

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：法式滾球最佳射擊條件之研究

關 鍵 詞：法式滾球、動量、射擊（最多三個）

編號：A2011

作品名稱

法式滾球最佳射擊條件之研究

摘要

法式滾球隊是我們學校的球隊之一，而身為隊長，我一直在思考，比賽時應該怎麼出手，才能讓撞擊效果最好。不過真實比賽中，場地凹凸、地面摩擦力、風向以及選手出手差異等因素很多，很難單純比較角度與力道的影響。因此，我們設計軌道實驗來模擬比賽出手，減少人為誤差。

整理數據後可以明確看到幾個結果。首先，在五種角度下，60 公分的平均距離都高於 30 公分。其次，兩種長度的距離都隨角度增加而上升，並同樣在 60° 時達到最大值；當角度增加到 75° 時，兩組距離都出現下降，且較容易出現不穩定狀況。整體來看，角度與長度都會影響撞擊後的移動距離，而且變化趨勢在兩種長度中是一致的。這些結果讓我們在思考比賽出手時，有更具體的數據可以參考。

壹、前言

一、研究動機

我們學校有法式滾球隊，我們也是滾球隊的隊員。平常在練習和比賽時，常常會遇到需要「射擊」（把對手的球打掉）的情況。身為隊長，我一直在想：到底要怎麼出手，撞擊的效果才會最好、也最穩定呢？在平常觀察中，我們發現兩顆球撞在一起後，結果差很多。有時候兩顆球會直直分開；有時目標球會往旁邊偏掉；也有時會滾得特別遠，甚至還會轉動。這讓我們覺得很好奇：球在撞擊的那一瞬間，到底發生了什麼事？為什麼有時候效果很好，有時候卻不理想？是不是角度、力道或姿勢不同，就會影響結果？不

過，在真正比賽中影響射擊結果的因素很多，例如場地凹凸不平、地面摩擦力不同、風向改變，還有每次出手的力氣和角度都可能不一樣。另外，射擊時也有不同姿勢，像是立射和蹲射。立射出手比較高、動作比較快；蹲射重心比較低、感覺比較穩。雖然這兩種姿勢各有優點，但因為每次真人出手都不可能完全一樣，所以我們很難公平比較哪一種方式比較好。

因此，我們決定用「軌道斜坡」來設計實驗。讓球從固定的位置自然滑下來撞擊目標球，這樣可以減少人為誤差，讓每次條件比較一致。同時，我們把不同姿勢轉換成實驗條件來模擬：用比較低的斜坡條件代表蹲射，用比較高的斜坡條件代表立射，再搭配不同的斜坡角度來做比較。希望透過這樣比較有控制的方式，找出影響法式滾球射擊效果的重要因素，讓我們在練習和比賽時，不只是憑感覺，而是能有科學數據做參考。

二、研究目的

為了更清楚了解球在撞擊時的變化，我們設計實驗，透過改變斜坡的角度與兩種斜坡條件（對應立射／蹲射的模擬）來進行觀察與比較，希望從實際測量中找出其中的規律。本研究目的如下：

- (一) 比較不同斜坡角度（ 15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 75° ），目標球被撞擊後移動距離是否有差異。
- (二) 比較兩種斜坡條件（30 公分與 60 公分）下，目標球移動距離是否不同，並作為蹲射與立射之模擬比較。
- (三) 觀察球在撞擊瞬間的運動情形，了解是否會產生偏移、旋轉、滾出或跳出軌道等現象。
- (四) 分析「斜坡角度」與「斜坡條件（立射／蹲射模擬）」哪一個因素對碰撞距離與穩定性影響較明顯。

三、文獻回顧

（一）位能和動能

我們查資料後知道，物體在高的地方會有一種叫做「位能」的能量。當物體往下移動時，位能會慢慢變成「動能」，讓物體動起來（2005，天下出版社）。球從斜坡上滑下來時，就是把原本的位能轉換成動能，所以會越滑越快。斜坡如果比較陡或比較長，球滑下來的情況可能也會不一樣。

