

中華民國第42屆中小學科學展覽會

∴ 作品說明書 ∴

國小-物理科

科 別：物 理 科

組 別：國 小 組

作品名稱：到底有多痛？~力的測量

關 鍵 詞：力的大小、槓 桿

編 號：080116

學校名稱：

臺北市大安區私立復興國民小學

作者姓名：

邱柏榮、林欣慧、蘇庭萱、鮑怡雯

指導老師：

張 慎、沈宜屏



題目：到底有多痛？ ～ 力的測量

關鍵詞：力的大小、槓桿

摘 要：

在實驗中，從動機想到，要用什麼方法來測量力的大小。由槓桿原理認識了支點、受力點、施力點等名詞。由翹翹板激發出三個想探討的實驗，自製一組實驗器材，進一步了解施力大小，施力臂、受力臂對實驗的影響。透過選擇合適的球、鎚子、自製圖尺，探討鎚子拉起角度、高度與球彈升高度的關係。

經實驗後知道，球放在離支點愈遠、鐵鎚敲擊的力臂愈長，球彈升的高度愈高。鐵鎚敲擊點離支點愈遠，球彈升的高度愈高。在實驗過程中發現，放置實驗器材的地板材質也會影響球彈升的高度，木質地板最高，磨石子地次之，地毯最低。

透過這些實驗我們知道：球彈得愈高，用力就愈大。當媽媽手舉得愈高，打的愈痛，長的竹竿比短的竹竿打得更痛。

壹、研究動機

有一天放學時，看到一位氣急敗壞的媽媽，從網咖拎著一個學生走出來，只見媽媽的手，重重的落在那同學的臀部。只聽見那同學和媽媽同時都喊好痛呦！相信大家都有被打的經驗，被打時，唉唉叫感到好痛啊！而這時的我就很想知道打人的那個人，到底花了多大的力？讓兩個人都大喊好痛。想起三、四年級，曾經上過：測量力的大小（自然課本第七冊），於是我就找了三個志同道合的同學，一起來研究這個問題。



【照片 1】模擬鐵鎚當我們的手臂

貳、研究目的

一、鏈子拉高的角度，對球彈升高度的影響？

二、受力臂改變，對球彈升高度的影響？

三、力臂改變，對球彈升高度的影響？

四、施力臂改變，對球彈升高度的影響？

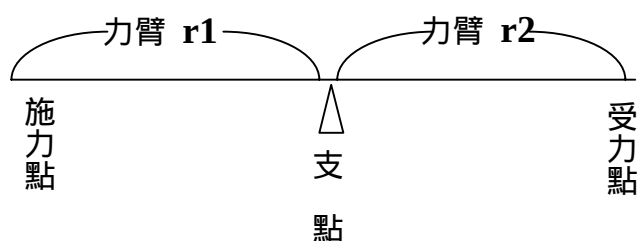
參、文獻探討

一、**牛頓第二運動定律**：如果我們對一個靜止的球施力，就可以使球運動；要是對一個運動中的球施力，就可以改變球的運動方向和速度。當物體的質量相同時，施力越大物體運動的加速度越快；若是物體的質量不同，施力一樣時，質量愈大的物體運動的加速度愈慢。(地球上質量和重量相同) (參考資料四)

二、**力**：力有大小和方向，有碰到(丟球、打在板的一端，另一端的球就會飛出去)，沒碰到(例如：磁力、重力)物體都會動。 (參考資料三)

三、**重力**：地球對人、球、石頭等物體的吸引力，我們稱為「重力」。重力的大小，我們稱為「重量」。重力的作用會使物體往下掉落。如果我們將重力加在翹翹板的一端，另一端的球就會彈出去。 (參考資料三)

四、**第一類槓桿**：支點在中間，施力點、受力點在兩端（圖一）(參考資料二、七)。



【圖 一】第一類槓桿

肆、材料與設備

球 16 個，布尺 1 個，鐵槌子 5 支，玩具蹺蹺板 1 組，十字螺絲起子 1 支，工具組 1 盒，扣環 8 個，螺絲 1 包，鐵釘 1 包，繩子 1 捆，自製圖尺 1 張，膠帶 1 捲，捲尺 1 個，板子數片，紙杯子數個，彩色膠帶 1 捲，量角器，直尺，自製角度板 1 張，磅秤 1 個。



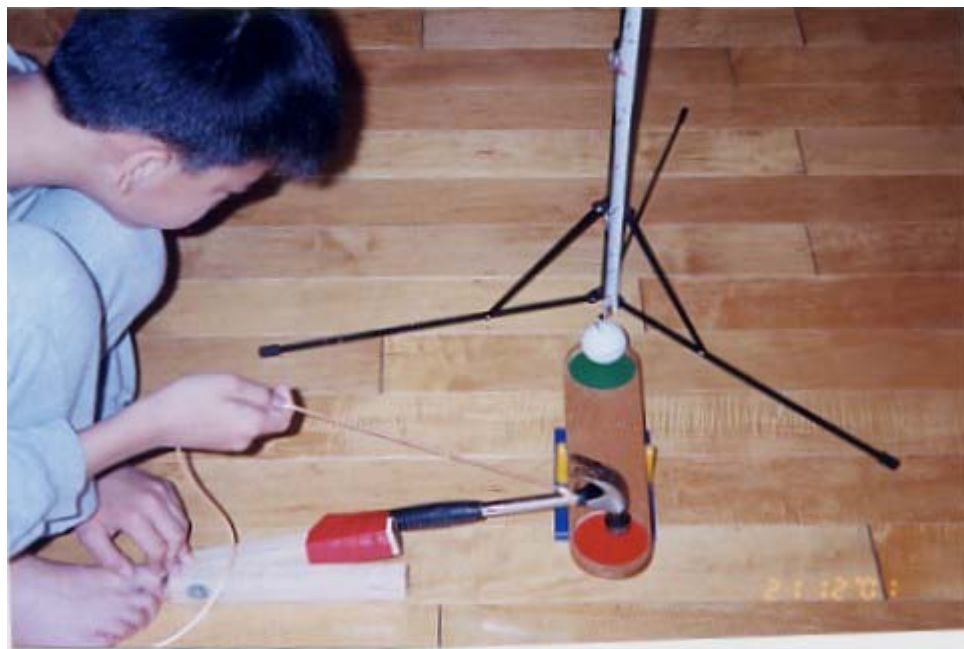
【照片 2】實驗器材與設備

伍、實驗過程

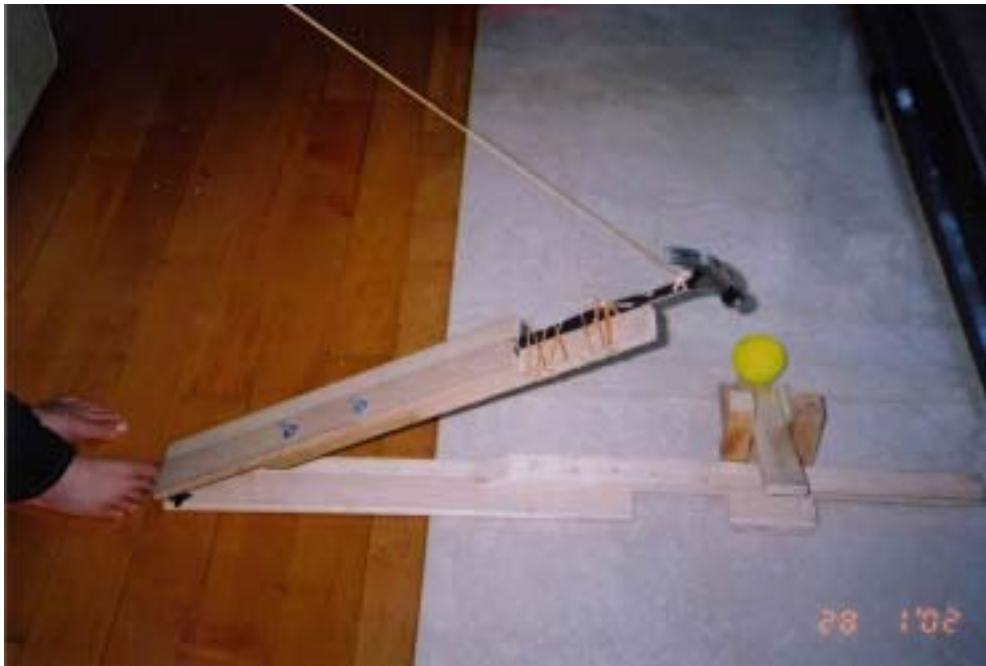
說明：自製實驗器材的發展



【照片 3】利用身邊的器材來探討我們要測的力，鋤子就好比我們的手臂，鋤頭可比拳頭，藉由玩具翹翹板、球、量角器、捲尺等，可以測球彈升的高度。



【照片 4】看到老師拿著圓規在黑板上畫圓，當展開角度大時，畫出的圓較大，角度小時，畫出的圓較小，我們以圓規的運用膠帶來固定木板和鋤子，用一條繩子拉鋤子，將捲尺固定於譜上，在木板上畫上角度，試打看看。



【照片 5】鎚子需要用木板來固定方向，加上木板用繩子纏繞鎚子，用蝴蝶夾來固定底座和木板，木板釘一個翹翹板，比較耐敲擊。



【照片 6】用扣環將鎚子固定在木板上，改善繩子纏繞，敲擊數次後容易鬆脫；做一個橫桿可替換不同長度的受力臂、施力臂。



【照片 7】看球彈升的高度：背景是玩具收藏格，經由這次實驗過程發現可以更準確性的看到球的落點高度。



【照片 8】看球彈升的高度：背景是玩具收藏格，經由這次實驗過程發現，可以更準確性的看到球的落點高度。



【照片 9】看球彈升的高度：背景卡通身高尺圖案加布尺，這次實驗過程發現，可以先看球到圖畫的哪一部位，再找尺的高度，更準確性的讀出球的高度。



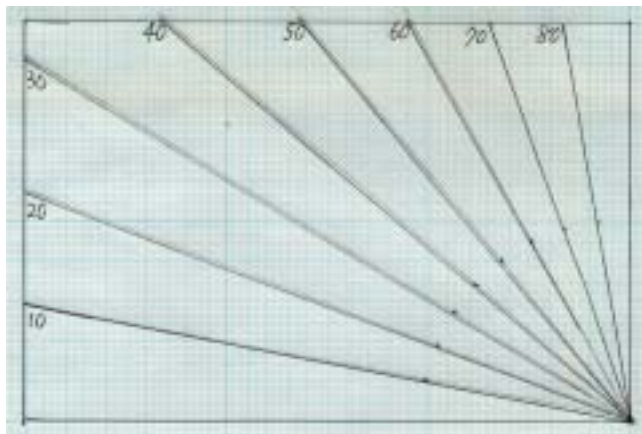
【照片 10】看球彈升的高度：背景圖案加布尺加自繪格子，經由每一次實驗過程發現可以更準確性的讀出球的高度。

