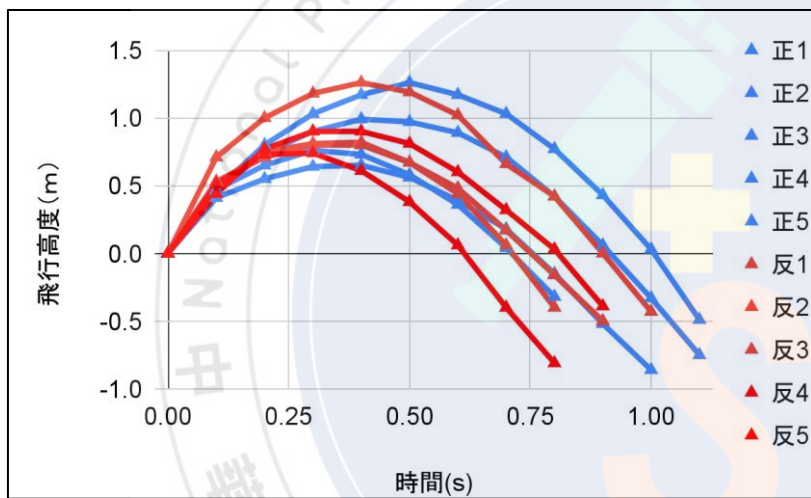
# 實驗一：瓶蓋的正反



正



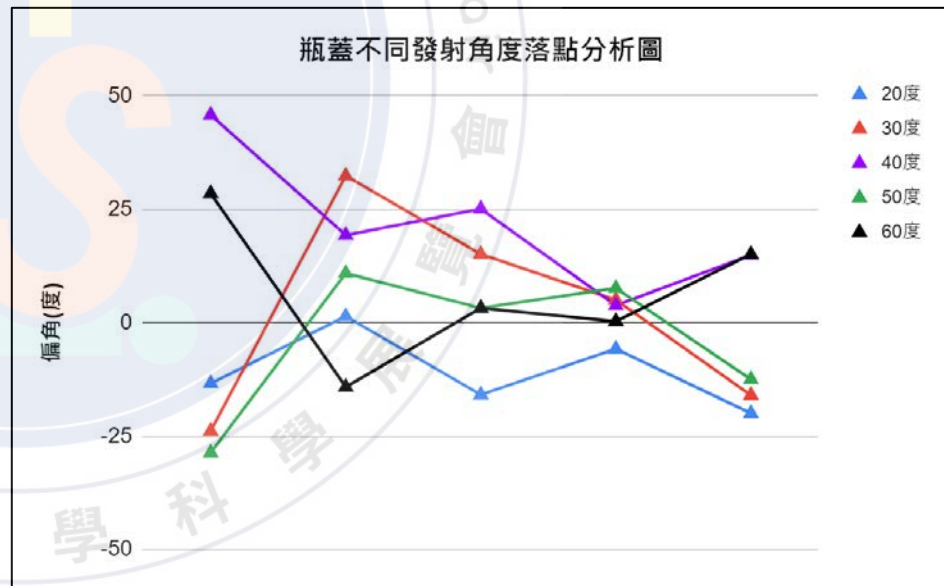
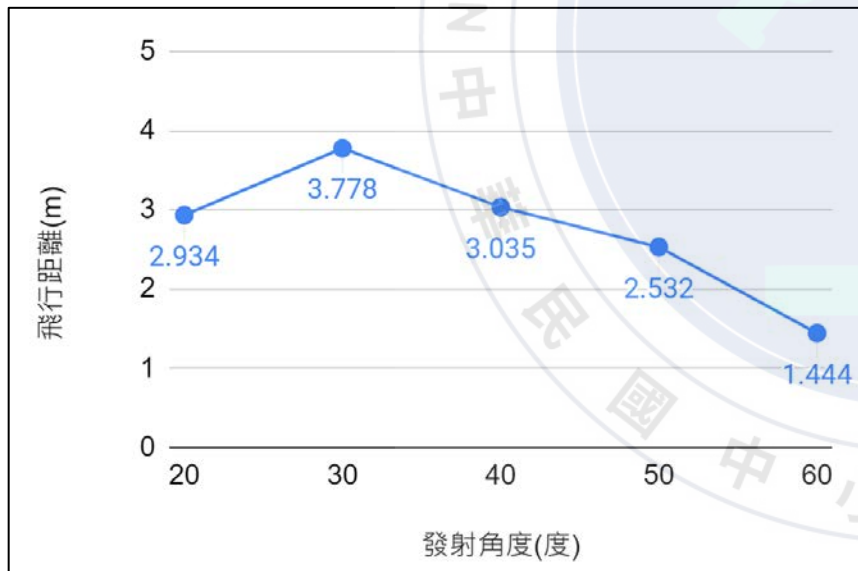
反



