

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組生活與應用科學科

080808

臺北市大同區太平國民小學

指導老師姓名

王錦銘

王姿揚

作者姓名

林煒

宋健宇

周志鴻

洪偉翔

壹、摘要

由於保齡球的力學原理太複雜，我們決定去除球道上油、球心構造對球旋轉的影響……等變因，只專注實驗討論球速、入球點、入球角度〈模擬曲球〉、旋轉球〈模擬飛碟球〉等變因。而為了捕捉球撞球瓶、球瓶互撞的瞬間關係，我們利用數位攝影機〈Digital Video 以下簡稱 DV〉拍攝整個過程，利用「繪聲繪影 7」軟體，放慢影片播放速度及定格處理，一一紀錄、分析球與球瓶、球瓶與球瓶的撞擊關係及最後倒瓶數等數據資料，發現最佳入球點，球速與倒瓶關係，入球角度對倒瓶數的影響等。

對於國人自創的「飛碟球」我們亦感到好奇，絞盡腦汁之後，終於發現讓球固定旋轉的方法，模擬當球順、逆時針旋轉時，不同入球點與倒瓶的關係。

解釋名詞：

- 【1】 直球：正對目標球瓶區直線向前滾動的球。
- 【2】 曲球：又稱鉤球。以右手送球為例，起初成直線進行，待滾至球瓶區前轉向左側彎曲，也就是成鉤形路線衝入球瓶區。
- 【3】 飛碟球：國人自創，因打法像擲骰子，又稱「sibala」。利用球旋轉的力量撞擊，產生瓶撞瓶增加「strike」的機會。

貳、研究動機



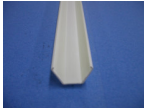



上自然課，老師提到「力與運動」的關係，突然想起幼稚園時，曾利用優酪乳罐子玩保齡球。而保齡球是一項熱門又吸引人的娛樂活動。看著蒐集的資料，才發現原來不如我們原先所想的---只是『簡單的娛樂活動』。因此，更加深了我們的興趣，下定決心好好的挖掘它的秘密。

參、研究目的

- 一、瞭解不同的入球點對倒瓶數量的影響。
- 二、瞭解球瓶距離及不同球重對倒瓶數量的影響。
- 三、探討不同重量的球瓶對倒瓶數量的影響。
- 四、研究球速對倒瓶數量的影響。
- 五、實驗不同入球角度對倒瓶數量的影響。
- 六、探討球的旋轉方向對倒瓶數量的影響。

肆、研究設備器材

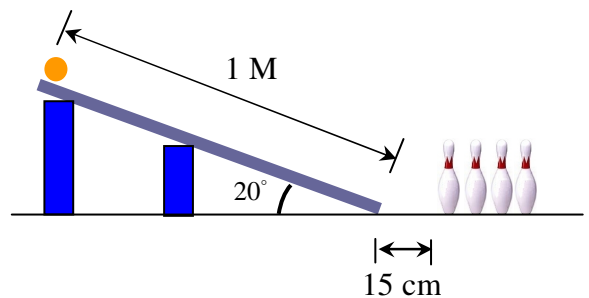
(實驗器材)

上皿天秤	大理石球	鐵球	塑膠球一	塑膠球二	直尺	固定架
						
數位攝影機	玩具保齡球瓶	U形塑膠電線壓條	油土	球瓶距離定位紙	量角器	三腳架
						
數位相機	鹽	糖	砂	30 磅尼龍線	塑膠吸盤	視訊編輯軟體
						

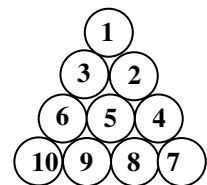
伍、研究過程方法

一、【實驗一】：探討入球點對撞擊時的碰撞關係及撞擊後倒瓶數量的影響

- (一) 實驗裝置如右圖一，本坡道的角度為 20° ，球瓶間距為 6 cm，使用鐵球。
- (二) 調整入球點位置對準一號球瓶中間。
- (三) 重複撞擊十次，觀察並記錄倒瓶的數量及碰撞關係。
- (四) 依序調整入球點為「一、三號球瓶間」、「三、六號球瓶間偏三號」、「三、六號球瓶間偏六號」、「六號、十號球瓶間」及「十號球瓶」，各撞擊十次。
- (五) 利用 DV 分析並記錄結果。