一、實驗一：制定本實驗的各項標準

(一)實驗 1-1：製作角度圖

1.角度圖 1 的製作：取一張白紙，用量角器點出角度（ 10° 、 20° 、 30° ----- 90° ）位置，

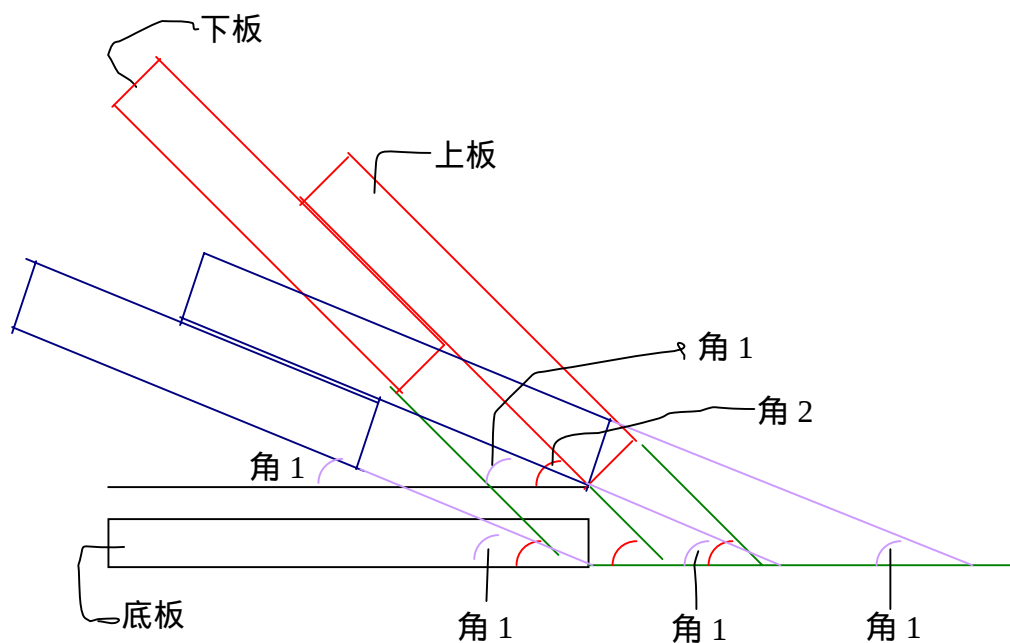
再畫出角度圖 1（圖-1-1-1）。



【圖 1-1-1】角度圖 1

缺點：使用角度圖 1，可以找出力臂和水平線的夾角，但需要移來移去，因為力

臂的轉軸離地有 2.1 公分，經討論後修正下一組（圖 1-1-2）的設計。



【圖 1-1-2】實驗器材的側面圖

觀察發現：

(1)黑色的線是和底板平行，紅色的木板互相平行，藍色的木板互相平行，所以

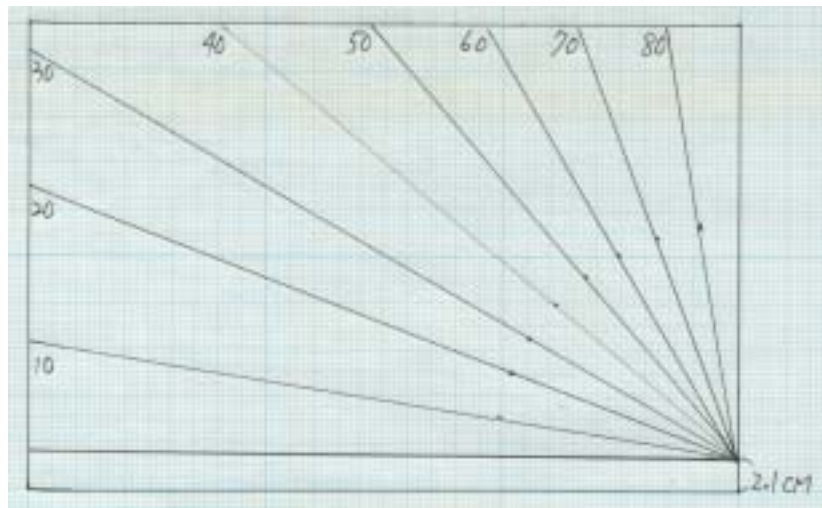
圖中標示角 1，角度都一樣大。夾角是紅色的角度也相等。

(2)當上板的角由角 2 改變為角 1 時，量角器的位置要向後移動。實驗觀察過

程很麻煩且不準確。

2.角度圖 2 的製作：取一空白卡紙，在離底 2.1 公分畫一平行線，取量角器對準平行

線，點出角度位置，再畫出角度圖 2（圖 1-1-3）。



【圖 1-1-3】角度圖 2

缺點：角度圖對準板子的下緣，角度圖的 0° 線上移 2.1 公分配合轉軸的角度，角度

圖可以固定。但是兩塊木板接縫處，當角度改變時，轉軸的位置仍有一點點

的差異（經我們一起討論後分析，是木板展開後夾角處的零件及木板的厚度

所造成的）。

3.角度圖 3 的製作：

- (1)將畫好的角度圖 1 放在地板，將實驗器材側面放在角度圖 1 上，底板螺絲對準角度圖 1 的頂點。【照片 1-1-1】
- (2)將下板的下緣和角度圖 1 上的 0° 線重合；上板的上緣和要畫的角度線重合。【照片 1-1-2】
- (3)在實驗器材上放上另一張硬紙版，沿上板上緣，畫上角度並標明角度。【照片 1-1-3】
- (4)在角度圖 3 上貼上硬紙板，以標示角度位置方便使用。【照片 1-1-4】



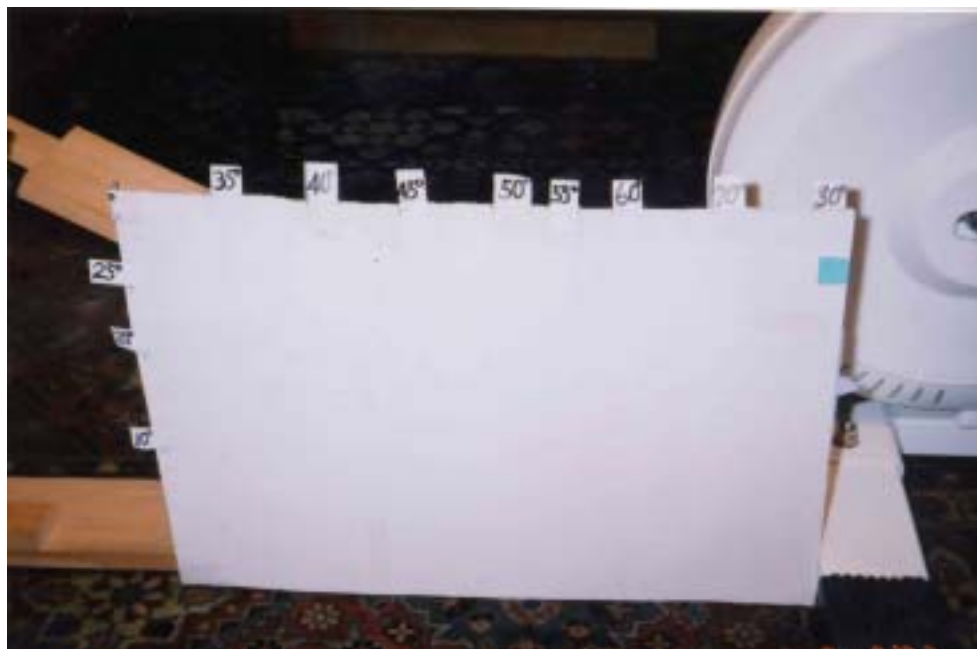
【照片 1-1-1】製作角度圖 3-步驟 1



【照片 1-1-2】製作角度圖 3-步驟 2



【照片 1-1-3】製作角度圖 3-步驟 3



【照片 1-1-4】製作角度圖 3-步驟 4

(二)實驗 1-2：繩子拉起的偏向、角度不同，會不會影響球彈升高度？

1-2-1：繩子的偏向

剛開始測量時，每次拉起繩子，準備往下敲，站在對面的同學，都會說：「左一點」、「右一點」，直到繩子與底座成平行，才說「好」。經一番討論後，決定了以下的實驗：

1.實驗材料：球一個、實驗器材一組、自製圖尺一張、布尺一條、角度尺一個。

2.實驗步驟：

(1)將實驗器材架好，角度固定在 30° 。

(2)將線拉起與底座成平行狀。【附圖 1-2-1】【照片 1-2-1】。

(3)手放開，看球彈升的高度，記錄於附表 1-2-1 中，重覆做 10 次。

(4)將線拉起向右 1、右 2、左 1、左 2 重覆步驟(3)【照片 1-2-2】。

附表 1-2-1：繩子的偏向不同，測量球彈升的高度（角度固定為 30° ）單位：公分

次數 高度 繩子偏向	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
向右1	103	105	103	103	103	104	103	103	104	104	103.5
向右2	103	101	98	97	97	96	97	98	98	97	98.2
平行	91	90	90	91	91	90	90	91	91	91	90.6
向左1	95	94	94	93	93	95	94	94	93	93	93.8
向左2	90	88	90	90	88	90	90	90	90	90	89.6
備註：											

3.發現與討論：繩子的偏向，會造成結果的不同，因此都以**平行**為標準，
平行狀比較容易觀察。

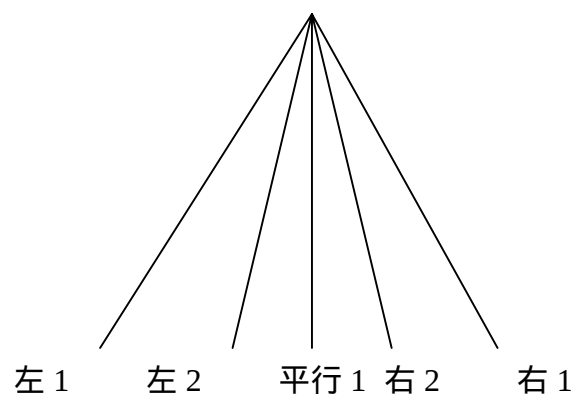
4.結論：**選擇繩子和底座成平行狀，作為後面實驗繩子的拉法。**



【照片 1-2-1】繩子底座成平行狀拉起



【照片 1-2-2】繩子向右偏向拉起



【附圖 1-2-1】繩子 5 種偏向不同的拉法

1-2-2：繩子拉起鎚子時繩子與底座的角度，會不會影響球彈升的高度？

1.實驗材料:網球一個、實驗器材一組、自製圖尺一張、布尺一條、角度尺一個。

2.實驗步驟:

(1)將實驗器材架好，角度固定在 30° 。

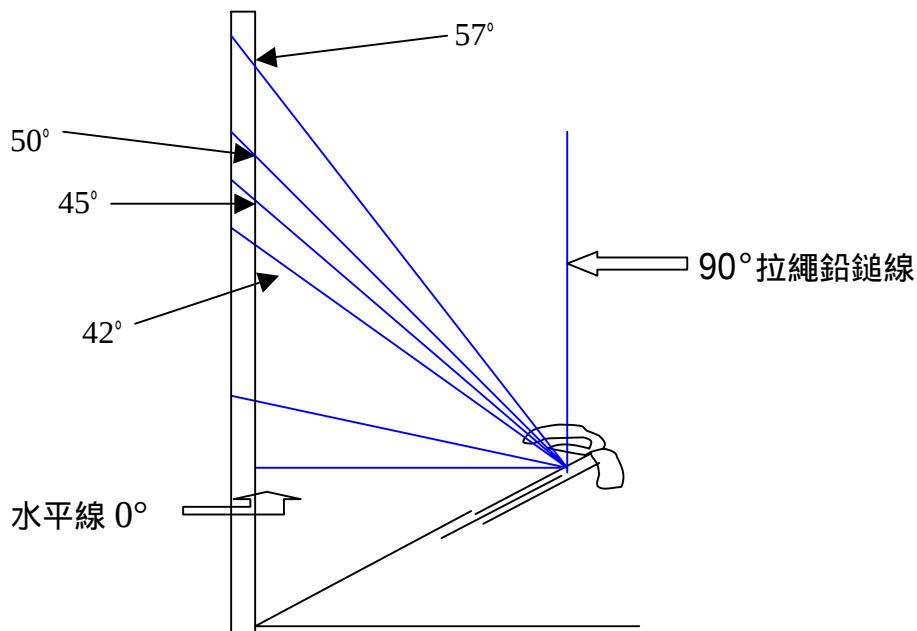
(2)將繩子拉起與底座成 90° 。【圖 1-2-2】。

(3)手放開，看球彈升的高度，記錄於附表 1-2-2 中，重覆做 10 次。

(4)將線拉起和底座成水平(0°)，重覆步驟(3) 【圖 1-2-2】【照片 1-2-3】。

(5)將線拉起和底座成 45° 角。(如附圖 1-2-2)重覆步驟(3)。

(6)取譜架立於和底座的水平線上，將繩子拉到譜架上的任一位置，重覆步驟(3)，做完後再量取角度。



【圖 1-2-2】藍色的線，代表繩子的位置，先做完再量角度。

附表 1-2-2：拉繩子與底座的角度不同，球彈升高度（角度固定 30°） 單位：公分

次數 高度 繩子角度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
0°	89	90	91	91	92	90	90	91	90	91	90.5
28°	89	93	92	91	92	91	91	92	92	90	91.3
42°	91	90	90	91	92	92	92	91	90	90	90.9
45°	91	90	90	91	91	90	90	91	91	91	90.6
50°	91	91	91	93	91	92	92	91	92	92	91.6
57°	91	90	91	93	94	94	95	93	91	90	92.2
90°	91	93	91	90	90	90	91	90	90	90	90.6
備註：											

3.發現與討論:由附表 1-2-2 中發現，繩子的角度從 0°到 90°，球彈升高度的值從 90.5 公分到 92.2 公分，數據分佈很接近。

4.結論：在本次實驗中，繩子拉起鏈子與底座的角度，不會影響球彈升的高度。繩子在 0°~90°的範圍內，處於任何角度都可以。



【照片 1-2-3】繩子拉起鋤子，繩子和底座成平形狀(0°)

