

# 中華民國第 54 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

080814

**撐竿跳高，跳更高！**

學校名稱：臺南市東區東光國民小學

作者：  小六 王崇洧	指導老師：  王雅麗  謝溫仁
-------------------	-----------------------------

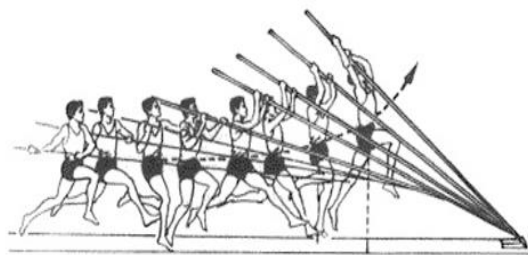
關鍵詞：撐竿跳、跳高、高度

## 摘要

- 一、在奧運中有一種叫撐竿跳的比賽項目，賽中撐竿跳的選手一次跳得比一次高，我發現撐竿跳有些技巧，我想幫助選手跳得更高。
- 二、從觀看撐竿跳的過程中找出模擬撐竿跳的方法，並製作模擬裝置，也提出許多操縱變因，如竿子的長短、粗細、助跑速度……等，我在實驗中的這段時間，瞭解撐竿的歷史，也發現撐竿跳是一種有趣的運動。
- 三、我嘗試設計不同方法後，最後利用斜坡來模擬撐竿跳時的跑道，竿子綁上螺帽代表人在撐竿時所出的力道，撐竿輔助車（三角木塊車）代表人插竿的角度和動作，支架的位置高低代表助跑的速度，進行不同變因的撐竿跳實驗。
- 四、在實驗結束後，我集結所有可以幫助選手跳更高的方法，希望幫助他們撐竿跳高，跳更高。

## 壹、研究動機：

在一次奧運的電視轉播中，老師看到了撐竿跳高的比賽，他看到撐竿跳的選手一次跳得比一次高，得到優異的成績。隔天，老師來到科學中心時，他和我分享他的心得。老師告訴我，撐竿挑的歷史長久，在古希臘時，就有人們用木棍撐過河，到後來不斷改良到今日的撐竿跳高，他的這番話引起我對撐竿跳的好奇心，我心想要如何模擬撐竿跳？因此進行了以下的研究實驗。



- 作品與教材之相關性：自然與生活科技(六下)翰林版第一單元 生活中的力

## 貳、研究目的：

- 一、想從撐竿跳的影片中，瞭解撐竿跳的方法。
- 二、從撐竿跳的影片中，找出模擬方法，並製做出可以模擬撐竿跳的裝置。
- 三、從實驗中，找出能使撐竿跳跳更高的方法。
- 四、透過實驗結果，探討怎樣幫助撐竿跳高的選手，撐竿跳高跳更高。



## 參、研究器材：

- 一、實驗材料：木竿、尼龍竿、塑膠空心竿、螺帽、棉線
- 二、實驗器材：跑道、斜坡架、跳高架、檔板、護網、撐竿車、木板、白膠、絕緣膠帶

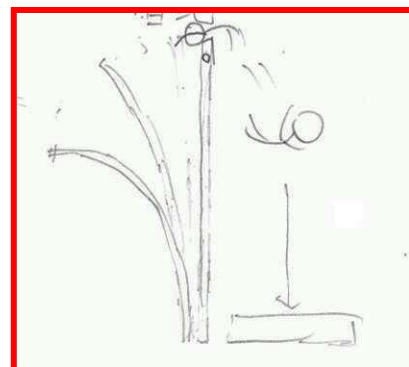
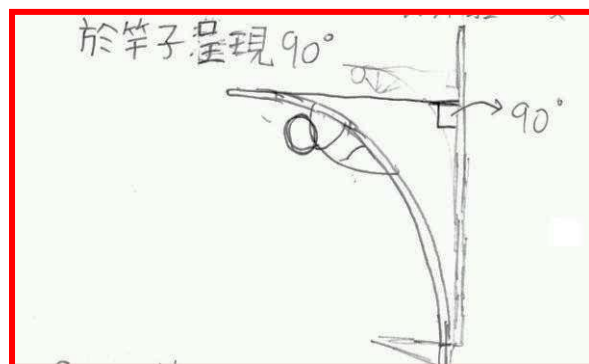
## 肆、研究過程：