圖一：入球點實驗裝置圖



圖二：球瓶擺放位置圖

二、【實驗二】：探討球瓶距離及不同球重對倒瓶數量的影響

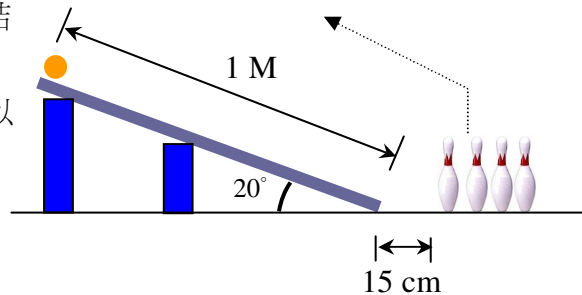
【實驗二—1】：探討球瓶距離對撞擊時的碰撞關係及撞擊後的倒瓶數量的影響

(一) 如右圖三，球道坡度調為 20 度，入球點對準「一、三號球瓶中間」。

(二) 依序改變球瓶的距離為 4、5、6、7、8 公分，各利用塑膠球撞擊十次，觀察及記錄實驗結果。

(三) 重複步驟(一)、(二)，分別以鐵球及大理石球進行實驗。

改變球瓶間距(4、5、6、7、8 公分)
分別利用塑膠球、鐵球及大理石球作測試



圖三：改變球瓶距之實驗裝置圖

【實驗二—2】：探討不同球重對撞擊時的碰撞關係及撞擊後的倒瓶數量的影響

(一) 先秤塑膠球、鐵球及大理石球三種球的重量。

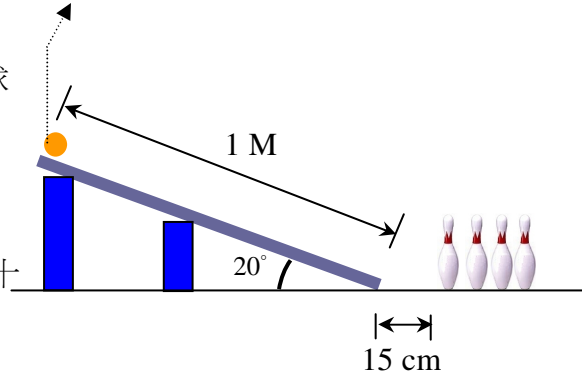
(二) 如右圖四，球道坡度 20 度，球瓶間的距離調成 6 cm。

(三) 入球點對準「一、三號球瓶中間」。

(四) 分別利用上述三種球，各撞擊十次。

(五) 利用 DV 分析及記錄結果。

分別利用鐵球、塑膠球及大理石球進行實驗



圖四：改變球重之實驗裝置圖

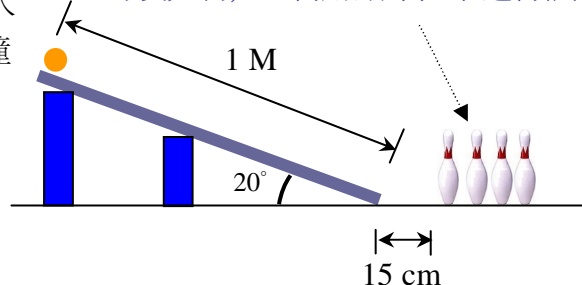
三、【實驗三】：探討不同重量的球瓶對撞擊時的碰撞關係及撞擊後的倒瓶數量的影響

(一) 如右圖五，球瓶間距 6 cm。入球點對準「一、三號球瓶中間」。

(二) 改變球瓶的重量(在球瓶內裝入不同的填充物)，利用鐵球各撞擊十次。

(三) 利用 DV 分析及記錄結果。

改變球瓶的重量(在球瓶內裝入不同的填充物)，利用鐵球撞擊進行試驗

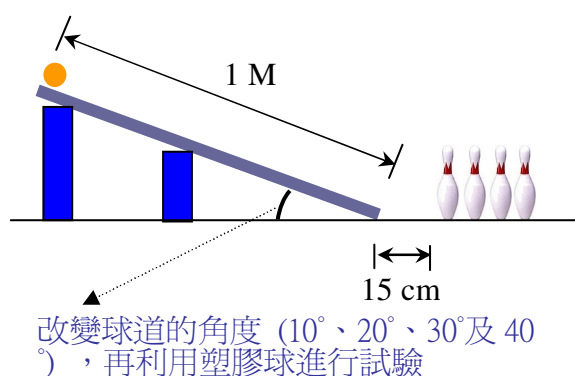


圖五：改變球瓶重量之實驗裝置圖

四、【實驗四】：探討不同球速對撞擊時的碰撞關係及撞擊後的倒瓶數量的影響

【實驗四－1】：探討不同坡道角度的影響

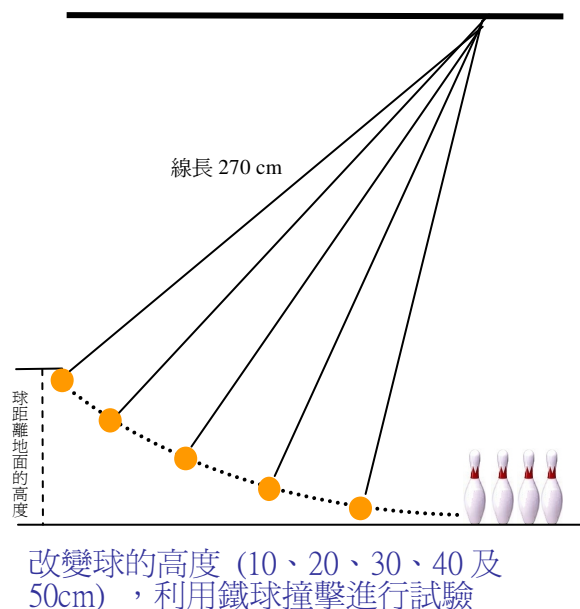
- (一) 如圖六，球瓶間距 6 cm。入球點對準「一、三號球瓶中間」。
- (二) 依序改變球道的角度為 10° 、 20° 、 30° 及 40° ，各利用塑膠球撞擊十次。
- (三) 利用 DV 分析及記錄結果。



圖六：改變球道角度之實驗裝置圖

【實驗四－2】：探討球的不同擺盪高度的影響

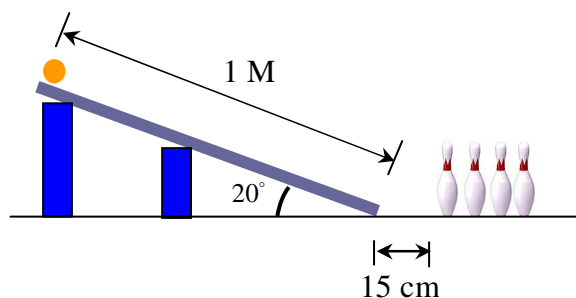
- (一) 如圖七，球瓶間距 6 cm。入球點對準「一、三號球瓶中間」。
- (二) 依序改變鐵球距離地面開始下滑的高度為 10、20、30、40 及 50cm，各利用鐵球撞擊十次。
- (三) 利用 DV 分析及記錄結果