(三)實驗 1-3:選擇實驗用球

1.實驗材料：16 種不同的球【照片 1-3-1】 實驗器材一組、自製圖尺一張、布尺一條、
角度尺一個。

2.實驗步驟：

- (1)收集生活中常可見到的球，寫上球的名稱、編號，量球的重量、直徑等基本資料
記錄於附表 1-3-1。
- (2)實驗器材架設好，將角度尺固定在器材上，在地上畫出定位線。【照片 1-3-2】
- (3)將球 1 放在受力點的位置上。
- (4)繩子拉起對準 30° 角【照片 1-3-3】，並使其和底座成平行狀。【照片 1-3-4】，再將
繩子迅速放開。
- (5)觀察球彈升的高度(以眼睛平視球的上緣)【照片 1-3-5】，記錄於附錄原始資料表 1
中。
- (6)重覆步驟 (3) ~ (5) 各 10 次，球 2~16 重覆步驟 (6)。
- (7)角度調為 40° ，重覆步驟 (6)，紀錄於附錄原始資料表 2；
角度調為 50° ，重覆步驟 (6)，紀錄於附錄原始資料表 3；
角度調為 60° ，重覆步驟 (6)，紀錄於附錄原始資料表 4。
- (9)合併附錄原始資料表 1、2、3、4 中平均欄中的數值，整理為附表 1-3-2。

附表 1-3-1：球的基本資料

編號	名稱	直徑 (cm)	重量 (g)	備註
1	棒球	7	120	
2	大彈珠 (1)	3.6	108	
3	大彈珠 (2)	3.6	106	
4	大皮球	9.6	55	
5	網球	6.5	57	
6	高爾夫球	4	45	
7	滑鼠球	2.5	31	
8	彈力球 (大)	3.4	18	
9	彈力球 (中)	3.2	15	
10	彈力球 (小)	2.1	4	
11	塑膠球 (大)	6.4	9	
12	塑膠球 (小)	5	12	
13	乒乓球	4	2	
14	中彈珠	2.5	19	
15	小彈珠	1.5	6	
16	小皮球	6.7	31	



【照片 1-3-1】：收集到的 16 種球

附表 1-3-2：合併 16 種球在各角度，球彈升的平均高度 單位：公分

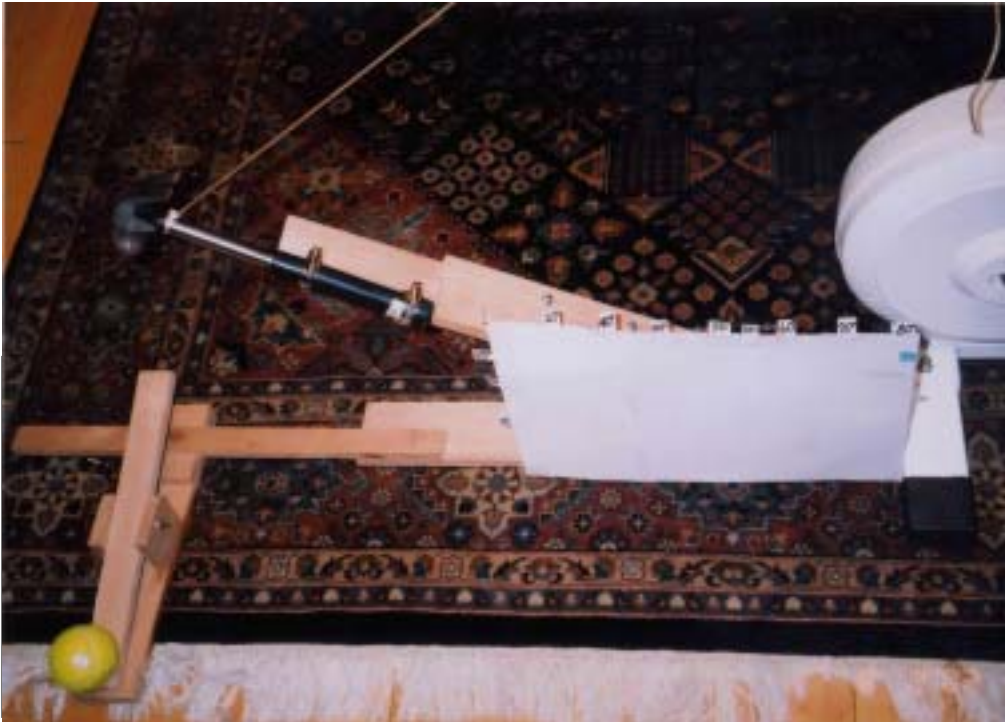
球號名稱	錘子的角度 平均高度	直徑	重量	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
		公分	公克								
1	棒球	7.0	120	X	34	65	99	108	125	135	147
2	大彈珠 (1)	3.6	108	X	32	69	96	116	—	—	—
3	大彈珠 (2)	3.6	106	X	30	72	103	120	—	—	—
4	大皮球	9.6	55	X	40	68	97	105	141	134	145
5	網球	6.5	57	X	35	91	125	144	174	> 180	> 180
6	高爾夫球	4.0	45	X	36	88	131	151	> 180	> 180	> 236
7	滑鼠球	2.5	31	16	36	102	146	169	> 180	> 180	> 236
8	彈力球(大)	3.4	18	X	34	108	147	175	> 180	> 180	> 236
9	彈力球(中)	3.2	15	16	36	110	150	> 180	> 180	> 236	> 236
10	彈力球(小)	2.1	4	17	53	123	177	> 180	> 180	> 236	> 236
11	塑膠球(大)	6.4	9	18	42	93	141	161	> 180	> 180	200
12	塑膠球(小)	5.0	12	14	42	106	152	> 180	> 180	> 236	> 236
13	乒乓球	4.0	2	15	41	111	153	> 180	> 180	> 180	> 236
14	中彈珠	2.5	19	x	33	101	135	155	> 180	> 236	> 236
15	小彈珠	1.5	6	19	36	122	182	> 180	> 180	> 236	> 236
16	小皮球	6.7	31	17	38	81	116	141	177	> 180	> 236
備註	1.X：球沒有彈起； 2.> 236：表示球打到天花板（天花板總高度 = 236 公分）。 3.資料來源：由附錄原始紀錄表 1、2、3、4 中，取平均值那一欄。										

3.發現與討論:

- (1)施力點靠近尺時，球彈出去的方向與尺的方向相反【圖 1-3-1】【照片 1-3-6】，距離尺的刻度較遠，觀察時比較不容易讀取尺上正確的數值。
- (2)受力點靠近尺時，球彈升的位置在尺的前方，距離尺的刻度較近，【圖 1-3-1】【照片 1-3-7】，觀察的數字較正確。
- (3)球彈出去的方向，大部分向上彈出，但有的呈拋物線彈出(如大皮球)。
- (4)實驗進行時，有時數字會和前面的數字差很多，我們就要當即檢查該次實驗器材是否有鬆動，立即調整。
- (5)選擇實驗用球：球彈升的高度，以我們的身高易於觀察的範圍(端坐在地面上平視高度約在 55 公分)。有 5 號網球、16 號小皮球符合條件；網球屬於比賽運動用球，容易取得多個相同的。而小皮球比較不容易找到相同的。
- (6)表中 7 號滑鼠球與 16 號小皮球，重量相同，體積不同；體積比較小的彈升的高度比較高。
- (7)表 1-3-2 中，7 號滑鼠球與 14 號中彈珠，體積相同，重量不同；重量比較重的彈升的高度比較高。但 5 號網球與 11 號小塑膠球，體積相同，重量不同；重量比較重的彈升的高度比較低。
- (8) 30°以下 1-4 號球都低於 80 公分，70°以上 5-16 號球都高於 180 公分；由上表意外發現，最適的鎚子實驗角度是 30°到 60°之間。

4.結論：

- (1)彈升高度在 80 公分到 180 公分之間,容易取得多個相同的球以 5 號網球做為後面實驗用球。
- (2)角度以 30° 到 60° 之間,做為以後實驗角度比較適當。
- (3)在這個實驗中,球彈升的高度和體積有關,體積愈小球彈升的高度愈高。
- (4)球彈升的高度和重量之間看不出來有何關係,有的重量比較重的彈升的高度比較低;有的重量比較重的彈升的高度比較高。



【照片 1-3-2】：將角度尺固定在器材上



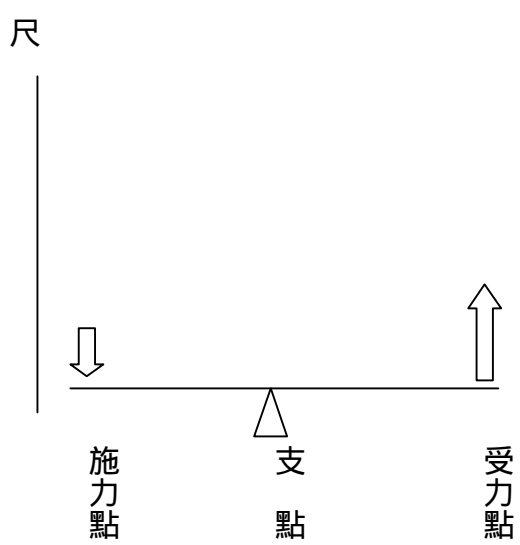
【照片 1-3-3】：繩子拉起對準 30°角



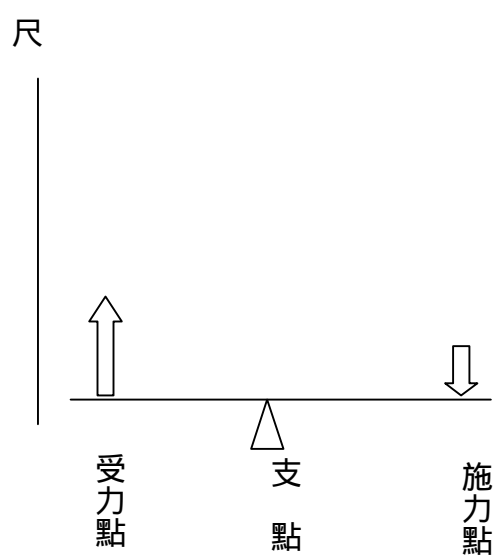
【照片 1-3-4】：繩子和底座成平行狀



【照片 1-3-5】：以眼睛平視球的上緣



【圖 1-3-1】



【圖 1-3-2】



【照片 1-3-6】施力點靠近尺，球彈升時離尺較遠，觀察較不容易。



【照片 1-3-7】受力點靠近尺，較容易觀察球彈升高度。

(四)實驗 1-4：選實驗用的鎚子

剛開始討論設計實驗器材時，每個人從家裡帶來的鎚子都不一樣，經討論後決定，

開始進行實驗：

1.實驗材料：5 種不同的鎚子【照片 1-4-1】 實驗器材、自製圖尺、布尺、角度尺一個。

2.實驗步驟：

(1)將收集到的鎚子，寫上鎚子的名稱、編號，量鎚子的重量、長度等基本資料，記錄於附表 1-4-1。

(2)實驗器材架設好，將角度尺固定在器材上，在地上畫出定位線。

(3)將 350 克的鎚子鎖在力臂上，網球放在受力點的位置上。

(4)繩子拉起對準 30° 角，並使其和底座成平行狀，再將繩子迅速放開。

(5)觀察球彈升的高度，紀錄於附表 1-4-2，重複做 10 次。

(6)將角度換成 35° 到 60° ，每隔 5° ，重複步驟(4)~(5)。

(7)將鎚子換成 550 克、690 克，重複步驟(3)~(6)。

(8)將附表 1-4-2 中之平均值，畫成折線圖，看鎚子重量和球彈升高度的關係。【圖 1-4】

附表 1-4-1：鎚子的基本資料

編號	名稱	長度 (cm)	重量 (g)	備註
1	羊角鎚	24.5	350	
2	羊角鎚	30.5	550	@NT\$50.00
3	羊角鎚	32	690	
4	金三鋼	35.5	560	
5	金三鋼	35.5	600	

附表 1-4-2：三種不同重量的鎚子

單位：公分

鎚重	次數 高度 角度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
350 (gm)	30°	70	70	69	70	70	70	69	69	70	70	69.7
	35°	87	86	86	84	86	86	86	85	85	84	85.4
	40°	103	104	104	103	104	103	104	104	103	103	103.5
	45°	112	115	112	113	112	113	115	112	113	110	112.7
	50°	123	123	123	125	123	124	123	124	123	124	123.5
	55°	138	140	141	141	142	141	138	137	140	140	139.6
	60°	152	150	151	155	150	149	152	155	152	150	151.6
550 (gm)	30°	91	90	90	91	91	90	90	91	91	91	90.6
	35°	110	108	111	110	111	111	108	112	110	110	110.1
	40°	118	120	118	120	120	120	118	120	120	119	119.3
	45°	132	130	131	130	132	133	130	130	133	132	131.3
	50°	142	145	144	142	146	143	144	142	145	145	143.8
	55°	160	158	157	162	162	160	160	162	160	162	160.3
	60°	175	175	172	175	174	175	174	172	175	175	174.2
690 (gm)	30°	97	96	97	96	97	96	97	96	97	96	96.5
	35°	115	114	115	114	115	116	117	117	117	117	115.7
	40°	13	13	130	132	131	133	133	133	133	133	132.5
	45°	157	158	157	157	156	157	155	157	156	156	156.6
	50°	172	175	172	172	175	172	172	172	172	172	172.6
	55°	>180	>180	>180	>180	>180	>180	>180	>180	>180	>180	>180
	60°	>180	>180	>180	>180	>180	>180	>180	>180	>180	>180	>180
備註：												