(二) 動量和速度

我們還查到，物體在運動時會有「動量」，動量和速度有關(2005，天下出版社)。當球越快時，動量就越大。當兩顆球互相撞擊時，動量會從一顆球傳到另一顆球。所以我們猜想，如果球滑下來比較快，撞擊後目標球可能會滾得比較遠。

(三) 球的撞擊情形

兩顆球撞在一起時，不一定是直接分開。有時會往不同方向滾，有時會有一點旋轉。這可能和撞擊的位置、速度和方向有關。如果是正面撞擊，力量可能比較集中；如果有偏一點，球可能會歪掉。這些都是我們想觀察的重點。

(四) 牛頓擺與法式滾球

在研究法式滾球的碰撞時，我們想到可以和牛頓擺做比較。

1. 牛頓擺是由幾顆鋼球排成一排，當一顆球撞過去時，另一端的球會彈出去，而且速度幾乎一樣，表示能量幾乎沒有損失，這種情況叫做接近完全彈性碰撞(如圖 1)。



如圖 1 自然教室的牛頓擺

2. 在真正的法式滾球比賽中，球與球碰撞時，不只是單純兩顆球互相撞擊而已。球在地面上滾動時，會受到地面摩擦力的影響，也會受到空氣阻力的影響；而在撞擊瞬間，還可能因為聲音與震動而損失一部分能量。因此，碰撞後球的總動能會比碰撞前少一些。雖然兩顆球不會黏在一起，但碰撞後的速度通常會變小，所以我們認為法式滾球的碰撞屬於不完全彈性碰撞。

3. 另外，在比賽中常見的兩種射擊方式——立射與蹲射，(如圖 2、圖 3) 也可能影響碰撞結果。立射時出手位置較高，球速通常較快，動量較大；蹲射時重心較低，出手較穩定，球的方向較容易控制。當球速較快時，雖然動量較大，但



圖 2、立射示意圖



圖 3、蹲射示意圖

撞擊瞬間若產生偏心碰撞或旋轉，也可能讓能量分散到不同方向，增加不穩定性。相對地，若速度較適中，雖然距離可能較短，但方向可能較穩定。

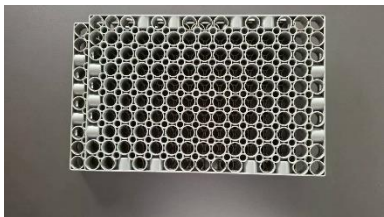
4. 因此，我們認為在法式滾球的實際碰撞中，不只是彈性與否的問題，還會受到出手姿勢、速度大小與撞擊位置等因素影響。這也是我們在本研究中，將立射與蹲射轉化為不同斜坡條件進行模擬比較的原因。

貳、研究設備及器材

在正式進行實驗前，我們先準備好所有需要的器材與場地。由於本研究探討不同滾動條件對法式滾球碰撞距離的影響，因此器材必須能夠準確控制角度與測量距離。我們使用可調整角度的斜坡來改變滾動條件，並利用量角器確認角度正確，再以捲尺測量目標球移動的距離。同時，我們用膠帶標示固定起點位置，確保每次實驗條件一致。以下是我們的設備與器材：

表 1

法式滾球	量角器(教學用)	鐵尺
		
捲尺	紙角鋼	紙角鋼軌道
		

積木層板	透明膠帶	標籤紙
		

參、研究過程與方法

一、實驗設計

為了能夠清楚比較不同斜坡條件對球撞擊距離的影響，我們設計了一個雙因子的實驗。所謂雙因子，就是同時改變兩個條件來觀察結果。本研究的兩個條件是「斜坡角度」與「斜坡長度」。

首先，我們準備兩種斜坡長度，分別為 30 公分與 60 公分。這兩種長度可以讓我們比較球在較短與較長的滑行距離下，撞擊後的差異。接著，我們在每一種長度下，分別設定五種角度：15°、30°、45°、60°、75°。這樣一共會有 2 種長度 × 5 種角度，共 10 種不同的實驗條件。

在每一種條件下，我們都將施力球放在斜坡的固定端同一個位置，讓球自然滑下，不用手推。斜坡底端前方固定放置目標球，兩顆球的起始位置都用膠帶標示清楚，確保每次實驗的起點一致(如圖 4)。