### 一、活動一：模擬測試撐竿跳

#### (一) 觀賞：觀賞撐竿跳高影片

##### 1、動作分解：

- (1) 選手在長 40m 的跑道起跑。
- (2) 保持一定速度前進。
- (3) 在離跳高架 1m 的地方有一個錐形深 20cm 的凹槽。
- (4) 將竿子插入凹槽。
- (5) 用力撐起竿子。
- (6) 將身體用力騰起。
- (7) 利用竿子的彈性，讓身體向後於竿子呈現  $90^\circ$ 。
- (8) 利用竿子的彈性，來過跳高架。
- (9) 到底時右手放開，越過架子以背著地。



(二) 如何模擬撐竿跳

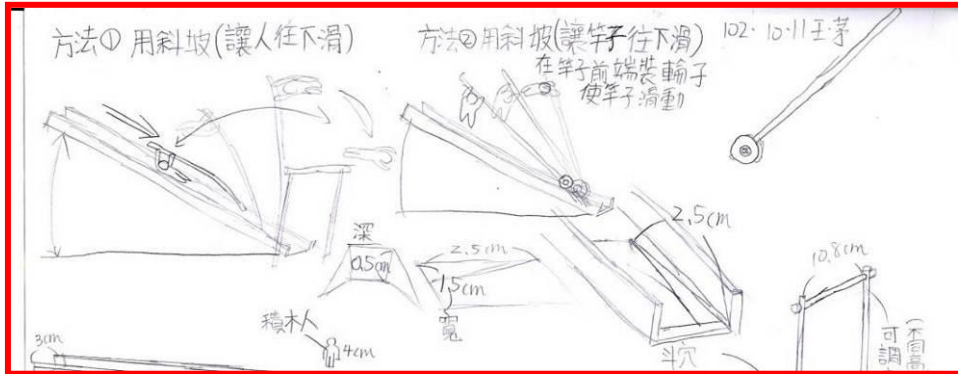
1、目的：想知道要用什麼方法來模擬撐竿跳。

2、設計實驗器材：

(1) 跑道設計試驗：斜板

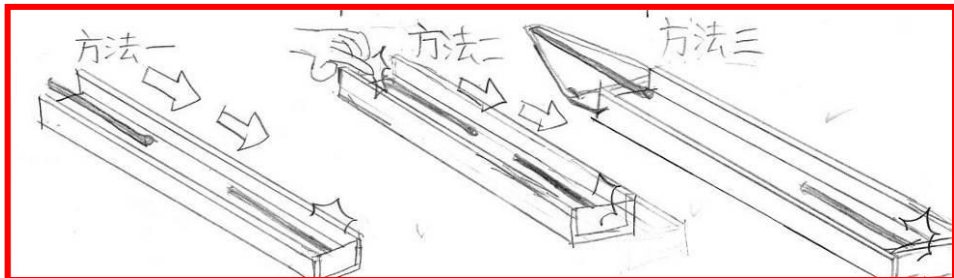
A. 材料：木棍、斜板、檔板

B. 裝置：(圖片 1)



C. 方法：

- (A) 將檔板固定。
- (B) 先將斜坡擺置約  $45^\circ$  的斜角。
- (C) 將木棍放在頂端並往下滑。
  - a. 讓竿子自然滑下。
  - b. 用手把竿子推下去。
  - c. 用橡皮筋當弓把竿子射去下
- (D) 觀察並記錄結果。(圖片 2)



D. 結果：

自然下滑	手推	橡皮筋彈下
失敗	失敗	失敗

E. 討論：

- (A) 我讓竿子自然滑下去，他的力量太小，不足起讓他跳（撐）起來，因此滑下去後就卡在底部。如（圖片 2）。
- (B) 我讓竿子自然下滑的力道不足，所以我換成用手推動，但發現手每次推下去的力道都不同，這會影響控制變因，也會影響結果。
- (C) 改用橡皮筋，當往後拉到固定距離來穩定控制變因，仍然無法讓竿子撐起來。
- (D) 這個實驗有一個很大的缺點，我用手來推竿，但每一次的力道都不一樣，