3.發現與討論：

- (1)附表 1-4-1 中，5 支鎚子中有 3 支是同一類，不同重量，選這一組來作實驗。
- (2)選出的 3 支鎚子不一樣長，1 號鎚太短，將力臂往前移 1 個洞；3 號鎚太長，用刀子將塑膠把手把削掉，使力臂一樣長(80 公分)。
- (3)1 號鎚 350 克在 30° 時，球彈升高度是 69.7 公分，要趴下去才能平視。
- (4)2 號鎚 550 克在 $30^\circ\sim 60^\circ$ ，球彈升高度是 90.6 公分~174.2 公分。
- (5)3 號鎚 690 克在 55° 時，球彈升高度超過 180 公分，要墊椅子才能平視。
- (6)再同一角度，鎚子愈重，球彈升的高度愈高。

4.結論：所以我們決定以 2 號 550 克的鎚子，作為實驗用的鎚子。



【照片 1-4-1】：收集到的 5 種不同的鎚子。

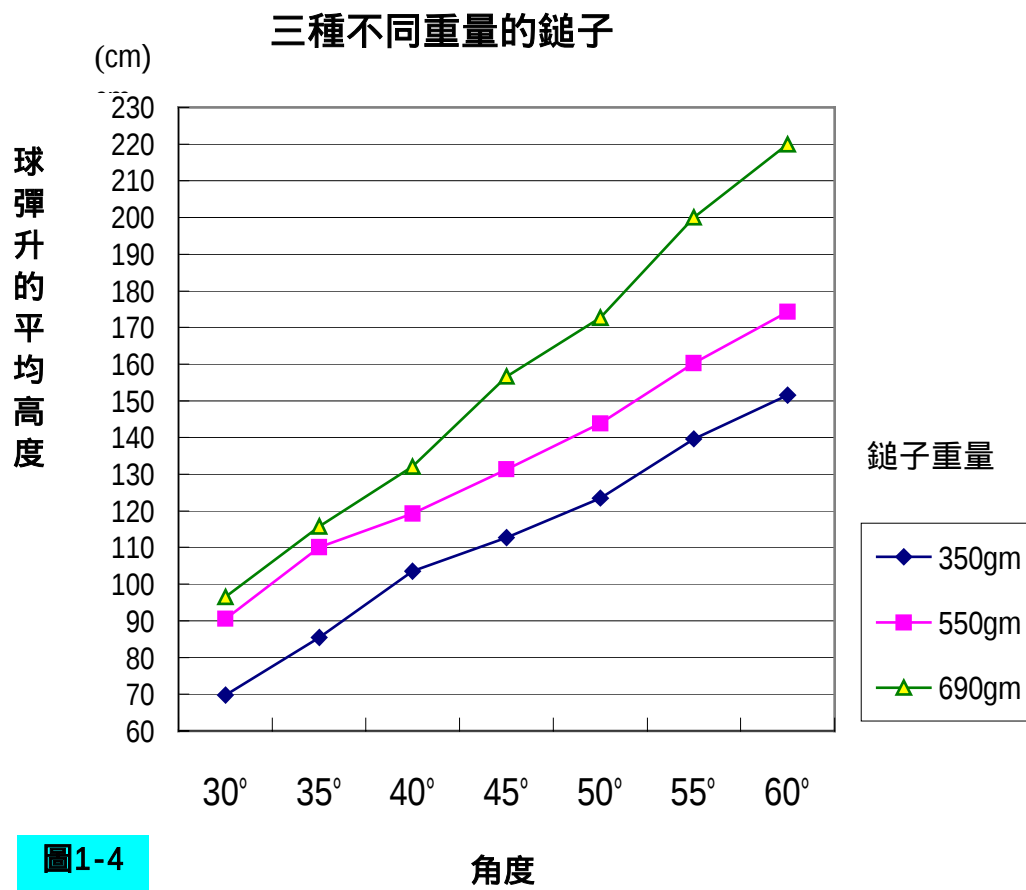


圖1-4

二、實驗二：鏈子拉起的角度、高度與球彈升高度的關係

(一)實驗 2-1：鏈子的角度與球彈升高度的關係

1.實驗材料：網球一個、實驗器材一組、自製圖尺一張、布尺一條、角度尺一個、面紙盒一個、彩色膠帶一卷。

2.實驗步驟：

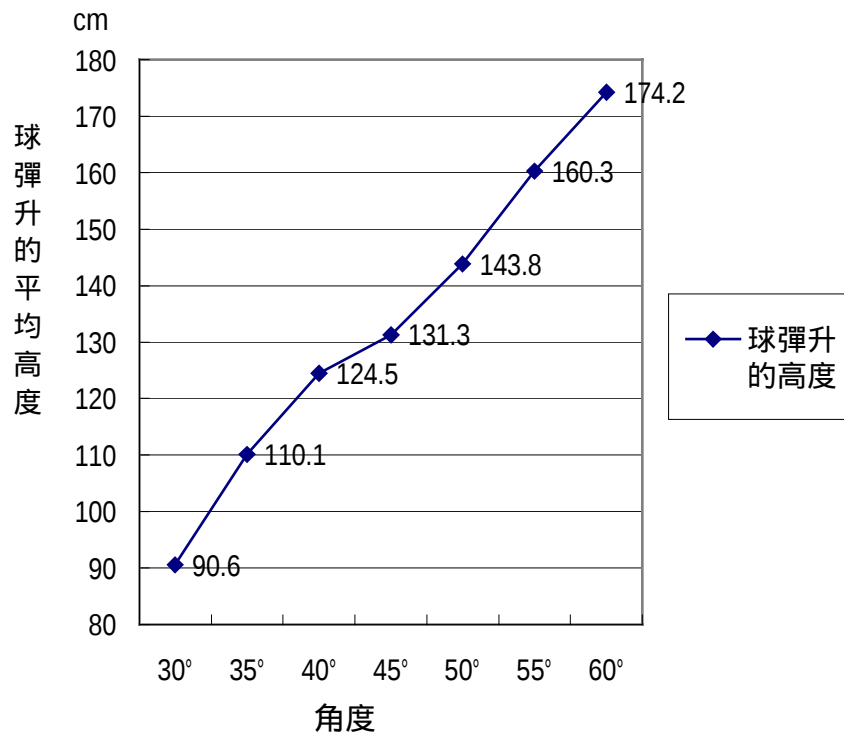
- (1)實驗器材架設好，將角度尺固定在器材上，在地上畫出定位線。
- (2)繩子拉起對準 30° 角，並使其和底座成平行狀，再將繩子迅速放開。
- (3)觀察球彈升的高度，記錄附表 2-1-1，重複做 10 次。
- (4)將角度換成 35° ~ 60° 每隔 5° ，重複步驟(4)~(5)。
- (5)畫折線圖，看鏈子自不同角度落下與球彈升的關係。【圖 2-1】

附表 2-1-1：鏈子自不同角度落下，對球彈升高度的影響

單位：公分

次數 高度 角度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
30°	91	90	90	91	91	90	90	91	91	91	90.6
35°	110	108	111	110	111	111	108	112	110	110	110.1
40°	124	123	124	127	123	124	125	124	125	126	124.5
45°	132	130	131	130	132	133	130	130	133	132	131.3
50°	142	145	144	142	146	143	144	142	145	145	143.8
55°	160	158	157	162	162	160	160	162	160	162	160.3
60°	175	175	172	175	174	175	174	172	175	175	174.2
備註：											

鏈子自不同角度落下與球彈升高度的關係



【圖 2-1】

3.發現與討論：

- (1)鏈子自角度愈大的地方落下時，球彈升的高度就愈高。
- (2)當角度自 40°到 45°時，球的高度增加最少，只有 7 公分。

4.結論：鏈子的角度愈大，球彈升的高度就愈高。

(二)實驗 2-2:鎚子自不同的高度落下與球彈升高度的關係

1.實驗材料：網球一個、實驗器材一組、自製圖尺一張、布尺一條、角度尺一個、面

紙盒一個、彩色膠帶一卷。

2.實驗步驟：

(1)將布尺貼在鐵欄杆上，刻度 20 公分處，貼一面紙盒。

(2)將繩子拉起，讓鎚頭輕輕的碰到面紙盒【照片 2-2-1】。

(3)用彩色膠帶貼在繩子上作記號【照片 2-2-2】。

(4)將手放開，看球彈升的高度，記錄於附表 2-2 中，重覆做 10 次。

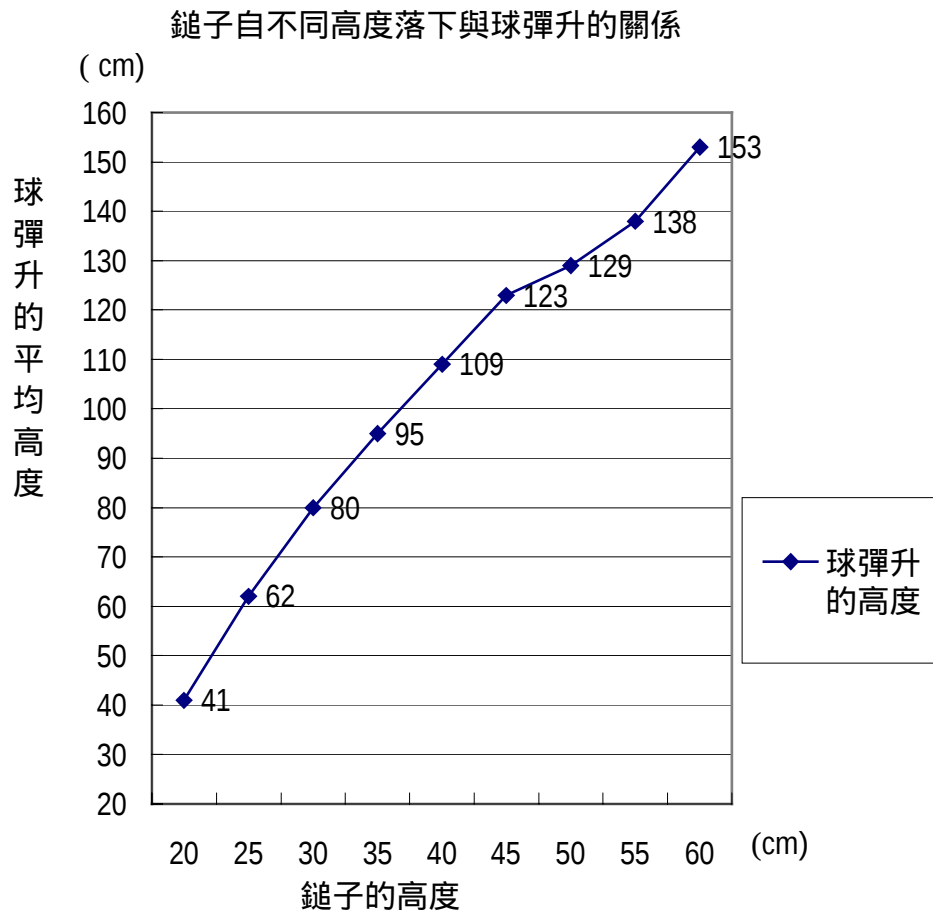
(5)改變鎚子的高度，20cm-60cm 之間，每 5 公分一個間隔，重覆步驟(1) ~ (4)。

(6)將平均值畫出折線圖，看鎚子的高度與球彈升高度的關係【圖 2-2】。

附表 2-2：鎚子的高度與球彈升高度

單位：公分

次數 鎚子 高度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
20	43	40	42	42	41	42	41	43	44	42	41.8
25	64	62	61	60	61	62	64	62	60	62	61.8
30	81	80	77	78	78	78	78	82	81	82	79.5
35	95	95	94	95	95	94	94	96	95	95	94.8
40	108	109	107	107	108	108	109	109	111	111	108.7
45	124	124	122	124	124	122	124	121	125	124	123.4
50	129	130	129	128	130	131	132	128	128	128	129.3
55	139	137	137	136	138	138	139	138	139	140	138.1
60	155	155	153	153	155	153	152	153	153	152	153.4
備 註	高度：鎚頭到地板的距離。										