圖 4、斜坡上放置滾球

當施力球滑下並撞擊目標球後，我們會量出目標球移動的距離。為了讓結果更準確，每一種條件都會重複進行 5 次，最後取平均值。(如圖 5) 這樣可以減少誤差，例如球稍微偏移、軌道有細小不平整、或撞擊瞬間產生小旋轉等因素。



圖 5、目標球擺放位置

整個實驗共需要進行 10 組條件 × 每組 5 次，共 50 次實驗。透過這樣完整的設計，我們希望能公平比較不同角度與長度的影響，並找出哪一個因素對碰撞距離影響較明顯，同時也能觀察在高角度時是否更容易出現偏移或跳動的現象。

二、實驗步驟

在正式進行實驗前，我們先準備好所需器材，包括法式滾球兩顆、可調整角度的斜坡、量角器、捲尺、膠帶以及紀錄表。實驗地點選在平坦且乾燥的桌面，以避免地面不平或濕滑影響結果。

第一步，先固定斜坡長度為 30 公分，並使用量角器調整角度為 15° 。確認斜坡穩固後，在斜坡底端前方固定放置目標球，並用膠帶標記目標球起點位置。接著在斜坡設定施力球起點，也用膠帶標示，確保每次都放在同一個位置。

第二步，將施力球放在斜坡固定起點位置。放球時只輕輕放手，不用力推，讓球自然滑下。當施力球撞擊目標球後，等待兩顆球完全停止，再用捲尺測量目標球從起點移動了多少公分，並記錄在紀錄表上。如果同次實驗出現明顯偏離或跳動，另外註記「滾出軌道」或「跳出軌道」等觀察現象。

第三步，在相同角度與長度下重複以上動作共 5 次，並將數據記錄下來，最後計算平均值。

第四步，完成 30 公分斜坡的 15° 後，將斜坡角度依序改為 30° 、 45° 、 60° 、 75° ；每改變一個角度都重複相同流程：固定起點、放手、不推、測量距離、做 5 次並取平均。(如圖 6、7、8)