這會影響控制變因。

- (E) 用手推動竿子會影響實驗的結果包括：每一次的「速度」都不同、每一次的「推力」不同、每一次的「角度」不同、「左右力道不平衡」、放手的位置不同等。
- (F) 其次是使用 20cm 的跑道來做實驗，比例可能不符合正常撐竿跳的助跑距離比例，所以助跑距離必須從實驗中得到最佳距離。

### 3、動力設計試驗：

#### (1) 三角木塊

- A. 材料：三角木塊、木棍、斜板、檔板、第一代撐竿車
- B. 目的：想利用三角木塊支撐竿子，以協助推竿穩定竿子撐起的力道。
- C. 裝置：



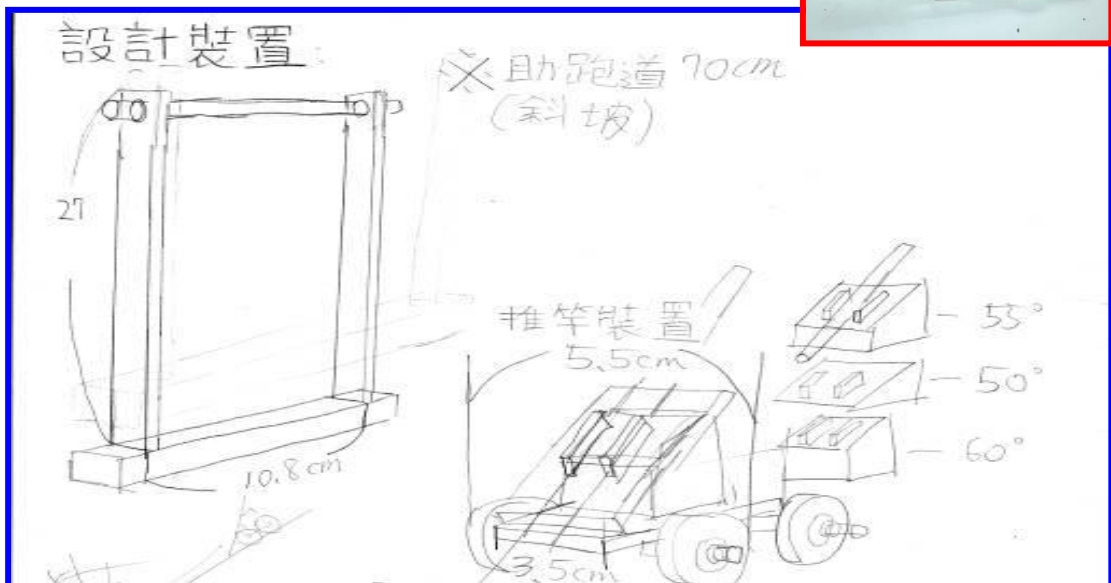
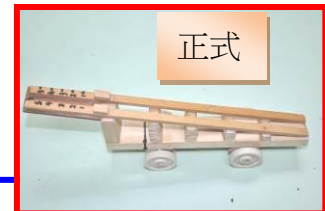
D. 結果：當我把三角木塊往下推時，會有點卡卡的，不是很順暢，無法一次滑到底，導致實驗失敗。





#### E. 討論：

- (A) 我發現只用三角木塊往下滑會因底面粗粗的關係，而無法順利的往下滑，所以需要裝上順利下滑的物品。
- (B) 我想利用可以幫助下滑的物品：滾輪來協助。

#### (2) 三角木塊車（撐竿輔助車）

- A. 材料：、斜板、檔板、螺帽、尺。
- B. 裝置：



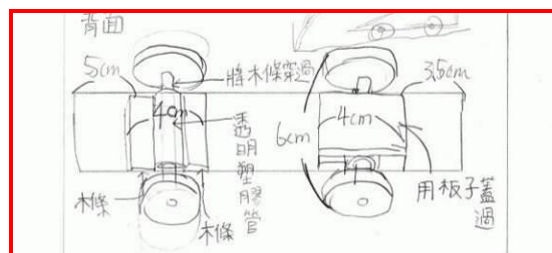
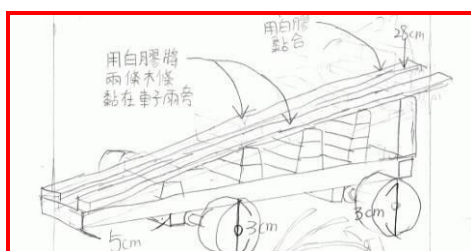
			