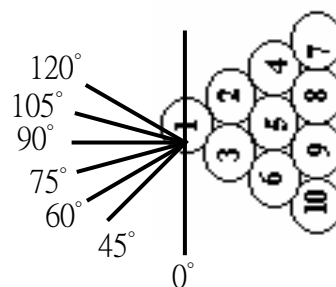
圖七：改變球的擺盪高度之實驗裝置圖

五、【實驗五】：探討不同入球角度對撞擊時的碰撞關係及撞擊後的倒瓶數量的影響

- (一) 如圖八，球瓶間距 6 cm，入球點對準「一、三號球瓶中間」。
- (二) 以不同入球的角度(45° 、 60° 、 75° 、 90° 、 105° 及 120°)，分別撞擊十次，觀察並記錄實驗的結果。



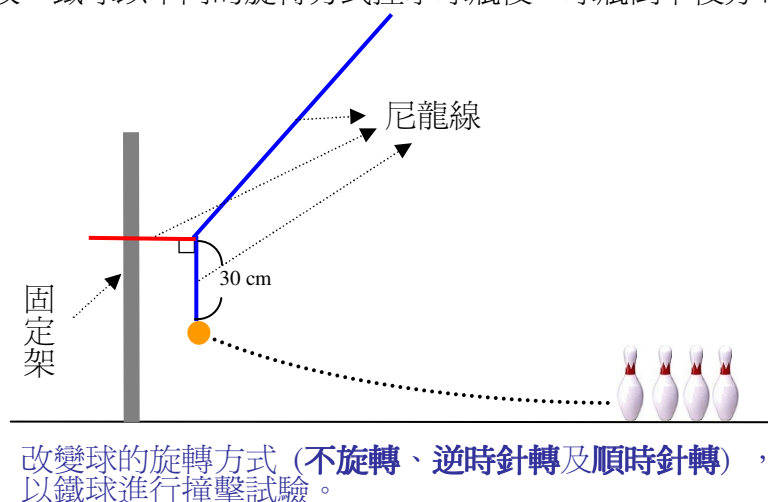
圖八：改變入球角度之實驗裝置圖



圖九：入球角度定義圖

六、【實驗六】：探討球的旋轉方向對撞擊時的碰撞關係及撞擊後的倒瓶數量之影響

- (一) 如圖十，球瓶間距 6 cm。入球點對準「一、三號球瓶中間」。
- (二) 以順時針方向旋轉鐵球 50 圈後固定。
- (三) 放開鐵球使其以逆時針的方向旋轉四秒鐘後，再放開固定架上的尼龍線（紅線），讓鐵球自然滑下撞擊保齡球瓶，反覆撞擊十次，觀察並記錄實驗結果。
- (四) 改變鐵球旋轉的方向(不旋轉及逆時針旋轉)，重複（二）、（三）兩個步驟，重新進行實驗。
- (五) 改變一、二入球點，重複上述步驟。擷取 DV 所拍攝的撞擊後球瓶分布的畫面，分析及比較－鐵球以不同的旋轉方式撞擊球瓶後，球瓶倒下後分布的情形。



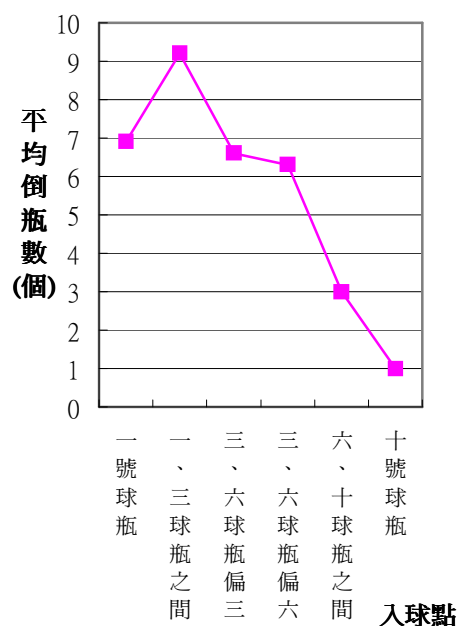
圖十：球以不同旋轉方向撞擊球瓶之實驗裝置圖

陸、研究結果

一、【實驗一】：探討入球點對撞擊時的碰撞關係及撞擊後的倒瓶數量的影響

表一：球以不同入球位置撞擊球瓶之實驗結果

倒瓶數 (個)	次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均倒瓶數(個)
入球位置												
1 號球瓶		7	6	6	7	7	10	6	6	7	7	6.9
1、3 號球瓶間		9	8	9	9	10	9	9	9	10	10	9.2
3、6 號球瓶偏 3		6	6	7	6	6	7	7	7	8	6	6.6
3、6 號球瓶偏 6		7	5	6	7	7	6	6	7	6	6	6.3
6、10 號球瓶間		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.0
10 號球瓶		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.0



圖十一：入球點與平均倒瓶數之關係

表二：不同入球點之碰撞次數及倒瓶數量統計表

入球點 項 目	1 號球瓶	1、3 號 球瓶間	3、6 號 球瓶偏 3	3、6 號 球瓶偏 6	6、10 號 球瓶間	10 號球瓶
球與球瓶 平均撞擊次數（次）	2.8	2.9	2.8	2.8	2	1
球瓶與球瓶 平均撞擊次數（次）	6.2	9.3	5.8	4.6	1	0
總平均撞擊次數（次）	9.0	12.2	8.6	7.4	3	1
平均倒瓶數（個）	6.9	9.2	6.6	6.3	3.0	1.0