【圖 2-2】

3.發現與討論：

- (1)鏈子的高度，每增高 5 公分，球彈升的高度並不一樣。
- (2)球彈升的高度增加 14 公分、15 公分各兩次。
- (3)鏈子自愈高的地方落下，球彈升的平均高度愈高。
- (4)從折線圖看出向上增加的趨勢，但不會成為一直線。

4.結論：鏈子的高度，每增高 5 公分，球彈升的高度會增加，在高度 = 45 公分時，

角度約在 40° 以內時成一直線



【照片 2-2-1】量鎚子離地面的高度



【照片 2-2-2】用彩色膠帶標示鎚子的高度

(三)實驗 2-3:鏈子的角度與高度之間的關係

1.實驗材料：網球一個、實驗器材一組、自製圖尺一張、布尺一條、角度尺一個、面

紙盒一個、彩色膠帶一捲。

2.實驗步驟：

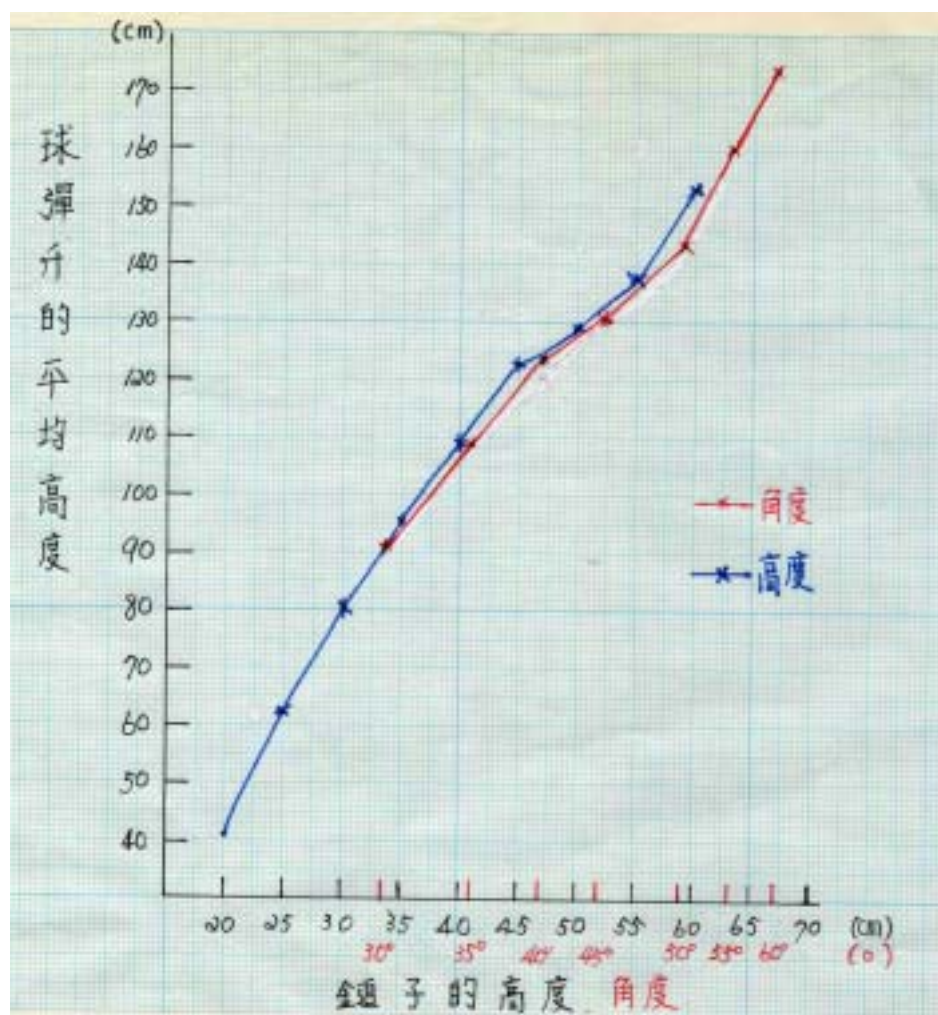
(1)合併實驗 2-1 與實驗 2-2 之表 2-1 與表 2-2 於表 2-3 中。

(2)分別畫折線圖，看看高度與角度的關係。【圖 2-3】

附表 2-3：鏈子的高度與角度的關係

單位：公分

鏈子 高度		次數 高度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
鏈子 的 角 度	30°		91	90	90	91	91	90	90	91	91	91	90.6
	35°		110	108	111	110	111	111	108	112	110	110	110.1
	40°		124	123	124	127	123	124	125	124	125	126	124.5
	45°		132	130	131	130	132	133	130	130	133	132	131.3
	50°		142	145	144	142	146	143	144	142	145	145	143.8
	55°		160	158	157	162	162	160	160	162	160	162	160.3
	60°		175	175	172	175	174	175	174	172	175	175	174.2
鏈子 的 高 度	20		43	40	42	42	41	42	41	43	44	42	41.8
	25		64	62	61	60	61	62	64	62	60	62	61.8
	30		81	80	77	78	78	78	78	82	81	82	79.5
	35		95	95	94	95	95	94	94	96	95	95	94.8
	40		108	109	107	107	108	108	109	109	111	111	108.7
	45		124	124	122	124	124	122	124	121	125	124	123.4
	50		129	130	129	128	130	131	132	128	128	128	129.3
	55		139	137	137	136	138	138	139	138	139	140	138.1
	60		155	155	153	153	155	153	152	153	153	152	153.4
備註		合併附表2-1、2-2探討高度與角度之間的對應關係											



【 圖 2-3 】

3.發現與討論：

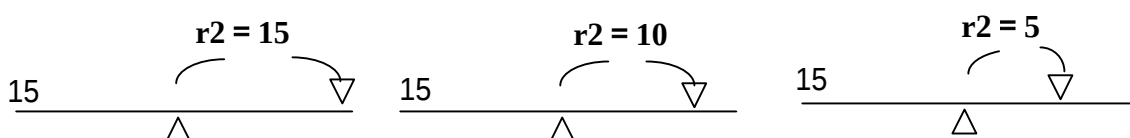
- (1)由表 2-3 中，量出鏈子角度對應的高度，發現鏈子每增加 5° ，鏈子增加的高度不一定相同。
- (2)由折線圖看到角度與高度的兩條折線形狀類似。

三、實驗三：受力臂、力臂、施力臂的長度改變會不會影響球彈升高度？

(一)實驗 3-1:受力臂改變與球彈升高度的關係

總長 = 30，支點（中間）施力臂（ $r_1 = 15$ ）不變；

受力臂位置改變，受力臂 = 5 公分、受力臂 = 10 公分、受力臂 = 15 公分。



1.實驗材料：5 號網球 1 個、實驗器材一組、自製圖尺一張、布尺一條、角度尺一個。

2.實驗步驟：

(1)把自製圖尺、布尺貼在牆上。

(2)把角度板靠在實驗器材頂點，將球放在離支點 5 公分的地方。【照片 3-1-2】

(3)把繩子平行拉到 30° 位置，把手放開。

(4)看球彈升的高度，並記錄在附表 3-1 中。【照片 3-1-3】

(5)將角度改成 $40^\circ \sim 60^\circ$ ，重覆步驟(3)~(4)，每個角度做 10 次。

(6)將球的位置改成 10 公分和 15 公分的地方，重覆步驟(3)~(5)。

(7)將平均值畫成折線圖，看受力臂長度改變後的趨勢【圖 3-1】。

附表 3-1：受力臂改變與球彈升高度的關係

單位：公分

次數 角度 高度 受力臂		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
5 公 分	30°	23	26	26	25	26	25	25	24	25	25	25.4
	35°	26	30	31	29	29	28	26	29	31	30	28.9
	40°	33	33	31	31	32	33	30	31	32	30	31.6
	45°	44	46	44	45	45	42	45	46	44	45	44.6
	50°	54	53	51	53	52	51	53	52	53	52	52.4
	55°	56	55	58	56	58	58	57	56	55	55	56.4
	60°	64	60	63	62	60	62	61	62	63	60	61.7
10 公 分	30°	42	43	41	43	40	42	44	43	46	43	42.7
	35°	52	53	54	53	50	52	52	53	52	52	52.3
	40°	58	58	62	60	60	58	59	60	59	59	59.3
	45°	61	62	62	61	63	62	62	61	62	64	62.0
	50°	70	68	69	70	68	70	71	68	68	70	69.2
	55°	75	76	75	77	74	77	75	75	74	75	75.3
	60°	79	83	83	82	80	80	81	81	83	83	81.1
15 公 分	30°	73	73	77	76	76	77	77	79	76	73	74.7
	35°	98	94	98	92	94	96	96	95	97	95	95.2
	40°	109	109	111	104	109	108	110	108	112	109	108.6
	45°	122	124	123	122	120	121	119	118	120	121	121.1
	50°	135	134	134	133	134	134	136	140	141	139	136.4
	55°	151	152	152	152	150	154	152	151	151	154	151.9
	60°	170	165	167	167	167	165	167	165	168	167	166.5
備註：												

受力臂改變與球彈升高度的關係

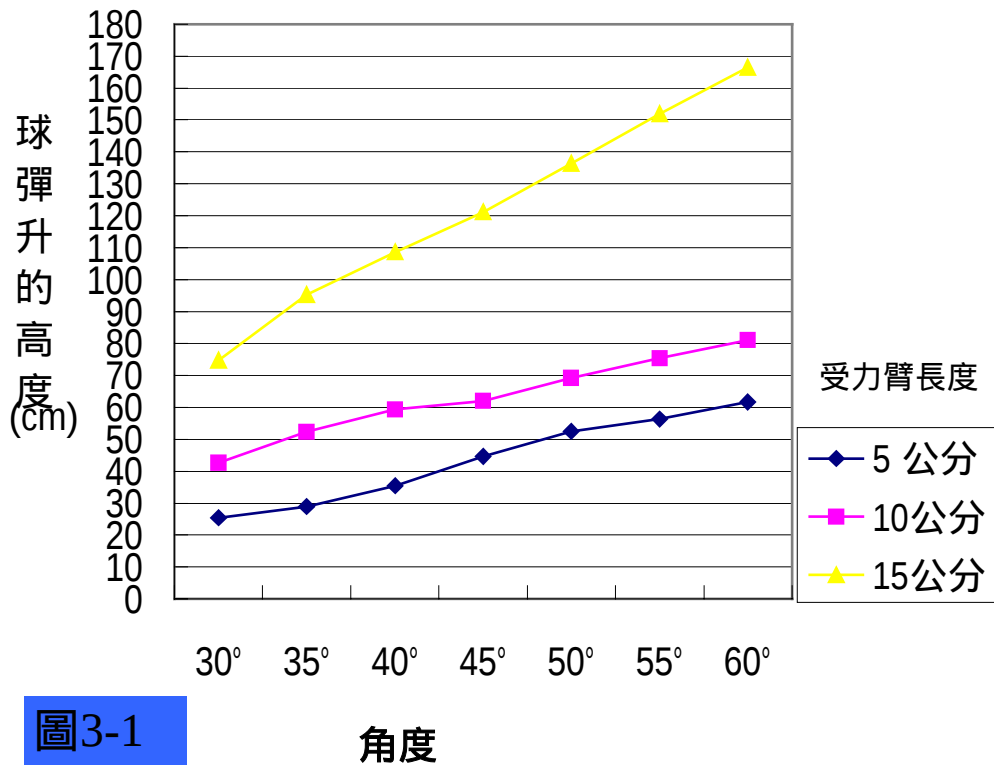


圖3-1

3. 發現與討論：

- (1)球越靠近支點即受力臂愈短，球彈升的高度愈低。
- (2)角度越大，球彈升的高度愈高。
- (3)受力臂長度在 5 公分時，球彈升的高度太低（高度都低於 80 公分），不容易觀察。