第一代	第一代	第二代	第三代
輪子不穩。 下滑時震動太大。 螺帽沒地方放。		竿子容易下滑。 螺帽易鉤住後方木頭	角度太小

C. 結果：

實驗	桿子長度	螺帽彈起高度	結果	發現
第一次	30cm	34.5cm	成功	在撐竿時桿子瞬間就撐起來，有一點慢慢的；但桿子撐起來後螺帽就很快越過去，就像真實的撐竿跳一樣。竿子先落地，螺帽後落地。
第二次	30cm	36.8cm	成功	螺帽往上飛越竿子，螺帽飛得特別高，螺帽先落地，竿子後落地。
第三次	30cm	33.0cm	成功	竿子慢慢撐起，再快速越過，螺帽和竿子幾乎同時落地。
第四次	30cm	30.0cm	成功	竿子飛起與螺帽幾乎同時落地。
第五次	30cm	30.1cm	成功	竿子成功撐起，螺帽飛越竿子。
第六次	30cm		失敗	竿子沒有成功撐起來。螺帽先落地。

D. 討論：

- (A) 在六次的試驗中，竿子有五次成功撐起來。第六次失敗了，只因為竿子稍微往下滑出車外，導致竿子撐起來也往左斜。
- (B) 這一次實驗的結果不一致，可能是每次下滑的速度不同，或是擺放時有些誤差；也有可能是撞下去的力道不同。
- (C) 我發現竿子撞到檔板時，有時會卡住而影響撐竿的成敗。
- (D) 木塊車的輪子有些不穩定和不靈活，所以我決定將三角木塊車（撐竿輔助車）的輪子改為較靈活的塑膠輪。
- (E) 用目測，不精準。



- (3) 撐竿的道具（竿子與人）：以棉線綁上螺帽，固定在小木條上。



(4) 支架的設計 ( 支架、斜板跑道、檔板 )

- 我撐竿跳高的實驗，需要調整斜坡角度，於是我設計、製作三個支架，讓跑道的放置更方便、穩固。

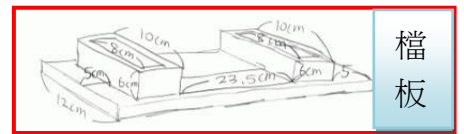
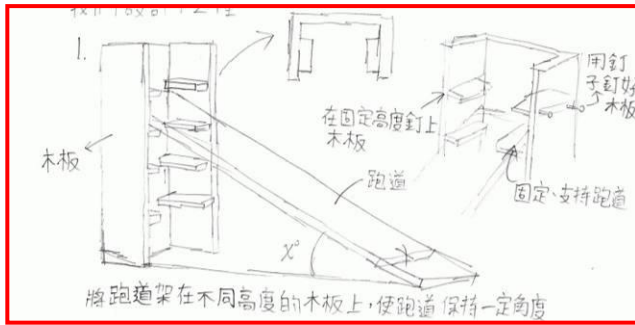
A. 目的：固定斜板，改變斜板放置的角度。