二、【實驗二—1】：探討球瓶距離及不同球重的影響

表三：鐵球撞擊球瓶的結果

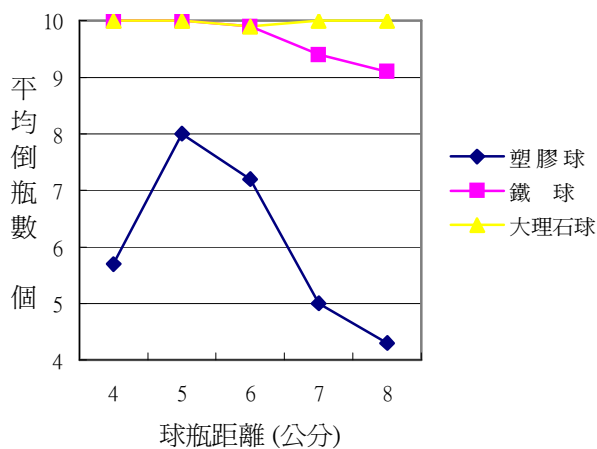
倒瓶數 球瓶距離 次數 個	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均倒瓶數（個）
4 cm	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
5 cm	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
6 cm	10	10	10	10	10	10	10	9	10	10	9.9
7 cm	10	10	10	9	9	9	9	9	9	10	9.4
8 cm	8	9	10	10	9	10	10	9	9	7	9.1

表四：塑膠球撞擊球瓶的結果

倒瓶數 球瓶距離 次數 個	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均倒瓶數（個）
4 cm	7	9	7	5	9	4	4	4	4	4	5.7
5 cm	9	7	8	8	9	9	8	6	9	7	8
6 cm	8	5	8	6	7	8	9	7	6	9	7.3
7 cm	5	7	3	4	5	6	6	5	4	5	5
8 cm	3	4	6	3	6	4	5	4	4	4	4.3

表五：大理石球撞擊球瓶的結果

倒瓶數 球瓶距離 次數 個	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均倒瓶數（個）
4 cm	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
5 cm	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
6 cm	10	10	10	9	10	10	10	10	10	10	9.9
7 cm	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
8 cm	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10



圖十二：球瓶距離與平均倒瓶數之關係圖

【實驗二—2】：探討不同球重及球瓶距離的影響

表六：不同球重下之保齡球瓶平均倒瓶數

球瓶距離 (個)	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm	8 cm	總平均 (個)
塑膠球	5.7	8	7.2	5	4.3	6.04
鐵球	10	10	9.9	9.4	9.1	9.68
大理石球	10	10	9.9	10	10	9.98

表七：不同重量的球之撞擊次數統計表

球種	塑膠球	鐵球	大理石球
球與球瓶 平均撞擊次數(次)	1.9	3.2	2
球瓶與球瓶 平均撞擊次數(次)	5.6	10.1	7.9
平均撞擊次數(次)	7.5	13.1	9.9

表八：各種不同材質的球重

球種	塑膠球	鐵球	大理石球
球重	8.3 (g)	153.9 (g)	244.3 (g)

三、【實驗三】：探討不同重量的球瓶的影響

表九：球瓶重量與保齡球瓶倒瓶數量的關係

球瓶重量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均倒瓶數 (個)
8 g(空瓶)	10	10	10	10	10	10	10	9	10	9	9.8
39 g(裝入糖)	8	6	9	9	9	10	9	9	9	9	8.7
48 g(裝入鹽)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
57 g(裝底砂)	10	9	10	10	10	8	9	10	9	10	9.5

表十：不同重量的球瓶之撞擊次數統計表

球瓶重(g)	8 g (空瓶)	39 g (裝糖)	48 g (裝鹽)	57 g (底砂)
球與球瓶 平均撞擊次數(次)	19.3	3.9	3.2	2.7
球瓶與球瓶 平均撞擊次數(次)	2.7	2.7	2.7	2.1
球瓶與球瓶 平均撞擊次數(次)	7.1	6.0	7.3	7.4
平均撞擊次數(次)	9.8	8.7	10.0	9.5
平均倒瓶數(個)	9.8	8.7	10	9.5

四、【實驗四】：探討不同球速的影響

【實驗四—1】：探討坡道角度的影響

表十一：不同坡道角度(球速)下之倒瓶數量

球瓶角度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均倒瓶數 (個)
10 °	6	6	6	5	4	5	6	6	4	6	5.4
20 °	4	4	4	4	4	4	4	4	6	4	4.2
30 °	7	7	6	6	7	8	6	8	9	9	7.3
40 °	6	6	6	7	5	6	5	5	4	7	5.7

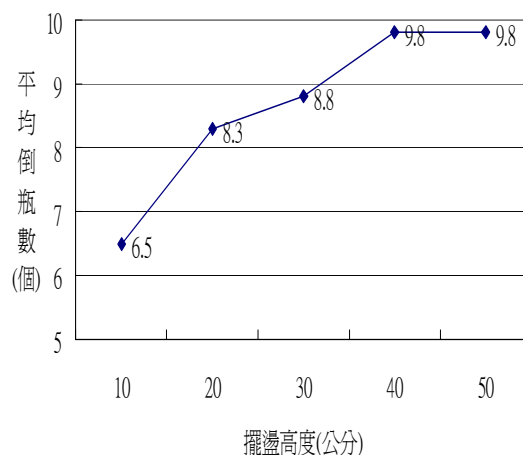
表十二：不同坡道角度下之撞擊次數統計

角度	10 °	20 °	30 °	40 °
球與球瓶 平均撞擊次數(次)	1.9	1	2.2	1.2
球瓶與球瓶 平均撞擊次數(次)	5.2	4.2	6.3	5.7
平均撞擊次數(次)	7.1	5.2	8.5	6.9
平均倒瓶數(個)	5.4	4.2	7.3	5.7

【實驗四－2】：探討球的擺盪高度的影響

表十三：擺盪高度(球速)與倒瓶數量的關係

倒瓶數 個 擺盪高度	次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均倒瓶數(個)
10 cm		5	7	6	8	6	6	7	8	6	6	6.5
20 cm		9	7	8	8	10	8	8	8	9	8	8.3
30 cm		8	8	8	9	10	9	9	10	9	8	8.8
40 cm		10	10	10	9	10	10	10	10	9	10	9.8
50 cm		10	10	9	10	10	10	10	10	9	10	9.8