4. 結論：受力臂改變會影響球彈升的高度，受力臂愈短球彈升的平均高度愈低。受力臂愈長球彈升的高度愈高。



【照片 3-1-1】更換受力臂實驗器材



【照片 3-1-2】固定實驗器材



【照片 3-1-3】固定實驗器材在地板上



【照片 3-1-4】放球



【照片 3-1-5】端坐在地上，平視球彈升高度



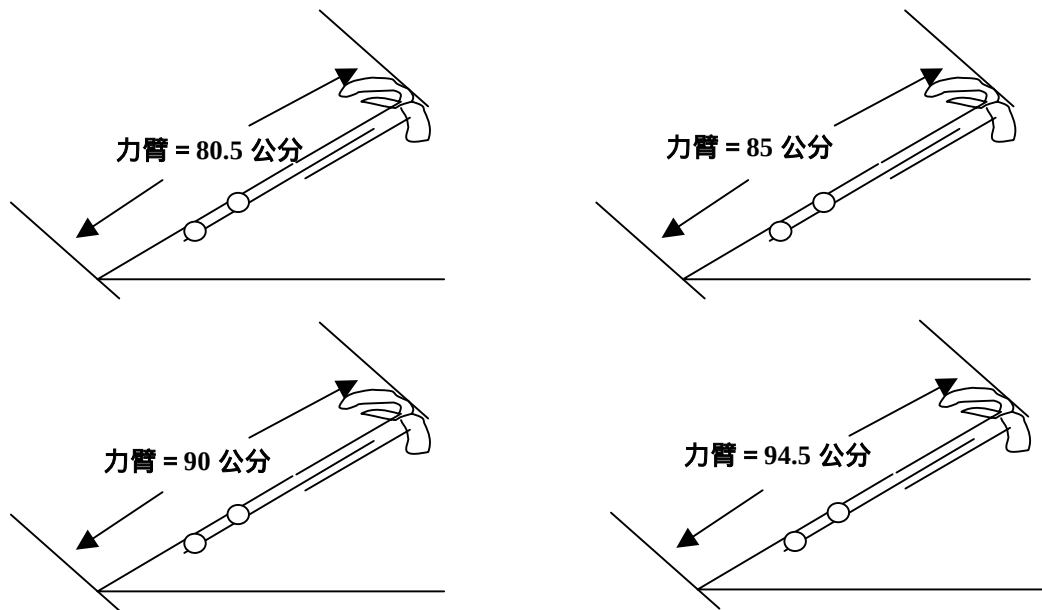
【照片 3-1-6】球彈升出去。

(二)實驗 3-2：力臂改變與球彈升高度的關係

原設計為 80、85、90、95 公分，製作完成後，經實際測量為 80.5、85、90、94.5 公分。

總長 = 30，支點（中間），受力臂（ $r_1 = 15$ ），施力臂（ $r_2 = 15$ ）不變；

力臂長度改變：力臂 = 80.5 公分、力臂 = 85 公分、力臂 = 90 公分、力臂 = 94.5 公分。



1.實驗材料：球 5 號網球 1 個、實驗器材一組、自製圖尺一張、布尺一條、角度尺一個，螺絲起子一把。

2.實驗步驟：

- (1)將力臂的長度在 80.5 公分處鎖緊，角度板放好，球放在離支點 15 公分的地方。
- (2)把力臂拉到 30° 位置，把手放開。
- (3)看球彈升的高度，記錄在附表 3-2 中，重覆做 10 次。
- (4)將角度改成 $35^\circ \sim 60^\circ$ ，每隔 5° ，重覆步驟(2)~(4)。
- (5)將力臂長改成 85、90、94.5 公分，重覆步驟(2)~(5)。
- (6)將平均值畫成折線圖，看力臂改變後的趨勢【圖 3-2】。

附表 3-2：力臂改變與球彈升高度的關係

單位：公分

力臂	次數 角度 高度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
80.5 公分	30°	82	79	82	81	80	77	82	81	81	81	80.6
	35°	102	102	104	103	103	104	102	102	103	102	102.7
	40°	118	114	115	115	117	118	118	117	118	118	116.8
	45°	133	131	129	134	133	135	136	132	131	134	132.8
	50°	141	142	142	143	144	143	142	141	142	146	142.6
	55°	153	152	147	148	153	153	150	154	147	150	150.7
	60°	163	157	162	163	163	160	161	161	163	162	161.5
85 公分	30°	87	85	86	84	87	84	87	86	84	86	85.6
	35°	105	107	111	110	106	108	111	111	110	110	107.9
	40°	123	123	124	124	124	123	125	123	124	123	123.6
	45°	143	145	144	146	146	145	144	143	144	142	144.2
	50°	157	158	155	150	154	152	153	155	153	154	154.1
	55°	165	161	165	164	163	164	165	162	165	164	163.8
	60°	172	170	172	170	175	177	175	173	177	175	173.6
90 公分	30°	91	91	86	89	86	87	86	91	90	89	88.6
	35°	114	110	111	111	112	113	112	111	112	112	111.8
	40°	127	129	131	131	132	133	136	135	130	130	131.4
	45°	143	142	145	145	145	147	146	144	145	145	144.7
	50°	155	158	160	162	160	162	157	157	162	165	159.8
	55°	172	172	171	172	168	170	170	172	172	172	171.1
	60°	177	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180
94.5 公分	30°	96	102	101	101	102	102	97	99	96	97	99.3
	35°	119	118	117	115	114	116	120	115	116	120	117.0
	40°	138	134	137	138	139	135	137	134	136	138	139.9
	45°	145	146	147	145	145	145	147	147	146	150	146.3
	50°	162	162	162	160	165	165	162	162	162	163	162.2
	55°	170	172	172	172	175	175	175	175	172	172	173.0
	60°	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180
備註：												

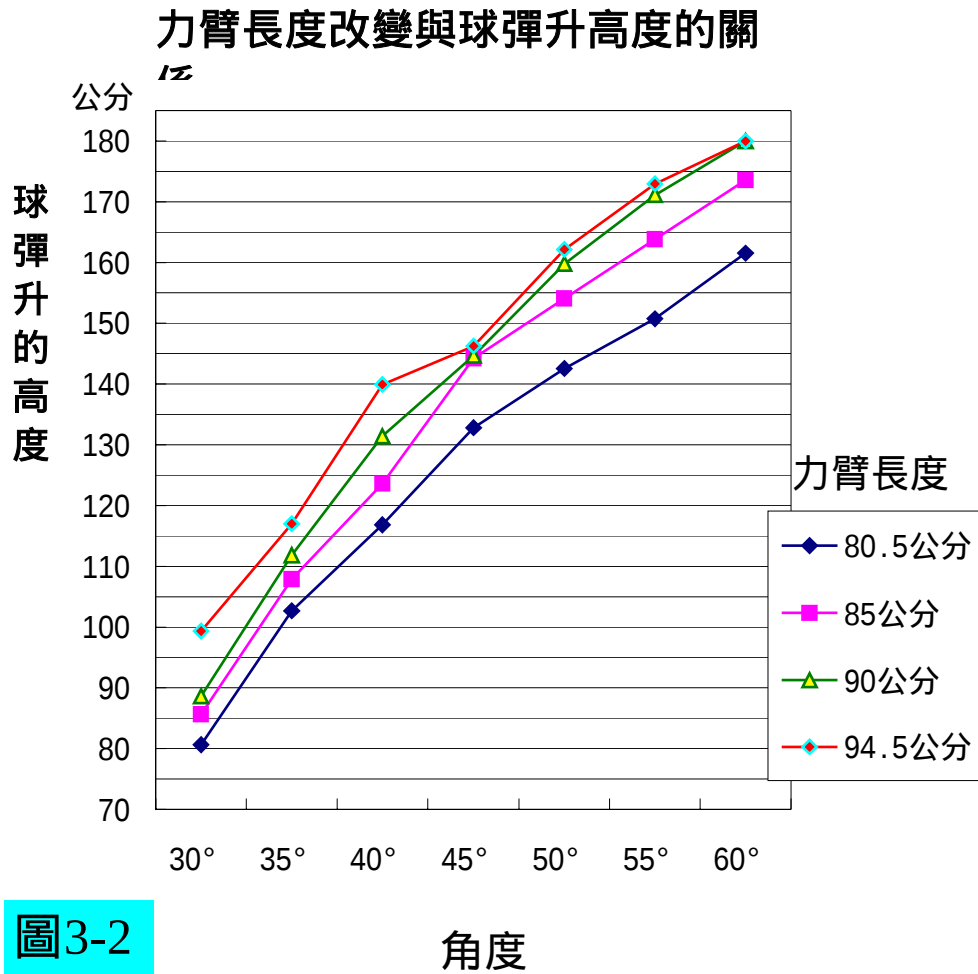


圖3-2

角度

3 發現與討論：

- (1) 角度愈大，球彈升的高度愈高。
- (2) 力臂長度加長，球彈升的高度會增加，但很緩慢【圖 3-2】。
- (3) 力臂長度在 80.5、85 公分時，形狀類似，且角度愈大開口愈大。
- (4) 力臂長度在 80.5、94.5 公分時，角度 30、60 差約 20 公分。

4. 結論：力臂長度改變，會影響球彈升的高度，但很緩慢。



【照片 3-2-1】力臂實驗器材



【照片 3-2-2】調整力臂長度

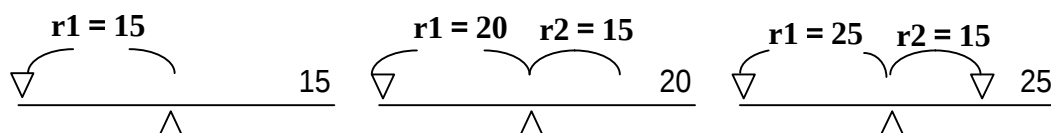
(三)實驗 3-3: 施力臂改變與球彈升高度的關係

三組實驗器材的規格：

A 組（總長 = 30 公分、受力臂 = 15 公分、施力臂 = 15 公分）

B 組（總長 = 40 公分、受力臂 = 15 公分、施力臂 = 20 公分）

C 組（總長 = 50 公分、受力臂 = 15 公分、施力臂 = 25 公分）



製作完成後，實際測量的施力臂長度：A 組為 13.5 公分，B 組為 13.5 公分，C 組為 13.5 公分。

1.實驗材料：5 號網球 1 個、實驗器材一組、自製圖尺一張、布尺、角度尺一個。

2.實驗步驟：

(1)將 A 組實驗器材架好。

(2)把角度板放好，球放在離支點 15 公分的地方(由球盤的中心點到支點間的長度)。

(3)把繩子拉到 30° 位置，把手放開，看槌子打在木板的位置，自打的位置之中心點量到支點的距離，為施力臂的長度，記錄於附表 3-3 中。

(4)看球彈升的高度，記錄在附表 3-3 中，重覆 10 次。

(5)重覆步驟 (3)~(4)，將角度改成 35° ~ 60° ，每隔 5° 做 10 次。

(6)將 B、C 兩組器材，重覆步驟(3)~(5)。

(7)算出平均數，畫折線圖看施力臂改變與球彈升高度的關係【圖 3-3】。

附表 3-3：施力臂改變與球彈升高度的關係

單位：公分

施力臂	次數 角度 高度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
13.5 公分	30°	82	79	82	81	80	77	82	81	81	81	80.6
	35°	102	102	104	103	103	104	102	102	103	102	102.7
	40°	118	114	115	115	117	118	118	117	118	118	116.8
	45°	133	131	129	134	133	135	136	132	131	134	132.8
	50°	141	142	142	143	144	143	142	141	142	146	142.6
	55°	153	152	147	148	153	153	150	154	147	150	150.7
	60°	163	157	162	163	163	160	161	161	163	162	161.5
18 公分	30°	54	54	52	54	53	56	54	52	53	55	53.7
	35°	64	65	66	66	65	65	68	68	68	66	66.3
	40°	75	72	77	77	77	78	79	79	78	76	76.8
	45°	82	84	84	85	83	86	86	85	85	84	84.4
	50°	94	96	96	95	95	96	96	96	96	95	95.5
	55°	100	99	101	100	99	100	101	100	102	99	100.1
	60°	110	108	109	110	110	111	107	107	107	110	108.9
23 公分	30°	48	46	46	47	46	48	47	48	46	47	46.9
	35°	57	59	58	57	55	57	58	56	57	57	57.1
	40°	65	66	68	67	66	67	64	63	61	62	64.9
	45°	73	73	73	72	72	71	71	70	71	72	71.8
	50°	81	81	83	82	82	81	81	80	81	81	81.3
	55°	88	87	87	83	84	85	83	82	84	84	84.7
	60°	91	89	90	88	89	92	88	90	90	90	89.7
備註：實驗器材架在磨石子地上。												