第五步，將斜坡長度改為 60 公分，重 15° 開始，再依照同樣方式完成五種角度的測試。



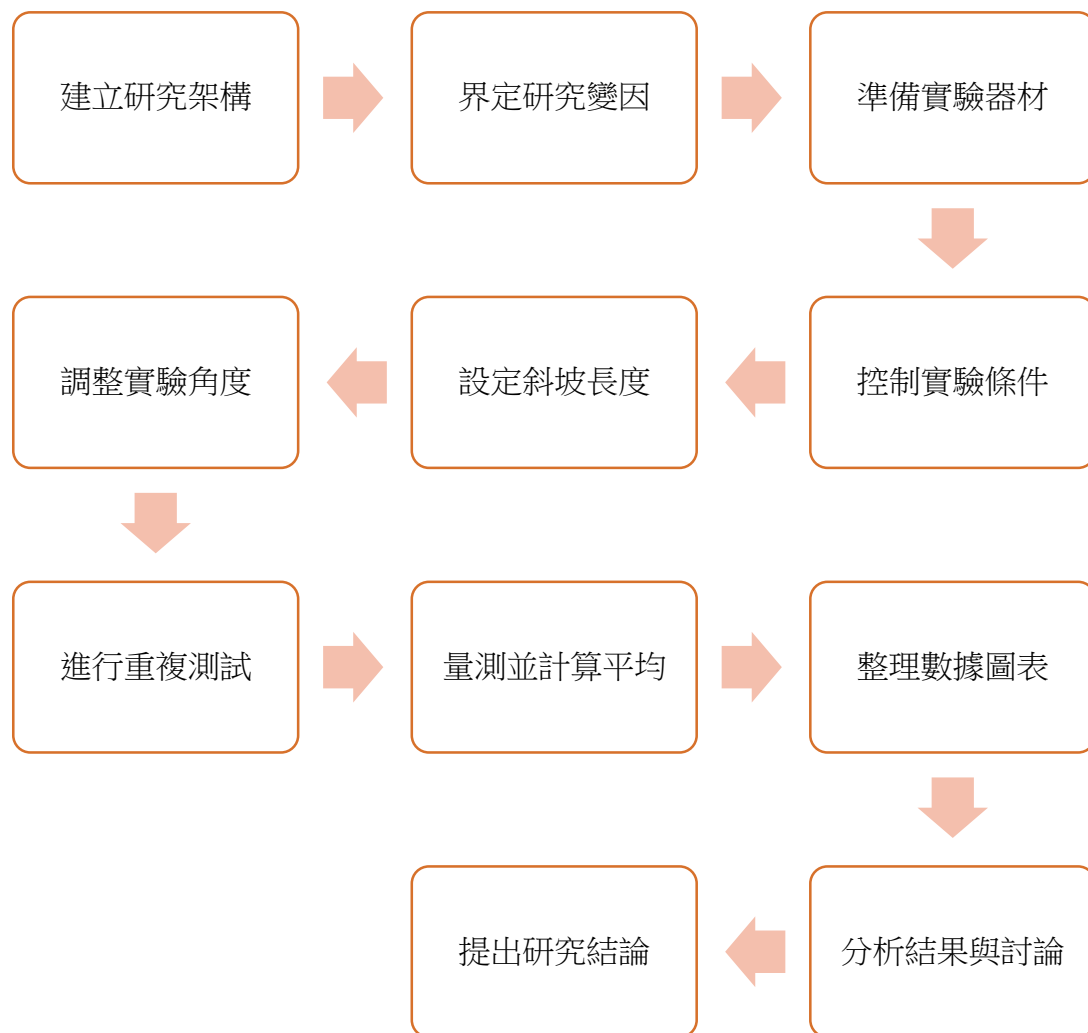
圖 6-8、射擊球與目標球放置點與射擊後量測距離示意圖

在整個實驗過程中，我們特別注意：每次放球前確認起點一致；測量距離時捲尺與地面保持平直；桌面保持相同；紀錄時把特殊情況註記清楚。所有數據完成後，再整理成表格與圖表進行比較與討論。

三、 實驗流程圖

本圖說明我們這次實驗的操作流程。實驗時，我們只輕輕放手，讓施力球自然滑下撞擊目標球，等兩顆球完全停止後，再測量目標球移動的距離並記錄下來。每一種條件都重複五次，最後算出平均值。完成五種角度後，再改變斜坡長度繼續測試，最後整理成圖表進行比較。

圖 9、研究流程圖



肆、研究結果

本實驗根據不同角度與長度的平均碰撞距離數據，進一步比較各組差異，作為後續分析與討論推論的重要依據。以下分別就 30 公分、60 公分及兩長度平均值做實驗結果敘述

一、坡長 30cm 實驗結果說明

如圖表 1 當斜坡長度 30 公分時，我們在不同角度做 5 次實驗的結果。15° 的數據在 86~101 公分之間，平均是 92.8 公分；30° 在 108~135 公分之間，平均 119.4 公分；45° 在 142~170 公分之間，平均 154.2 公分；60° 在 197~229 公分之間，平均 213.2 公分；75° 在 155~184 公分之間，平均 168.6 公分。

表 2、斜坡長度：30 公分實測紀錄表

角度	第 1 次(cm)	第 2 次(cm)	第 3 次(cm)	第 4 次(cm)	第 5 次(cm)	平均(cm)
15°	93	96	101	86	88	92.8
30°	112	135	109	108	133	119.4
45°	144	142	162	170	153	154.2
60°	211	229	220	209	197	213.2
75°	171	174	155	184	159	168.6

二、坡長 60cm 實驗結果說明

表 2 是斜坡長度 60 公分時，不同角度進行 5 次實驗的測量結果。15° 的數據在 144~155 公分之間，平均為 150.2 公分；30° 在 217~242 公分之間，平均為 233.2 公分；45° 在 269~304 公分之間，平均為 289.6 公分；60° 的數據包含 303、318、329 公分，以及兩次超過 400 公分，平均為 316.7 公分。每個角度都量測五次後計算平均值。