圖十三：擺盪高度與平均倒瓶數之關係

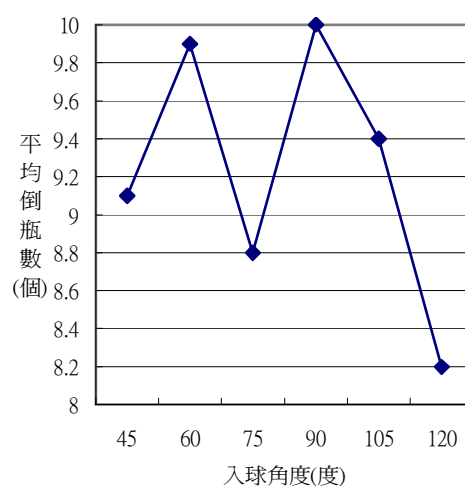
表十四：不同擺盪高度下之撞擊次數統計表

高度 項目	10 公分	20 公分	30 公分	40 公分	50 公分
球與球瓶 平均撞擊次數(次)	2.4	2.1	2.5	2.4	2.4
球瓶與球瓶 平均撞擊次數(次)	6.2	7.7	7.9	7.9	8.1
平均撞擊次數(次)	7.5	9.8	10.4	10.3	10.5
平均倒瓶數(個)	6.5	8.3	9.0	9.8	9.8

五、【實驗五】：探討不同入球角度的影響

表十五：入球角度與保齡球瓶倒瓶數量的關係

倒瓶數 個 球角度	次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均倒瓶數(個)
45 °		9	10	10	9	9	9	10	9	7	9	9.1
60 °		10	10	9	10	10	10	10	10	10	10	9.9
75 °		10	9	10	7	10	8	8	7	9	10	8.8
90 °		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
105 °		9	10	9	10	9	10	10	8	9	10	9.4
120 °		7	10	7	8	10	7	8	8	9	10	8.2



圖十四：入球角度與平均倒瓶數之關係

表十六：一、三入球點時，不同入球角度下之撞擊次數統計表







入球角度 項 目	45°	60°	75°	90°	105°	120°
球與球瓶 平均撞擊次數（次）	4.3	4.2	2.3	2.3	2.4	1.0
球瓶與球瓶 平均撞擊次數（次）	4.8	5.7	6.6	7.7	7.1	7.5
平均撞擊次數（次）	9.1	9.9	8.9	10.0	9.5	8.5
平均倒瓶數（個）	9.1	9.9	8.8	10.0	9.4	8.2

六、【實驗六】探討球的旋轉方向的影響

表十七：球的旋轉方向與保齡球瓶倒瓶數量的關係

平均倒瓶數 球的旋轉方向	入球點		
		1、2 入球點	1、3 入球點
球以逆時針方向旋轉		7.5 個	8.9 個
球不旋轉		7.7 個	8.6 個
球以順時針方向旋轉		7.8 個	7.6 個

表十八：球以不同方向旋轉所造成的倒瓶分布照片

倒瓶分布照片 球的旋轉方向	入球點		
		1、2 入球點	1、3 入球點
逆時針方向旋轉			
球不旋轉			
順時針方向旋轉			

柒、討論

一、【實驗一】：探討入球點的影響

（一）入球點位置的調整：

1. 一號球瓶入球點位置的調整是指調整保齡球直接撞擊球瓶區正中央。
2. 『一、三號球瓶中間』入球點位置是指對準一、三號球瓶的中央，（六號、十號球瓶中間，入球點的位置同樣依照此原則調整）。
3. 『三、六號球瓶偏三』入球點的位置，是指對準三、六號球瓶之間偏三號球瓶的位置。

（二）由實驗結果發現，一、三號入球點的倒瓶數量最多，入球點越往兩側移動倒瓶數量有遞減趨勢。

（三）查閱書籍記載的資料，均指出一、三號入球點（右手擲球）為最佳入球位置。然而，為何「一、三號入球點的倒瓶數」明顯優於其他「入球點位置」，本實驗利用 DV 拍攝撞擊過程，並透過影像擷取軟體，分析記錄撞擊過程中球與球瓶、球瓶與球瓶間碰撞次數及碰撞關係，了解影響倒瓶數量產生差異的原因。

（四）分析不同入球點的碰撞次數發現：

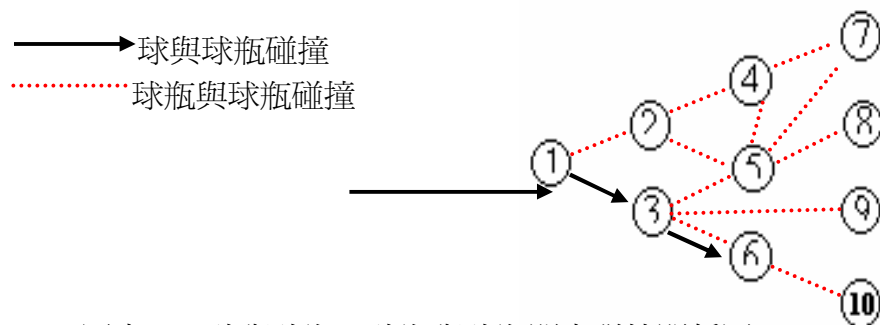
1. 如表二所示，發現有以下趨勢—「**當總平均碰撞次數越多，則保齡球的倒瓶數也越多**」。
2. 下列「一號球瓶」、「一、三號球瓶間」、「三、六號球瓶間偏三號」、「三、六號球瓶間偏六號」四種入球點，球與球瓶間的平均碰撞次數分別為 2.8、2.9、2.8、2.8 次，差異不大；但球瓶與球瓶間平均碰撞次數依序為 6.2、9.3、5.8、4.6 次，因為**球瓶與球瓶間平均碰撞次數的明顯差異，使得最後的總平均碰撞次數有所差異**。
3. 綜合 1. 2. 兩點所述，因此推論「一、三號入球點的倒瓶數」明顯優於其他「入球點位置」的倒瓶數，原因是「**一、三號入球點的位置，可以使球瓶與球瓶之間產生較佳的碰撞關係，因此倒瓶的數量較多。**」