施力臂改變與球彈升高度的關係

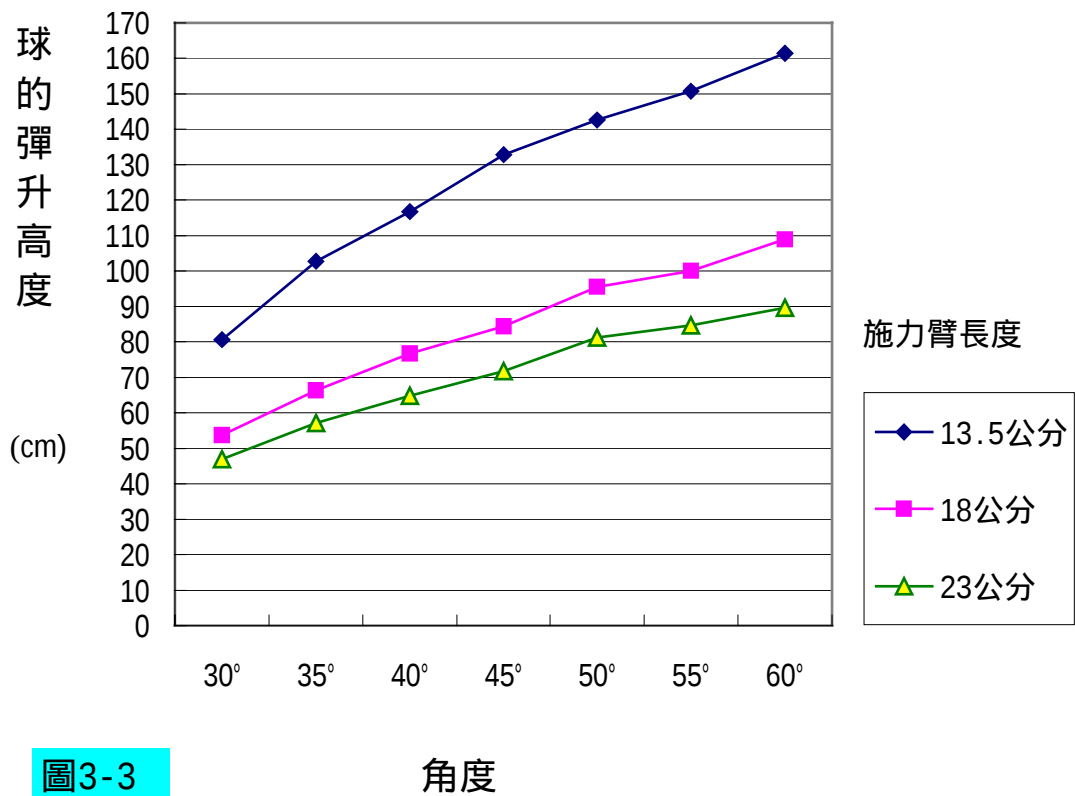


圖3-3

角度

3.發現與討論：

- (1)施力臂愈長，球彈的高度愈低。
- (2)角度愈大，球彈的平均高度愈高。
- (3)13.5 公分和 18 公分的折線圖比較接近，但 23 公分的折線圖距離比較遠。

4.結論：施力臂長度改變，會影響球彈升的平均高度；施力臂愈長，球彈的高度愈低。



【照片 3-3-1】更換施力臂實驗器材



【照片 3-3-2】拉起對準角度



【照片 3-3-3】準備測量高度

(四)實驗 3-4：比較在不同材質的地板上，球彈升高度是否有不同？

剛開始每個人帶一組實驗器材回家時，沒有規定在那些地方進行，結果分別在木質空心地板、木質櫟木地板、大理石及地毯上進行實驗，大家把實驗結果帶回學校討論時，發現有一些差異，附錄（二）比較圖表，實驗記錄留在原始筆記本中，所以選一組器材，四人一起，分別到每一個人家裡進行實驗。

1.實驗材料：5 號網球 1 個、實驗器材一組、自製圖尺一張、角度尺一個。

2.實驗步驟：

(1)將實驗器材架在木質地板上，角度自 30° 起到 60° ，每隔 5° 做 10 次，記錄於

附表 3-4，計算平均值。

(2)將實驗器材架在地毯上，角度自 30° 起到 60° ，每隔 5° 做 10 次，記錄於附表

3-4，計算平均值。

(3)將實驗器材架在磨石子地上，角度自 30° 起到 60° ，每隔 5° 做 10 次，記錄於

附表 3-4，計算平均值。

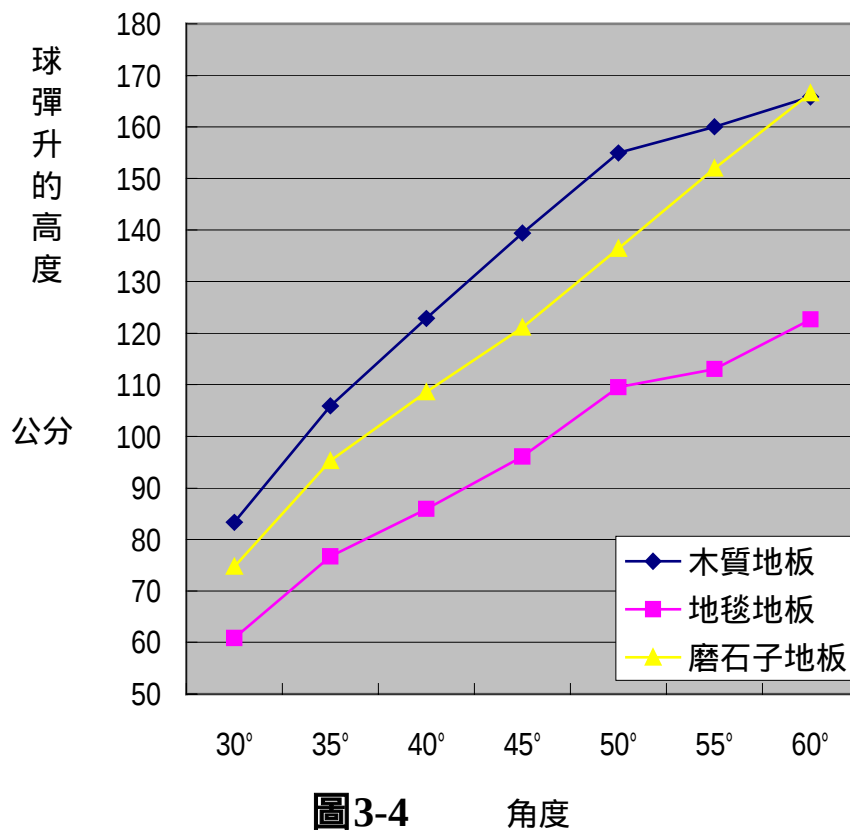
(4)依附表 3-4 畫出折線圖，比較不同材質地板對球彈升的影響【圖 3-4】。

附表 3-4：比較不同材質的地板，球彈升高度的關係

單位：公分

地板材質	次數 高度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
木 質 地 板	30°	83	84	84	83	83	83	83	84	83	83	83.3
	35°	106	105	106	105	107	106	107	106	105	106	105.9
	40°	123	123	124	123	123	122	122	123	123	123	122.9
	45°	140	139	138	139	139	141	138	139	140	141	139.4
	50°	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155
	55°	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
	60°	165	165	168	168	167	165	165	165	165	165	165.8
地 毯	30°	62	62	61	61	59	59	62	61	61	61	60.9
	35°	78	77	77	78	75	77	77	76	76	76	76.7
	40°	87	87	86	85	84	84	86	87	87	86	85.9
	45°	98	95	97	95	95	95	98	96	95	97	96.1
	50°	111	110	108	108	110	111	109	110	109	109	109.5
	55°	113	112	112	113	112	114	112	112	113	117	113.0
	60°	124	125	122	123	124	121	125	122	120	121	122.7
磨 石 子 地	30°	73	73	77	76	76	77	77	79	76	73	74.7
	35°	98	94	98	92	94	96	96	95	97	95	95.2
	40°	109	109	111	104	109	108	110	108	112	109	108.6
	45°	122	124	123	122	120	121	119	118	120	121	121.1
	50°	135	134	134	133	134	134	136	140	141	139	136.4
	55°	151	152	152	152	150	154	152	151	151	154	151.9
	60°	170	165	167	167	167	165	167	165	168	167	166.5
備註：用同一套實驗器材，四人在不同材質地板上做實驗。												

比較在不同材質地板球彈升高度



3.發現與討論:

- (1)實驗器材的底座在角度到 50°時會跳動，跳動在磨石子地會比較明顯，在地毯地板上比較不會跳動。
- (2)球彈升的高度，在木質地板上做實驗彈得最高，磨石子地次之，地毯最低。
- (3)折線圖的形狀很相似，且折線圖彼此間不會互相交叉。

4.結論:在不同材質的地板上做實驗，地板的材質會影響球彈升的高度；木質地板最高，磨石子地次之，地毯最低。



【照片 3-4-1】在地毯上做實驗；確認角度、觀察高度、記錄



【照片 3-4-2】在磨石子地上做實驗；確認角度、觀察高度、記錄

陸、結論

一、制定本實驗的各項標準：

(一)實驗 1-1 角度圖製作得知：在最初實驗時，我們就發現要找到正確的角度很困難，因此我們就著手探討，如何才能製作出一個適用於這個實驗的角度圖，首先我們在紙上模擬、討論再到器材上試用，經過幾次修正討論，最後製作出角度圖 3。

(二)由實驗 1-2 繩子的偏向得知：

- 1.繩子的偏向會影響球彈升的高度，為實驗方便固定，以繩子和底座成平行狀，作為實驗拉繩的方法。
- 2.拉起鏈子時，繩子與底座的角度不同，不會影響球彈升高度。因此繩子在平行線上 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 的範圍內，處於任何角度都可以。

(三)由實驗 1-3 選球得知：

- 1.符合球彈升高度在 80 公分~180 公分之間、有一定製作標準、易於取得，因此選用 5 號網球作為實驗用球。
- 2.在選球的過程中發現，最佳的鏈子固定實驗角度是 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 之間。
- 3.在本實驗中，球彈升的高度和體積有關，體積愈小球彈升的高度愈高；
- 4.在本實驗中，球彈升的高度和重量看不出來有何關係，有的重量比較重的彈升的高度比較低；有的重量比較重的彈升的高度比較高。

(四)由實驗 1-4 選鏈子得知：

1.在同一角度下，**鎚子愈重，球彈升的高度就愈高。**

2.比較之下 **2 號 550 克的鎚子**，在 30° ~ 60° 之間落下使球彈升的高度在 90.6 公分~174.2 公分，較符合我們觀察的高度。

二、由實驗二鎚子拉起的角度與高度之間的關係

(一)由實驗 2-1 得知：鎚子的**角度愈高，球彈升的高度就愈高。**

(二)由實驗 2-2 得知：鎚子的高度增高時，球彈升的高度會增加，在 45 公分高度時角度約在 40° 以內時成一直線。

(三)由實驗 2-3 得知：鎚子的高度和角度的兩條折線圖相近但不相重疊。

三、由實驗二鎚子拉起的角度與高度之間的關係

(一)由實驗 3-1 得知：**在同一角度，受力臂愈長，球彈升的高度愈高。**在同一受力臂長度，角度愈大，球彈升的高度愈高。

(二)由實驗 3-2 得知：力臂長度的改變，球彈升的高度有**緩慢上升的趨勢。**

(三)由實驗 3-3 得知：**在同一角度，施力臂愈長，球彈升的高度愈低。**在同一施力臂長度，角度愈大，球彈升的高度愈高。

(四)由實驗 3-4 得知：用同一套器材，四人一起在不同地板上實驗，球彈升的高度，**在木質地板最高，磨石子地次之，地毯最低。**

四、總結：

(一)在任何一種情形下，角度愈大，球彈升的高度愈高；所以**角度對球彈升的高度影響很大；媽媽的手臂舉得愈高，打下來就愈痛。**

(二)受力臂、力臂、施力臂長度改變，都會影響球彈升的高度；長的竹竿比短的竹竿打得痛。

(三)本實驗意外發現，器材架設的地板材質也會影響球彈升的高度；以木質地板最高，磨石子地次之，地毯最低。

柒、後續發展

我們在課程中，曾以橡皮筋及彈簧拉長的長度，來量物體的重量。也曾見過遊戲場，仿拳擊手打在練習靶上，會出現一個數字。所以前面的實驗，探討物體受力後，透過球的彈升的高度，我們知道角度、力臂、施力點、受力點位置改變，都會影響球彈升的高度。但我們仍想知道「力」可不可經由其他方式直接看力等於多少？我們想了幾個方法：

方法（一）將槌子打在磅秤上，看磅秤的刻度，去對照上述實驗的數據，我們就知道，力的大小。我們先用實驗室的磅秤，在角度 30 時，試做看看取一磅秤，找到操場和走廊，利用兩者間的高低差，剛好可以進行此一實驗【照片 7-1】，將磅秤的蓋子取下，剪下棉花棒頭，一端用細鐵線纏繞，另一端固定在磅秤刻度的中心轉軸上，再將紅墨汁滴在棉花棒上。先試壓看看紅墨汁能不能在面板上留下記錄，我們發現用手慢慢壓時可以留下記錄，但用槌子自 30 公分處落下時，棉花棒會飛出去，紅墨汁也會濺出磅秤，而無法在上面留下紀錄。經我們查閱書籍發現，那是瞬間的離心力很大的關係，我們將繼續嘗試改善如何在瞬間能留下記錄於面板，找尋更多的資料來解決此一問題，繼續努力。