表 3、斜坡長度：60 公分實測紀錄表

角度	第 1 次(cm)	第 2 次(cm)	第 3 次(cm)	第 4 次(cm)	第 5 次(cm)	平均(cm)
15°	155	153	144	150	149	150.2
30°	237	217	229	241	242	233.2
45°	301	289	285	269	304	289.6
60°	318	303	>=400	329	>=400	316.7
75°	X	223	225	X	194	214

說明:紀錄表中有“>=”記號者，表示球滾出軌道；有“X”記號者，表示跳出軌道外。因此 60°我們取在量測範圍內(在軌道內)的 3 次加總再平均。

三、兩坡度平均值的比較

如表 3，我們的實驗結果如下面說明:

- (一) 每一個角度下，60cm 的距離都比 30cm 還要遠。例如 15° 時，30cm 是 92.8cm，60cm 是 151.4cm；30° 時，30cm 是 119.4cm，60cm 是 238.6cm；45° 時，30cm 是 154.2cm，60cm 是 283.8cm；60° 時，30cm 是 213.2cm，60cm 是 305.7cm；75° 時，30cm 是 168.6cm，60cm 是 225.5cm。
- (二) 兩種長度的數據都是在 60° 時最遠，在 15° 時最短。30cm 從 92.8cm 一直增加到 213.2cm，在 75° 變成 168.6cm；60cm 從 150.2cm 增加到 316.7cm，在 75° 是 214cm。

表 4、兩坡度平均值的比較表

角度	30cm 平均(cm)	60cm 平均(cm)
15°	92.8	150.2
30°	119.4	233.2
45°	154.2	289.6
60°	213.2	316.7
75°	168.6	214

伍、 討論

一、 實驗討論(坡長 30 公分)

為了解不同角度對撞擊距離的影響，我們將各角度所測量的數據整理如下，並以長條圖呈現變化趨勢(如表 4)。我們的討論如下

(一) 角度變大時距離明顯增加

從 15°增加到 60°時，平均距離由 92.8 公分增加到 213.2 公分，幾乎多了一倍以上。這表示角度變陡時，球滑下來的情形會改變，撞擊的效果也會變強。我們覺得可能是因為角度越大，球在斜坡上滑動時加速比較明顯，因此撞擊時的影響比較大，目標球就滾得比較遠。

(二) 60°可能是較好的撞擊角度

在 30 公分斜坡中，60°的平均距離最大（213.2 公分），比 75°還遠。我們發現角度並不是越大越好，而是可能有一個比較適合的角度，使撞擊效果最明顯。60°時球滑下來的情形比較穩定，撞擊也比較集中，所以目標球移動的距離最遠。

(三) 75°時距離反而變短

角度增加到 75°時，平均距離下降到 168.6 公分，比 60°少很多。我們推測可能因為角度太陡，球滑下時速度太快，撞擊時容易偏移或產生旋轉，導致力量沒有完全傳給目標球，所以距離反而減少，這是我們覺得很特別的發現。