（五）球與球瓶、球瓶與球瓶間碰撞次數的計算方法：

1. **總平均碰撞次數**＝球與球瓶間的平均碰撞次數＋球瓶與球瓶間平均碰撞次數
2. 碰撞次數之分析：以探討入球點的位置與撞擊次數的關係為例(對照表十九)

總碰撞次數 = 球與球瓶間的碰撞次數 + 球瓶與球瓶間碰撞次數

14 (次) = 3 (次) + 11 (次)




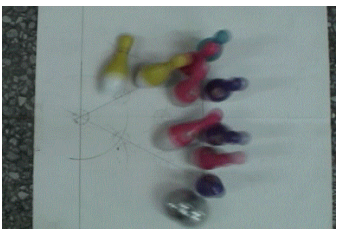
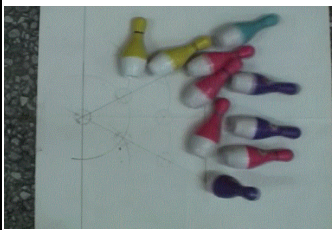


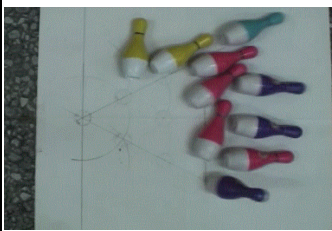

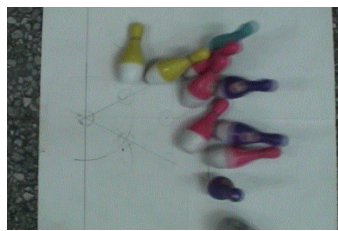
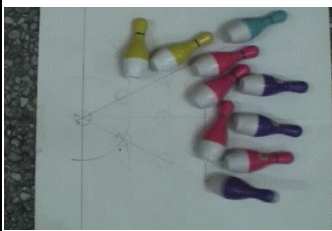
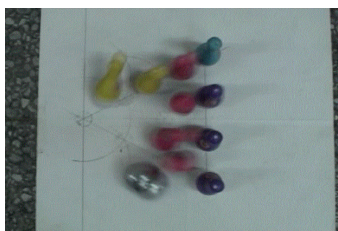
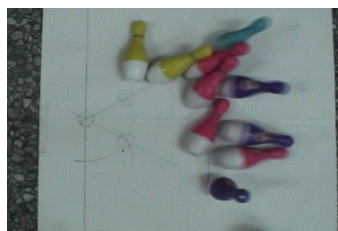

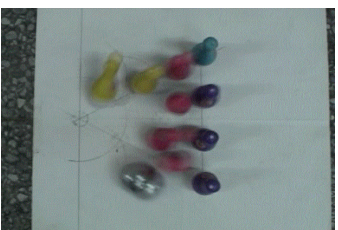
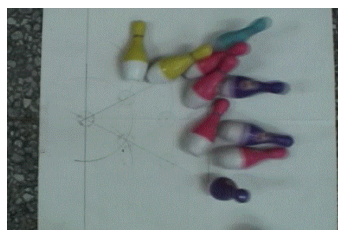
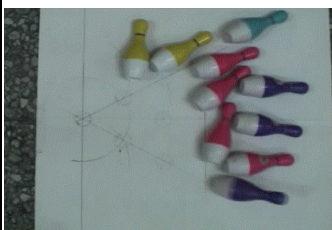
圖十五：球與球瓶、球瓶與球瓶間之碰撞關係圖

表十九：撞擊過程之連續影像照片

入球點 1、3

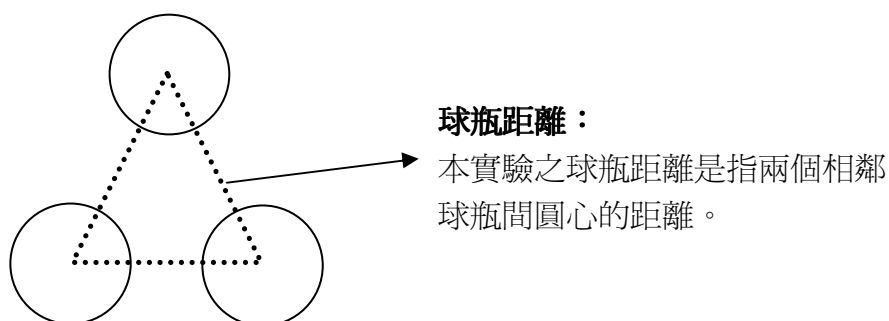
球種：鐵球

球瓶重：57 克

編號	撞擊過程照片	編號	撞擊過程照片	編號	撞擊過程照片
1		6		11	
2		7		12	
3		8		13	
4		9		14	
5		10		15	

二、【實驗二—1】：探討球瓶距離及不同球重的影響

- (一) 實驗時發現球瓶需正確放置於定位紙上所畫的圓圈之內，若放置的位置不正確會影響球瓶間的碰撞關係，導致實驗的誤差。



- (二) 如表二十所示，球瓶間的距離不同，倒瓶數量也會受到影響，發現大體上有以下的趨勢：**當球瓶間的距離越近，倒瓶數越多，反之，球瓶間的距離越遠，倒瓶數越少。**