B. 材料：木板、木條

C. 製作：( 鋸木板、鑽孔等危險的地方請老師協助 )

D. 測試支架 1：

(A) 設計圖：

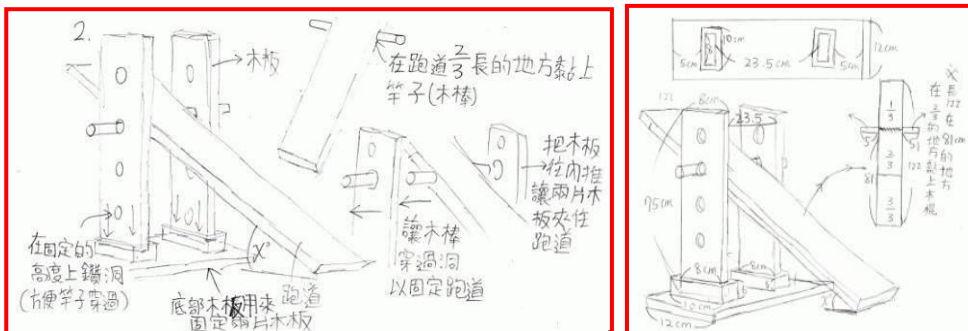


檔板

(B) 特點：在兩片木板的固定高度上釘上木條，讓長條的木板可以架在木條上當做跑道，木條放置的高度不同，跑道的斜度也會不同。

E. 測試支架 2：

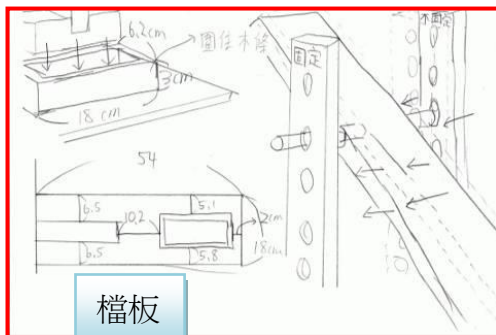
(A) 設計圖：



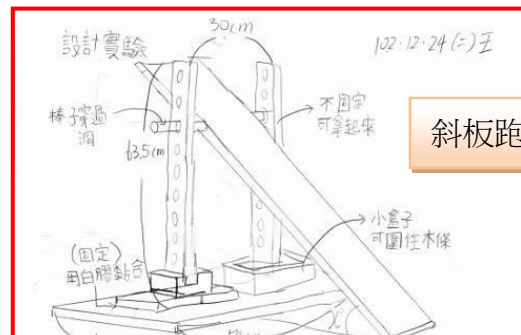
(B) 特點：可以在每個固定高度的洞洞穿過圓木棒，讓木板可以架在不同高度的圓木棒上當做跑道上，使跑道可以保持一定角度。

F. 測試支架 3：

(A) 設計圖：



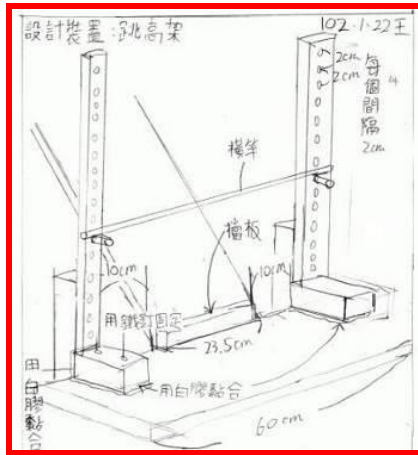
檔板



斜板跑道

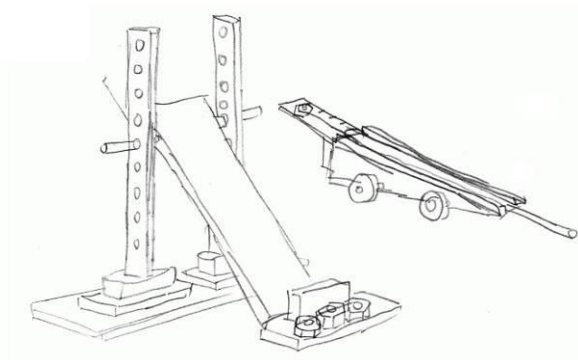
(B) 特點：在木板的一端加釘底板，可以扣住木板跑道，使支架更加穩固。

(5) 過竿的支架



(三) 模擬測試撐竿跳

- 1、目的：測試自製設計模擬的撐竿跳實驗架的效果
- 2、材料：檔板、螺帽、斜板、竿子、撐竿車
- 3、裝置：



4、方法：

- (1) 將斜板放置支架上。
- (2) 將檔板固定。
- (3) 把竿子放在撐竿車上。
- (4) 將撐竿車放在跑道頂端。
- (5) 放開撐竿車，使其往下滑。
- (6) 觀察並記錄結果。

5、實驗

- (1) 斜板放置在支架的位置不同（第一格架到第九格）
- (2) 螺帽拉到撐竿車的位置不同（螺帽後拉的距離：1、2、3、4cm）
- (3) 木竿放置在撐竿車的位置不同（竿子在車子的位置0、1、2、3、4、5cm）