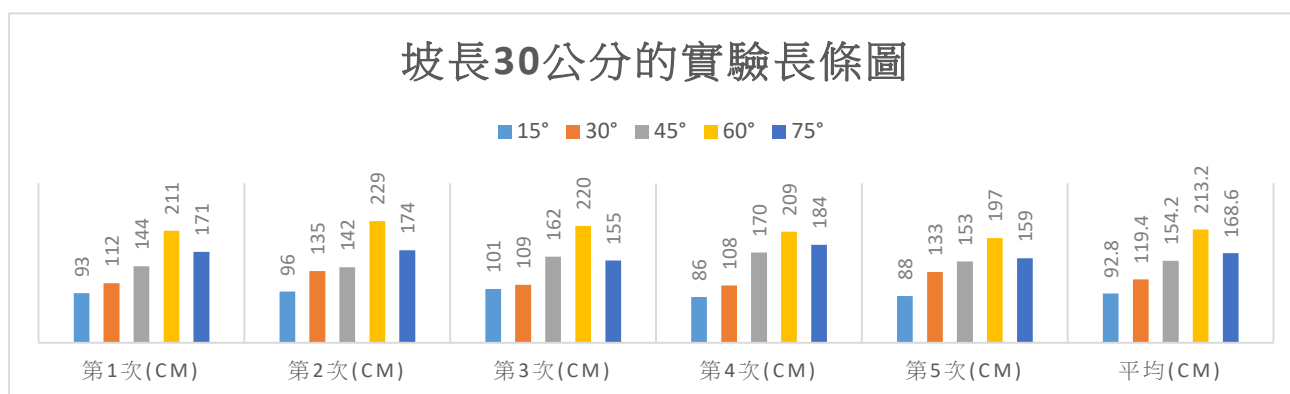
(四) 每次數據有差異但整體趨勢明顯

同一角度下五次數據不完全一樣，例如 60°會有一些差距，但整體趨勢仍很清楚：角度越大距離越遠。這些差異可能來自地面摩擦、球的微小偏移或測量角度不完全一致，但不會改變整體結果判斷。

(五) 結果讓我們重新思考原本的想法

原本我們以為角度越大距離一定一直增加，但實驗發現到 60°後反而下降。這讓我們知道實際情況比想像中複雜，可能還有旋轉、摩擦力或撞擊位置等因素影響結果。這次實驗讓我們學到，不只是看數字增加，更要思考背後的原因。

圖 10、坡長為 30 公分時的實驗長條圖



二、 實驗討論(坡長 60 公分)

(一) 斜坡變長後距離明顯增加

60 公分斜坡在每個角度下的距離都比 30 公分長，例如 15°平均 150.2 公分，比 30 公分的 92.8 公分多很多。這讓我們發現斜坡變長後，球滑行的距離變多，撞擊後目標球也滾得更遠。看起來斜坡長度會影響碰撞效果，而且影響很明顯。

(二) 角度增加時距離成長很快

從 15°到 45°，平均距離從 150.2 公分增加到 289.6 公分，增加幅度非常大。我們覺得角度和長度一起作用時，效果會被放大，所以 60 公分斜坡在增加角度時，距離成長得特別快，代表長斜坡會放大角度的影響。

(三) 60°時距離最遠但變得不穩定

60°時平均距離達到 316.7 公分，是所有角度中最遠的。但我們也觀察到有「滾出軌道」的情況，表示球撞擊後偏離原本方向。我們推測可能因為速度太快，撞擊時產生偏移或旋轉，所以雖然距離很遠，但情形變得比較不穩定。

(四) 75°時出現跳出軌道

角度到 75°時，甚至出現「跳出軌道」(如圖 11)，平均距離反而下降到 214 公分，比 60°小很多。我們猜想角度太陡時速度太快，撞擊瞬間可能產生彈跳，讓力量分散到其他方向，所以距離沒有繼續增加。