方法（二）在球彈升的球道上，架一銅鑼，使球彈升時撞擊到銅鑼，再用分貝計量聲音的大小。例如：取實驗 3-1(p.42)的數據，受力臂 15 公分、 40° ，平均高度為 108.6 公分，將銅鑼架在 100 公分處，當球彈升時會撞到銅鑼，此時記錄其產生的分貝數，以此類推。

方法（三）從遊戲置物格，想到利用光纖感應器，製做一個 20 公分大小的感應板，將感應板貼到彈升相對高度，可以更正確觀察到彈升高度。



【照片 7-1】準備磅秤紅墨汁棉花棒架實驗



【照片 7-2】觀察磅秤面板是否留下紀錄

捌、參考資料

- 一、國立編譯館，國民小學自然課本第七 冊第 7 單元，正式本初版二刷，中華民國，
國立編譯館，第 92 到 105 頁，89 年 8 月。
- 二、國立編譯館，國民小學自然課本第十一冊第 3 單元，正式本二刷，中華民國，
國立編譯館，第 36 到 53 頁巧妙的用力，年月。
- 三、國立編譯館，國民小學自然課本第六冊第 1 單元，正式本初版三刷，中華民國，
國立編譯館，第 4 到 15 頁怎麼用力，90 年 1 月。
- 四、牛頓出版公司，82 年 2 月 1 日出版，作用力與反作用力、牛頓第二運動定律，
小牛頓兒童科學園地，第 108 期，第 16 到 29 頁。
- 五、牛頓出版公司，82 年 5 月 1 日出版，重力，小牛頓兒童科學園地，第 111 期，
第 68 到 77 頁。
- 六、大衛．麥考利著，新世紀機械大百科，初版一刷，貓頭鷹出版社有限公司出版，
第 22 到 23 頁，83 年 6 月。
- 七、好兄弟編輯委員會，兒童科學金庫，十三版，好兄弟出版社，槓桿第 91 到 95 頁，
83 年 9 月 28 日。
- 八、第一類槓桿

[http : //www.erobot.com.tw/teach online/power/index1.htm](http://www.erobot.com.tw/teach_online/power/index1.htm)。

玖、心得

每一次的感覺都不一樣，充滿有趣又好玩，這次我們從小時後玩具翹翹板玩起，剪刀、指甲刀，這些我們都天天在用，都不知道他們隱含了那麼多的原理，真是太神奇了。

從手臂打人到模擬製作力臂，再用繩子拉起力臂，使外力不要影響，看到用量角器移來移去，動手畫角度圖，將鎚子用繩子綁到木板上，一開始歪歪扭扭的打沒幾下就鬆掉了，直到看到媽媽澆花連接水管和水龍頭的固定器，才解決鎚子固定的問題。剛開始用的翹翹板，板子太薄，打幾次以後就解體了，媽媽帶我們去買材料，順便請問大哥哥製作的方法，先做一個試試看。這些花掉我們 10 多個星期天和寒假假期，這才進入實驗，這段過程讓我知道準備功夫的重要。

在實驗過程中我們有不同的意見，也有爭執吵架，但都在一次又一次探討中，找到共同的方向，默契也變好了。



【照片 11】實驗後一起討論實驗過程記錄

拾、附錄：

原始資料表 1：觀察 16 種球在角度 = 30°時，球彈升的高度 單位：公分

球號名稱	次數 高度	平均										平均
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	棒球	64	62	65	68	68	64	65	63	67	67	65.3
2	大彈珠 (1)	69	69	73	68	70	68	67	69	70	71	69.4
3	大彈珠 (2)	71	73	72	72	70	71	73	72	72	70	71.6
4	大皮球	67	72	67	69	71	61	65	65	68	70	71.6
5	網球	91	90	90	91	91	90	90	91	91	91	90.6
6	高爾夫球	87	88	88	90	86	88	87	90	86	87	87.7
7	滑鼠球	102	98	104	102	103	101	101	98	104	103	101.6
8	彈力球(大)	111	111	106	106	106	108	108	110	109	107	108.2
9	彈力球(中)	109	109	113	110	109	108	112	109	111	109	109.9
10	彈力球(小)	124	120	122	123	122	128	124	120	124	122	122.9
11	塑膠球(大)	90	93	92	99	95	87	92	94	94	95	93.1
12	塑膠球(小)	100	103	105	104	106	112	106	107	107	108	105.8
13	乒乓球	110	109	109	113	112	110	108	112	111	112	110.6
14	中彈珠	102	101	102	98	101	102	101	102	98	100	100.7
15	小彈珠	120	119	122	119	120	127	124	124	126	123	122.4
16	小皮球	81	80	82	79	80	81	82	80	83	80	80.8

原始資料表 2：觀察 16 種球在角度 = 40°時，球彈升的高度

單位：cm

球號名稱	次數 高度	平均										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
1	棒球	95	100	102	99	100	93	103	100	104	98	99.4
2	大彈珠 (1)	93	96	97	96	97	93	96	97	97	97	95.9
3	大彈珠 (2)	99	104	101	104	103	104	101	104	103	103	102.6
4	大皮球	96	100	101	93	97	92	97	96	99	99	97.0
5	網球	124	123	124	127	123	124	125	124	125	126	124.5
6	高爾夫球	133	127	129	131	128	135	127	131	141	130	131.2
7	滑鼠球	145	146	144	147	148	144	145	145	147	145	145.6
8	彈力球(大)	148	146	147	145	147	148	147	147	145	147	146.7
9	彈力球(中)	149	149	153	146	154	150	151	151	151	150	150.4
10	彈力球(小)	180	178	175	174	180	178	177	177	176	175	177.0
11	塑膠球(大)	139	138	140	144	142	139	138	144	149	141	141.4
12	塑膠球(小)	153	150	152	151	153	153	153	151	151	152	151.9
13	乒乓球	151	150	151	153	158	153	155	152	153	153	152.9
14	中彈珠	133	136	134	137	135	133	134	136	135	135	134.8
15	小彈珠	182	183	183	182	181	180	181	181	182	184	181.9
16	小皮球	114	115	118	116	117	114	114	116	116	117	115.7

原始資料表 3：觀察 16 種球在角度 = 50°時，球彈升的高度 單位：cm

球號名稱	次數 平均 高度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
1	棒球	109	108	107	110	108	107	108	107	108	107	107.9
2	大彈珠 (1)	117	118	114	117	117	116	115	117	116	117	116.4
3	大彈珠 (2)	117	116	120	121	123	121	120	120	121	121	120.0
4	大皮球	106	106	104	105	105	105	103	106	106	105	105.1
5	網球	142	145	144	142	146	143	144	142	145	145	143.8
6	高爾夫球	153	151	152	151	148	150	150	151	150	151	150.7
7	滑鼠球	167	167	170	165	170	170	173	171	168	168	168.9
8	彈力球(大)	177	177	173	175	175	175	174	174	175	173	174.8
9	彈力球(中)	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180
10	彈力球(小)	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180
11	塑膠球(大)	161	162	162	160	162	160	160	161	161	160	160.9
12	塑膠球(小)	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180
13	乒乓球	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180
14	中彈珠	155	157	156	155	153	155	155	157	154	154	155.1
15	小彈珠	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180
16	小皮球	140	140	139	141	141	141	141	142	138	142	140.5

原始資料表 4：觀察 16 種球在角度 = 60°時，球彈升的高度 單位：cm

球號名稱	次數 平均 高度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
1	棒球	124	124	126	128	128	124	124	125	125	126	125.4
2	大彈珠 (1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3	大彈珠 (2)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	大皮球	140	140	137	144	139	144	140	142	142	140	140.8
5	網球	175	175	172	175	174	175	174	172	175	175	174.2
6	高爾夫球	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180
7	滑鼠球	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180
8	彈力球(大)	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180
9	彈力球(中)	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180
10	彈力球(小)	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180
11	塑膠球(大)	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180
12	塑膠球(小)	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180
13	乒乓球	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180
14	中彈珠	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180
15	小彈珠	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180	> 180
16	小皮球	177	177	175	175	177	177	177	177	177	177	176.6

附錄(二)：

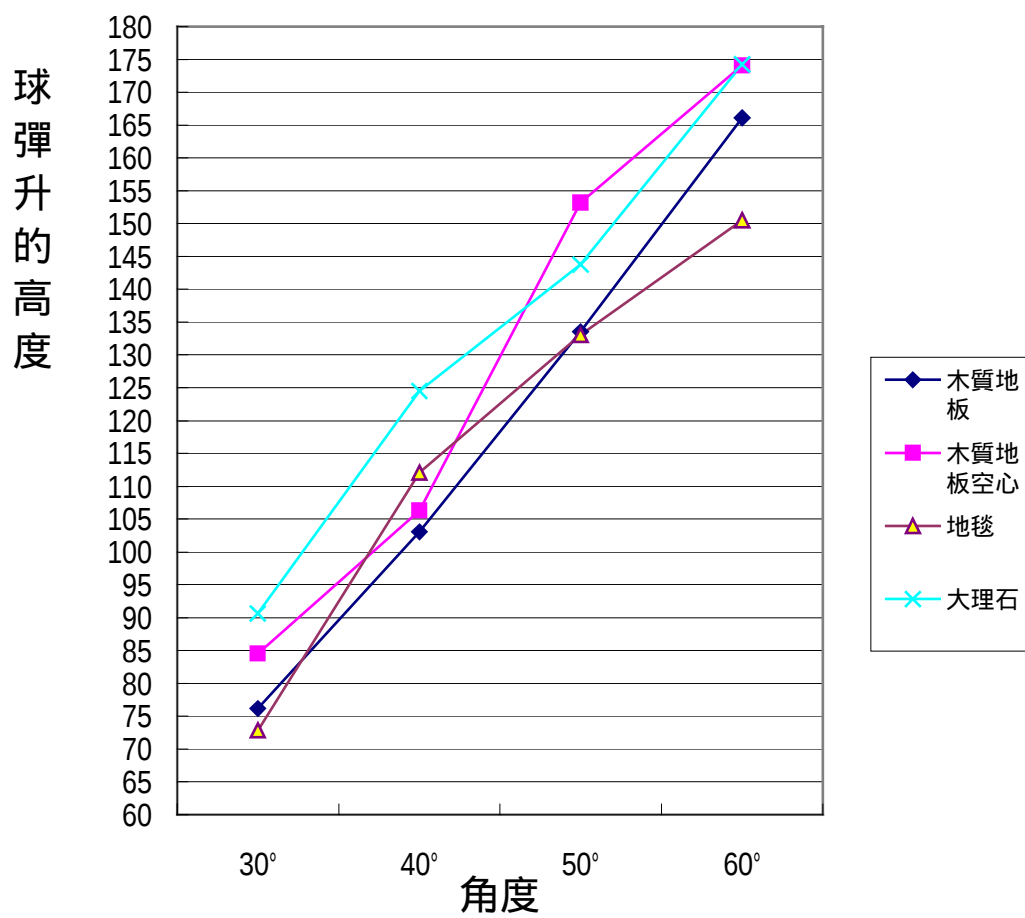
四套器材在四個人的家中各做一個實驗，合併圖表如下：

附表 4：不同材質的地板，球彈升高度的關係

單位：公分

地板材質	次數 角度 高度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
木 質 地 板	30°	79	78	75	76	78	79	76	75	73	73	76.2
	40°	106	101	104	101	102	102	103	102	107	103	103.1
	50°	131	136	135	134	136	132	131	131	133	136	133.5
	60°	166	161	167	168	165	169	167	165	166	167	166.1
木 質 地 板 空 心	30°	84	83	86	86	82	84	84	86	84	86	84.5
	40°	104	105	104	106	106	110	106	108	110	104	106.3
	50°	150	150	152	155	153	152	153	156	155	156	153.2
	60°	171	171	174	173	173	178	171	178	178	174	174.1
地 毯	30°	72	70	70	70	78	77	73	70	78	70	72.8
	40°	109	110	111	114	109	112	114	113	115	114	112.1
	50°	133	131	131	131	131	131	132	136	137	137	133.0
	60°	150	148	150	149	150	151	155	155	149	148	150.5
大 理 石	30°	91	90	90	91	91	90	90	91	91	91	90.6
	40°	124	123	124	127	123	124	125	124	125	126	124.5
	50°	142	145	144	142	146	143	144	142	145	145	143.8
	60°	175	175	172	175	174	175	174	172	175	175	174.2
備註：												

實驗器材放置在不同材質地板的比較



【圖 3-4】