表二十：三種不同球種在不同瓶距下之平均倒瓶數

平均倒瓶數 (個) 球 種	球瓶距離				
	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm	8 cm
塑膠球	5.7	8	7.2	5	4.3
鐵球	10	10	9.9	9.4	9.1
大理石球	10	10	9.9	10	10

- (三) 改變球瓶間距進行實驗後發現，當球瓶間距越近，撞擊球瓶的效果越好，但是若球的重量太輕（球重與球瓶重的比值約等於1），即以塑膠球撞擊球瓶，球瓶距離近反而形成一股阻力，影響倒瓶的數量。

【實驗二—2】：探討不同球重及球瓶距離的影響

- (一) 觀察大理石球撞擊球瓶的結果，發現當球的重量越重，球瓶距離對倒瓶數量的影響變小。
- (二) 由表六的結果可看到塑膠球(8.25g)、鐵球(153.9g)及大理石球(244.3g)的總平均倒瓶數依序為 6.04、9.68、9.98 個，發現當保齡球的重量越重，倒瓶的數量越多，撞擊的效果越好。
- (三) 各項實驗的撞擊次數皆為十次，若能增加撞擊次數為二十次、五十次，甚至於

一百次，相信次數越多所得到的實驗結果會更加客觀。

三、【實驗三】：探討不同重量的球瓶的影響

- (一) 由表九的紀錄中可看出，平均倒瓶數由多到少的排列順序為：48 克、8 克、57 克、39 克瓶重，效果最好的似乎是球與球瓶重量比值為 3.2，全倒機率達百分之百。
- (二) 由表十中可看出以 57 克瓶重〈球與球瓶重量比值為 2.7〉，球與球瓶的撞擊平均次數最少〈平均 2.1 次〉，在觀察影片時也發現，球在撞擊第一個瓶子後，因為瓶重較重的關係，易造成球向偏轉至球區外，而影響球撞擊球瓶的次數。
- (三) 由表十中可看出以 39 克瓶重〈球與球瓶重量比值 3.9〉的撞擊效果較差，平均倒瓶數 8.7 個，球瓶與球瓶的撞擊次數低於其他瓶重。
- (四) 由表十中發現，在固定球重的情況下，並非球瓶越重或越輕倒瓶率越高。

四、【實驗四】：探討不同球速的影響

(一) 四—1：探討坡道角度的影響

- 甲、依據表十一所示，當坡道角度為 10° 、 20° 、 30° 及 40° 時，其平均倒瓶數分別為 5.4、4.2、7.3 及 5.7 個，看不出任何規則，與原先所假設的坡道角度越大，球速越快，平均倒瓶數量越多不相符合。
- 乙、實驗時發現當坡道的角度超過 40° 以上時，保齡球滾動到軌道與地面交接處會產生不規則彈跳，影響實驗的結果。應可修正實驗裝置的設計，使軌道與地面交接處較為平順。
- 丙、綜合上述 1. 2. 兩項，修正此實驗，重新設計實驗裝置如圖十。

(二) 四—2：探討球擺盪高度的影響

- 1. 如「表十三：擺盪高度(球速)與保齡球瓶倒瓶數量的關係」所示，當擺盪高度由 10、20、30、40 逐漸升高到 50cm，相對應的平均倒瓶數為 6.5、8.3、9.0、9.8、9.8 個，可看出鐵球開始下滑的高度越高（即球速越快），其平均倒瓶數也越多。

2. 本實驗設計特別將尼龍線的長度加長，讓鐵球撞擊保齡球瓶時的路徑，能儘量與地面平行，接近球直接在球道上行進時的撞擊效果，避免鐵球撞擊球瓶位置高低不同，影響實驗的結果。



五、【實驗五】：探討不同入球角度的影響

- (一) 觀察「表十六：入球角度與平均倒瓶數之關係」，發現當入球角為 60° 及 90° 時，相較於其他的入球角度，總平均碰撞次數較高，相對的倒瓶數也較高。
- (二) 入球角度為 45° 及 60° 時，球與球瓶間的平均碰撞次數分別為 4.3 及 4.2 次，球與球瓶間可得到較佳的碰撞關係，但球瓶與球瓶間的平均碰撞次數卻不是那麼理想。
- (三) 以總平均碰撞次數來做評比的話，發現入球角為 60° 及 90° 時的效果最好，比照實際保齡球的投球法，當入球點為 60° 時，相當於曲球的行進路線；而入球點為 90° 時，相當於直球的行進路線，都是選手常使用的投球法。