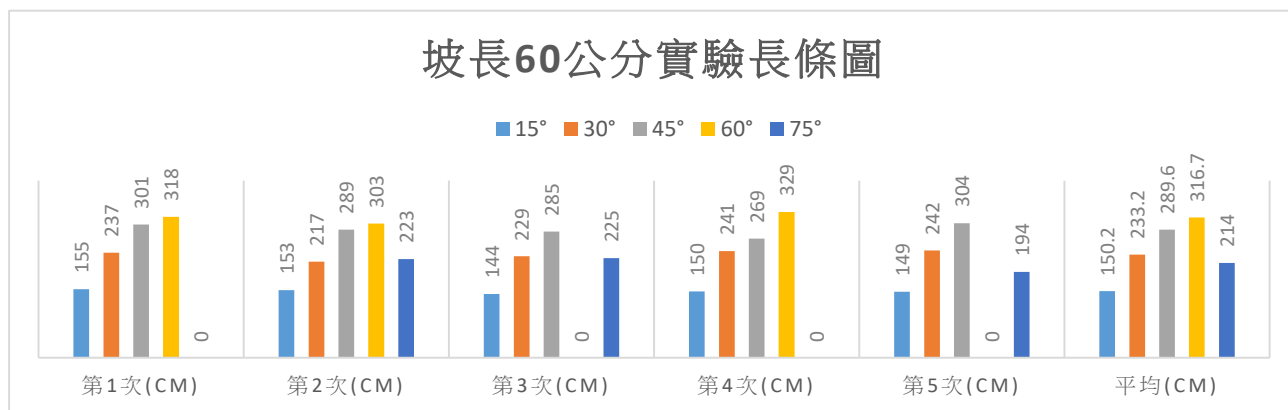


圖 11、目標球受撞擊後跳出軌道

(五) 長斜坡讓影響更明顯

當斜坡變長時，角度的影響變得更明顯，但也更容易出現不穩定。這讓我們知道長度和角度會一起影響結果。如果斜坡又長又陡，距離雖然可能最遠，但也比較難控制，這是我們在實驗中觀察到的重要發現。

圖 12、坡長 60 公分實驗數據長條圖



三、坡長 30 公分與 60 公分的比較

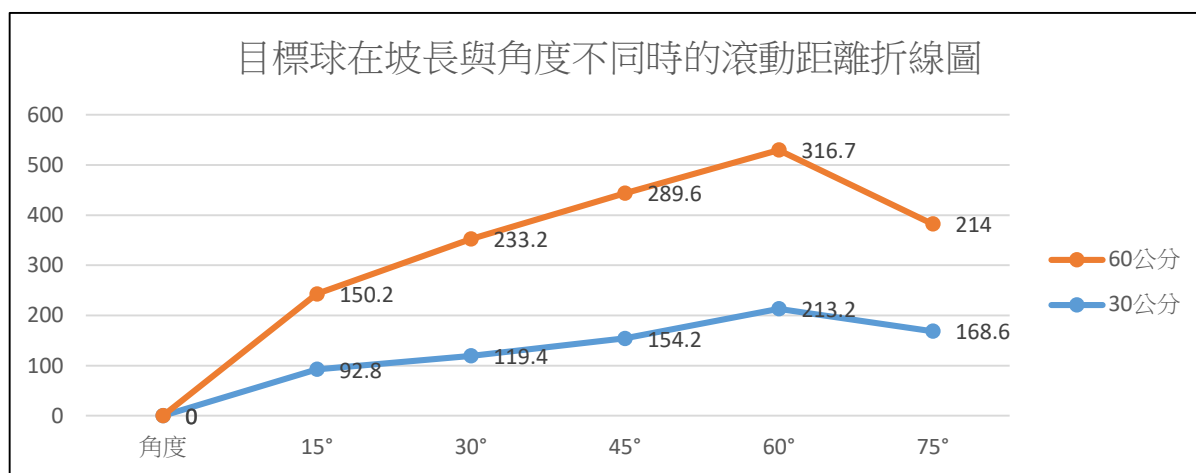
(一) 60 公分斜坡在所有角度都比 30 公分遠

從表格可以清楚看到，不論 15°、30°、45°、60°或 75°，60 公分斜坡的平均距離都比 30 公分長。例如 30°時，30 公分為 119.4 公分，而 60 公分已達到 233.2 公分，幾乎多了一倍。這表示斜坡長度會明顯影響碰撞效果。斜坡變長時，球滑行距離增加，撞擊後目標球也會滾得更遠，長度是一個很重要的影響因素。

(二)兩種長度都在 60°達到最高點

表格中不論 30 公分或 60 公分斜坡，最大平均距離都出現在 60°（30cm 為 213.2 公分；60cm 為 316.7 公分）。這代表角度不是越大越好，而是在 60°左右效果最好。當角度增加到 75°時兩種長度的距離都下降，顯示角度過大可能讓碰撞變得不穩定。

圖 13、平均值的比較



陸、 結論

做完所有實驗並整理數據後，我們發現斜坡的長度和角度真的會影響法式滾球撞得多遠。透過比較不同條件下的平均距離，我們看到了很明顯的變化，也發現有些角度會讓距離變長，有些反而會變短。同時，我們也把實驗條件和實際比賽中的立射與蹲射姿勢做連結，去思考不同出手方式可能帶來的差異。以下就是我們整理出的重要結論和發現，以及未來可以繼續研究的方向。