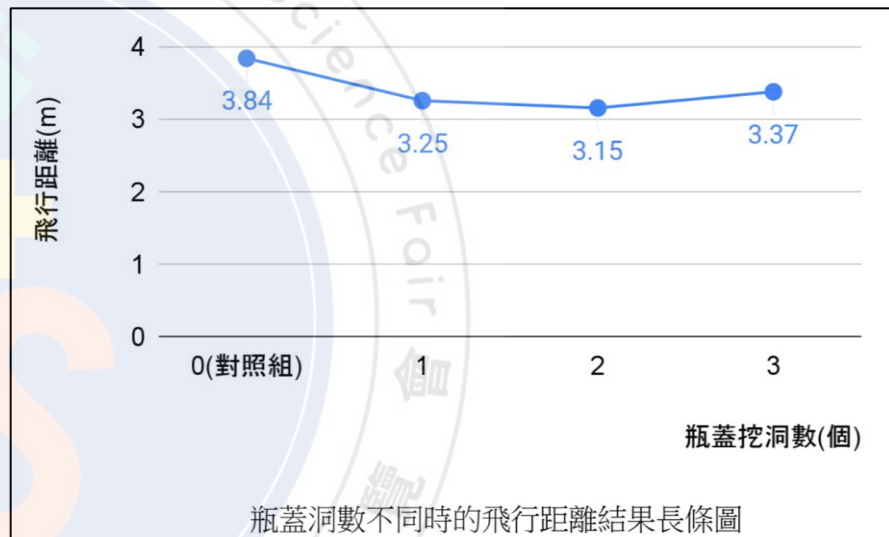
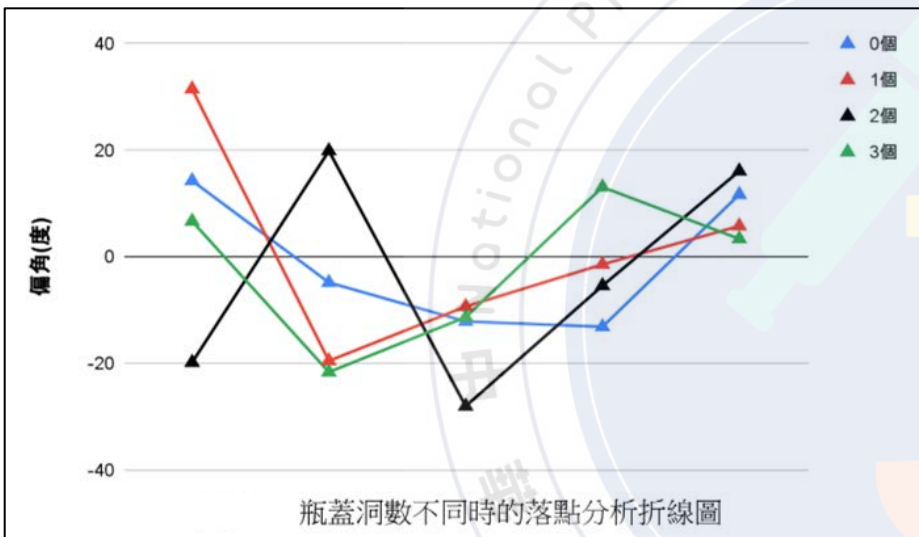
1. 瓶蓋正反面的飛行結果有差異，反面的飛行距離較遠。
2. 瓶蓋棒球應以凹面朝上來發射會較為穩定。