6、結果：

(1) 結果 1：斜板放置的高度 ○：表示跳過架上橫竿子，x：表示失敗

高度 \ 次數	1	2	3	4	5
第一格	x	x	x	x	x
第二格	x	x	x	x	x
第三格	x	x	x	○	x
第四格	○	○	○	○	○
第五格	○	○	○	○	○
第六格	○	○	○	○	○
第七格	○	○	○	○	○
第八格	○	○	○	○	○
第九格	○	○	○	○	○

(2) 結果 2：螺帽後拉的距離 ○：表示跳過架上橫竿子，x：表示失敗

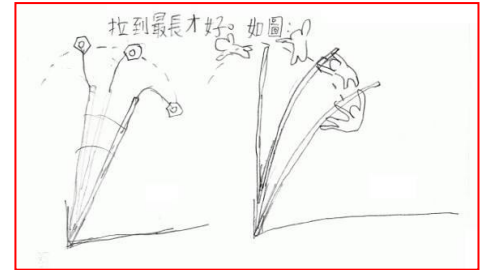
架子高度 \ 螺帽後拉的距離	次數	1	2	3	4	5
第五格	0cm	○	○	○	○	○
	1cm	○	○	○	○	x
	2cm	○	○	○	○	○
	3cm	○	○	○	○	○
	4cm	○	○	○	x	○
第四格	0cm	x	x	○	○	○
	1cm	x	x	x	x	x
	2cm	x	x	x	x	x
	3cm	x	○	x	x	x
	4cm	x	x	x	x	x

(3) 結果 3：木竿放置在撐竿車的位置不同 ○：表示跳過架上橫竿，x：表示失敗

木條的位置 \ 實作次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0cm	○	○	○	○	○	○	○	x	○
1cm	○	○	○	x	○	○	○	x	○
2cm	○	○	x	○	○	○	○	○	x
3cm	x	x	○	○	○	x	x	x	x
4cm	○	○	○	○	x	○	○	x	x
5cm	x	x	x	x	x	x	x	○	○

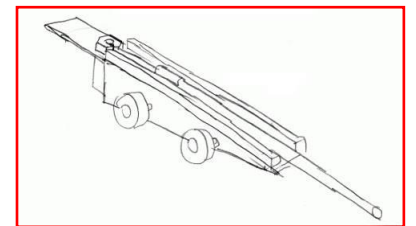
## 7、發現：

- (1) 當斜板放置在㊶~㊸格時，斜板角度太小，竿子不會越過檔板；超過第四格就會越過檔板。
- (2) 螺帽的位置在 0cm 時，螺帽不會甩起來，會和竿子平行飛出。
- (3) 螺帽拉到 4cm 的實驗時，比較能達到模擬撐竿跳的效果，因為螺帽會從橫竿子上方甩過，就如同真的人撐竿要過竿時的樣子，是拋物線的路徑。
- (4) 在實驗中我發現當木竿放置在撐竿車越後面的位置時就越容易失敗；而且發現螺帽會卡在車子兩側的木條中間，再拉直綁螺帽的線，使竿子垂到最下面。



### (四) 討論：

- 1、從模擬測試實驗中，我發現斜板放置在第五格的位置，竿子比較容易成功跳過，因此可以作為以後實驗中的基準。
- 2、在進行螺帽放置位置時，當螺帽拉直的時候效果最好，也能夠呈現拋物線甩出去；所以未來正式實驗能要將螺帽連接線拉直來進行實驗。
- 3、從測試實驗三中，我發現當竿子如果往後拉太多時，就會撐不起來，而且竿子底部離地面越近越好，所以我認為以後實驗時，竿子不要後拉，實驗結果會比較穩定。
- 4、在進行測試實驗時，我同時發現竿子被螺帽拉動甩出去時，如果力道太大或不注意時或有同學經過，可能會甩到人，因此安全措施是我要改善的地方。
- 5、我也從測試的結果中發現有一種撐竿的方法效果很好，就是將螺帽平放在車子兩側的木條中間，再拉直綁螺帽的線，使竿子垂到最下面。(如圖)
- 6、從測試中，我以螺帽過橫竿子代表成功；如果螺帽把橫竿子撞下來表示失敗；如果螺帽從橫竿子下方通過，也表示失敗。