一、重要結論與發現

- (一) 斜坡長度會影響撞擊距離：在所有角度下，60 公分斜坡的平均距離都比 30 公分斜坡長。如果把這兩種條件對應到比賽中的姿勢，我們認為 60 公分比較接近立射的情況，而 30 公分比較像蹲射。從數據來看，出手高度比較高、球速可能比較快時，撞擊後目標球通常會移動得更遠。
- (二) 60°為最佳角度：不論是 30 公分還是 60 公分斜坡，平均距離都在 60°時達到最大值。這表示角度真的很重要，而且不是越大越好，而是在某一個角度時效果最好。如果套用到比賽，我們覺得就像出手時力道和角度剛好配合得很好，力量才能比較完整地傳到目標球上。
- (三) 角度過大會降低穩定性：當角度增加到 75°時，距離反而下降，而且比較容易出現滾出或跳出軌道的情形。這種情況在 60 公分斜坡時更明顯。我們覺得可能是因為速度太快，撞擊時產生偏移或旋轉，讓力量沒有完全往前傳出去。這也讓我們想到，比賽時如果立射太用力，雖然看起來很強，但可能反而不好控制。
- (四) 綜合本研究結果可以知道，斜坡角度和斜坡長度都會影響法式滾球的碰撞距離。斜坡變長時，球滑行的距離增加，累積的動能也比較多，所以撞擊後目標球會滾得比較遠。不過角度和距離之間不是一直增加，而是呈現「先增加後減少」的情形。當角度太大時，雖然速度更快，但穩定性下降，容易產生偏移或跳動，所以距離反而變短。這讓我們知道，碰撞結果其實受到很多因素影響，不是只有一個原因。同時也讓我們更了解，立射和蹲射除了力道不同之外，穩定性也會有差別。

二、實際比賽中的運用

- (一) 透過這次實驗，我們不只是得到數據，也重新思考平常練習時的經驗。實驗結果顯示，角度和長度都會影響撞擊距離，而且在 60°左右效果最好，角度太大反而會不穩定。雖然比賽時沒有斜坡，但我們發現擊球時的力道和球速，其實就像斜坡條件一樣。如果出手太輕，球推不遠；如果太用力，也可能讓球偏掉或失去控制。
- (二) 再對應到姿勢來看，我們覺得立射因為出手比較高、動作比較快，可能比較適合需要強力把對手球打開的情況；而蹲射重心比較低，比較穩定，可能更適合需要準確度的時候。所以在比賽中，應該要看當下情況選擇姿勢，而不是只用一種方式。

(三) 因此，在練習時我們可以更注意力道和穩定度的配合，而不是只追求用力。這次研究讓我們把平常打球的經驗和課本裡學到的物理原理連在一起，也讓我們在場上思考得更多，而不是只靠感覺出手。同時，我們也更清楚知道立射和蹲射在效果上的差異，未來可以更有策略地使用。

三、未來可以繼續修正與研究的方向

雖然本研究已經探討斜坡角度與長度對撞擊距離的影響，也嘗試連結立射與蹲射的模擬條件，但我們覺得還有很多可以改進的地方。

- (一) 這次實驗主要量測目標球移動距離，未來可以加入慢動作攝影或測速工具，測量球撞擊前的速度，這樣就能更清楚比較不同條件下的差異。
- (二) 本研究使用相同的法式滾球，未來可以比較不同重量或材質的球，看看動量傳遞會不會不一樣，也可以觀察在模擬立射與蹲射條件下是否會有不同結果。在高角度時我們看到滾出或跳出軌道的情形，未來可以改良軌道設計，讓實驗更穩定，減少誤差。
- (三) 之後也可以研究偏心撞擊或不同地面材質對碰撞結果的影響，甚至直接測試真人立射與蹲射，再和本實驗結果做比較。透過這些改進，我們希望能更深入了解法式滾球碰撞背後的科學原理，也讓科學和運動更緊密結合。

柒、 參考資料

一、參考資料

- (一) 天下圖書。(2005)。物理學辭典。天下圖書。
- (二) 南一書局。(2025)。自然科學六年級上學期。南一書局。