## 實驗二：瓶蓋發射的角度

1. 發射角度30度時，飛行距離較遠。
2. 落點位置並沒有明顯規則可循，這可能是因為瓶蓋較輕，即使在無風環境下，還是可能因為風阻導致穩定性變差。



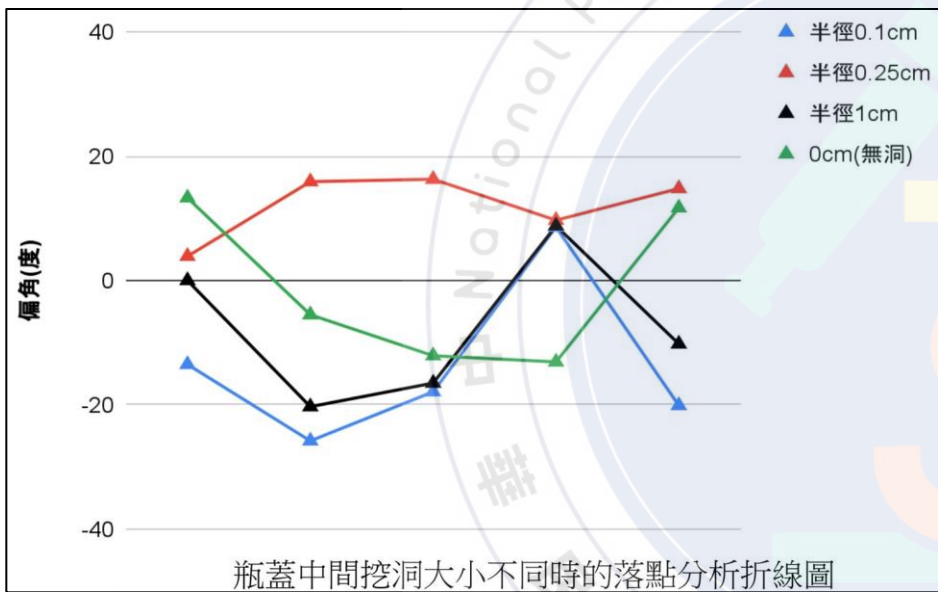
# 實驗三：瓶蓋上不同數量的洞



洞的數量對於落點位置並沒有明顯的落差，但是相較於其他洞數的瓶蓋，還是不打洞較佳。

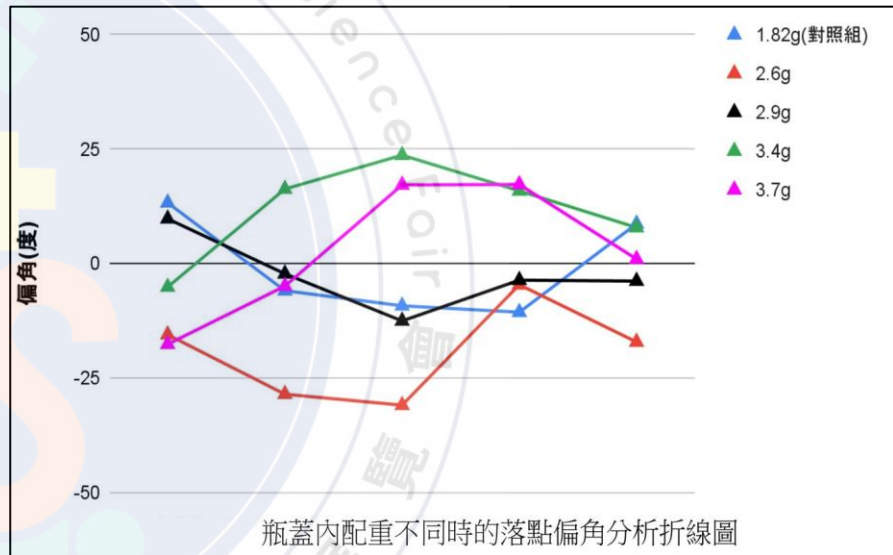
在瓶蓋上挖半徑0.25公分的小洞可以發現，雖然不挖洞的瓶蓋還是飛較遠，但洞的個數對於飛行距離的影響並不明顯。

# 實驗四：瓶蓋上洞的大小不同



1. 若在瓶蓋挖洞，挖直徑0.5公分以上效果明顯變好，可以飛得更遠。
2. 除了半徑0.25公分動的瓶蓋，其他瓶蓋大致上都偏向左邊。

# 實驗五：不同配重的瓶蓋



內部增重使瓶蓋重2.9g時，能讓飛行距離變長，可見適當地增加瓶重量可加強飛行距離。

適當增加配重能夠讓落點偏角較穩定，各組不至於落差太大，且偏向較固定

# 結論

1. 玩瓶蓋棒球時，瓶蓋不同面飛行的穩定性也不同，凹面朝上來發射時較穩定，飛行距離較遠，飛行過程中速度也比凹面朝下還快。
2. 發射角度會影響飛行距離，30度時可以飛最遠。
3. 瓶蓋若只挖一個洞，半徑越大能飛越遠。
4. 適當地配重增加瓶蓋質量能加強飛行距離，瓶蓋內部增重到2.9g時，能讓飛行距離變長。
5. 各組落點實驗所得到的結果只能表現出穩定性，並沒有明顯的規則或趨勢，因此尚無法預估飛行方向，這是後續可以深入探究的部分。
6. 我們製作的發射器只以直球的方式推打發射瓶蓋，之後能探究發射旋轉瓶蓋對落點控制是否有幫助。



# 反思與成長

1. 做報告的時候，有些數據用長條圖來呈現，後來發現要用折線圖，才能看出數據的變化
2. 因為有很多的影片，所以要看很久，因此除了正反面瓶蓋分析軌跡，其他只做距離及落點。
3. 一開始想做變化球發射器，但最後時間不夠，所以無法執行，有些可惜。
4. 過去用肉眼觀察影片中的量尺，需用放大畫面及慢動作播放，但這次的研究我們學會如何使用電腦程式來判斷軌跡、落點與距離。

# 參考資料

- 一、tracker的安裝與教學，中原大學物理系楊仲準。取自  
<http://c002.ndhu.edu.tw/ezfiles/25/1025/img/1231/581613291.pdf>
- 二、施岑瑩、李韋勳、蔡芷妍、項芊瑜、陳懿涵(2019)。變化多端的瓶蓋棒球，中華民國第59屆中小學科學展覽會。
- 三、寶特瓶蓋當棒球丟！日本19歲男大生超神絕技「變化球」也能丟。取自ET Today新聞雲<https://www.ettoday.net/news/20181012/1279538.htm>
- 四、圖片來源:(圖片來源：<https://www.masters.tw/253504/bottle-cap-baseball>)