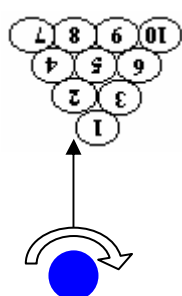


直球行進路線 大曲球行進路線

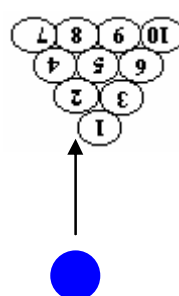
六、【實驗六】：探討球的不同旋轉方向的影響

- (一) 【一、二入球點時】：

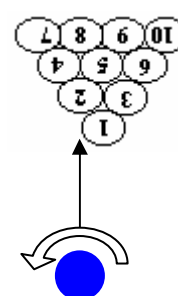
撞擊效果：最好為球順時針旋轉，其次為球不旋轉，最後為球逆時針旋轉



最佳



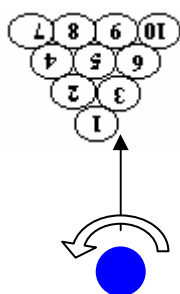
其次



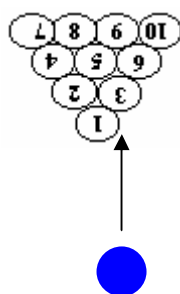
較差

【一、三入球點時】：

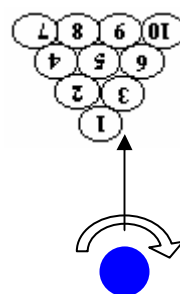
撞擊效果：最好為球逆時針旋轉，其次為球不旋轉，最後為球順時針旋轉



最佳



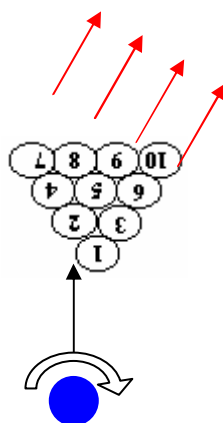
其次



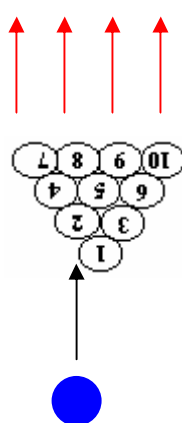
較差

(二) 【一、二入球點時】：

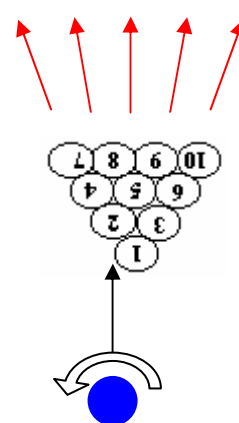
倒瓶方向：



斜右後方



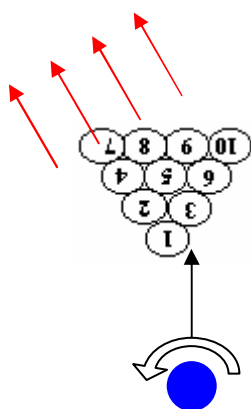
向後倒



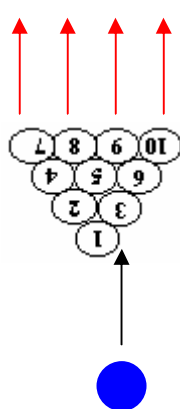
放射狀

【一、三入球點時】：

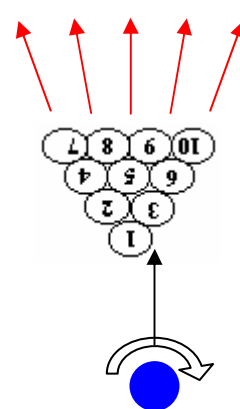
倒瓶方向：



斜左後方



向後倒



放射狀

(四) 總結球的旋轉方向及球瓶的倒瓶方向，以一、三入球點為例，逆時針旋轉的球使球瓶集中倒向斜左後方之倒瓶數最多，其次為球不旋轉而球瓶直接向後倒的倒瓶數次之，效果最差的便為球順時針旋轉而球瓶成放射狀倒下；以一、二入球點者，反之。

(五) 如圖十所示，實驗時以釣魚線（藍線）及塑膠吸盤吸住球，為使得球能在旋轉狀態下穩定撞擊球瓶，必須先使球穩定持續旋轉四秒後（注意不可晃動），才放開紅線，否則入球點會不準確，必須重新操作。

捌、結論

- 一、由實驗結果發現，一、三號入球點的倒瓶數量最多，球與球瓶、球瓶與球瓶間的碰撞次數最多（**球瓶與球瓶間的碰撞關係最佳**），入球點越往兩側移動倒瓶數量有遞減的趨勢。
- 二、改變保齡球間的距離進行實驗後發現，**當球瓶間的距離越近，撞擊球瓶的效果越好，但是若球的重量太輕，球瓶距離近反而形成一股阻力，影響倒瓶的數量。**
- 三、改變保齡球的重量進行實驗後發現，大理石球的撞擊效果最佳，其次為鐵球，而塑膠球的效果最差，實驗結果顯示—**當保齡球越重則撞擊效果有越好的趨勢。**
- 四、改變球瓶的重量進行實驗後發現，球瓶越重越易造成球撞擊後轉向球區外，而影響倒瓶率，**球與球瓶重量的比值約為 3.2 時，撞擊出來的效果最佳。**
- 五、當擺盪高度由 10、20、30、40 逐漸升高到 50cm，相對應的平均倒瓶數為 6.5、8.3、9.0、9.8、9.8 個，可以看出**當鐵球開始下滑的高度越高（即球速越快），其平均倒瓶數也越多。**
- 六、以總平均碰撞次數來做評比的話，發現當入球角為 60°及 90°時的效果最好，比照實際保齡球的投球法，當入球點為 60°時，相當於曲球的行進路線；而入球點為 90°時，相當於直球的行進路線，都是選手常使用的投球法。
- 七、結合球的旋轉方向及球瓶的倒瓶方向而言，以一、三入球點為例，逆時針旋轉的球使球瓶集中倒向斜左後方之倒瓶數最多，其次為球不旋轉而球瓶直接向後倒的倒瓶數次之，效果最差的便為球順時針旋轉而球瓶呈放射狀倒下；以一、二入球點者，反之。

透過本研究進行的過程中發現，可能還有一些因素（例如：溫度、溼度、球道是否抹油及球道的種類等）也會影響保齡球撞擊後的結果，上述因素的探討，應可做為本實驗後續進行研究的方向。

玖、參考資料及其他

- 一、馬英傑，2天學會保齡球，東方出版社，p40-p79。
- 二、中森康友 著，張光明 譯，保齡球王的第一步，輕舟出版社，p98-p109。
- 三、沈英士，保齡球必勝打法，文國書局。
- 四、球路種類，<http://www.hisport.com.tw/specialy/specialy29/specialy3.html>

080808 國小組生活與應用科學科

佳作

球與球瓶的戰爭-保齡球瓶的倒瓶因素及其撞擊關係探討

本作品透過有系統的方法探討保齡球瓶的倒瓶因素與最佳的擊球方法，內容充實，結果並能與實際選手經驗相呼應，故推薦為佳作獎。