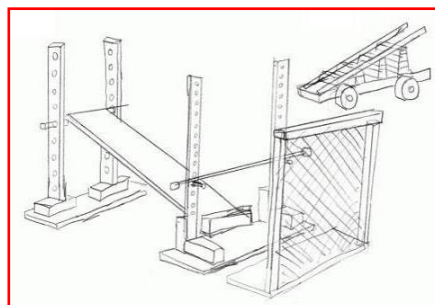


### (五) 設計裝置防護網：

為了預防在撐竿的過程中，竿子容易隨著螺帽甩出去而打傷附近的同學，因此我決定設計一個防護網，放在實驗架的前方，防止竿子飛出去打到人，希望能大大提高安全性。



- 1、目的：加強撐竿跳高實驗時的安全性，避免竿子飛出去傷到人。
- 2、材料：木條、網子、鐵釘、木板
- 3、設計與製作：



## 二、活動二：哪些變因會影響模擬的撐竿跳高

### (一) 實驗一：竿子的長度不同會不會影響撐竿跳高。

- 1、目的：想瞭解不同長短的竿子會不會影響撐竿跳高。
- 2、材料：不同長短的透明塑膠竿（30cm、29cm、28cm、27cm、26cm、25cm），檔板、斜坡、螺帽、撐竿車、跳高架、防護架
- 3、裝置：



#### 4、變因方面：

- (1) 操縱變因：竿子的長度（30cm、29cm、28cm、27cm、26cm、25cm）
- (2) 控制變因：
  - A. 竿子上一端棉線的長度（5cm）相同
  - B. 螺帽的重量（5.5g）相同
  - C. 棉線綁住螺帽的地方相同
  - D. 斜坡角度相同
  - E. 下滑速度相同
  - F. 跑道長度相同
  - G. 竿子材質相同
  - H. 竿子的粗細相同
  - I. 竿子起跳的距離相同
- (3) 應變變因：螺帽甩起來的高度

#### 5、方法：

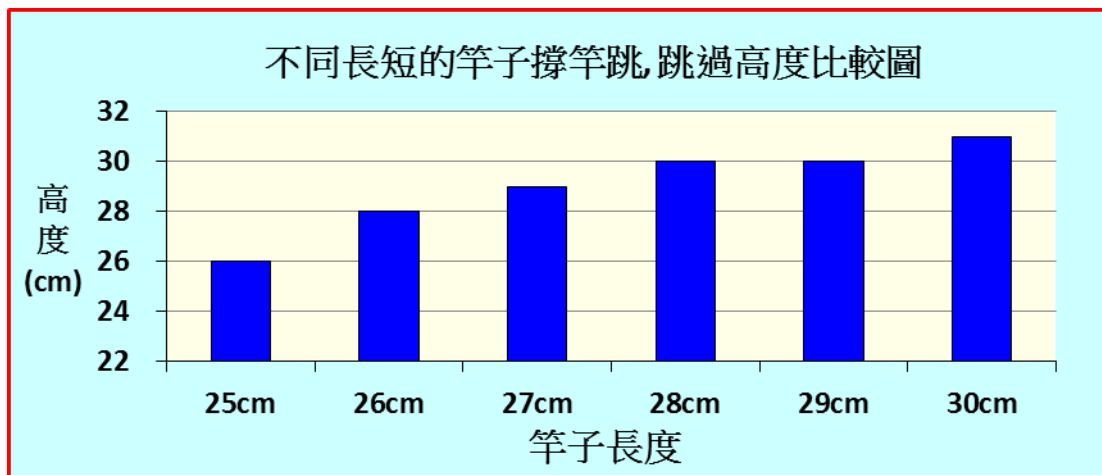
- (1) 將跑道調到第五格。
- (2) 把檔板固定。
- (3) 將不同長短的竿子按長度分別放在車上，依序進行實驗。
- (4) 將撐竿車放在跑道頂端。
- (5) 放開車子，使其下滑。
- (6) 將跳高架橫竿子的高度從高度 23cm 起跳，每次向上調高 1cm，直到竿子上的螺帽五次都無法越過為止。

#### 6、結果：

○：竿子可以用過橫竿

高度 竿子長度	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
25cm	○	○	○	○						
26cm	○	○	○	○	○	○				
27cm	○	○	○	○	○	○	○			
28cm	○	○	○	○	○	○	○	○		
29cm	○	○	○	○	○	○	○	○		
30cm	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

## 7、比較：



## 8、發現：

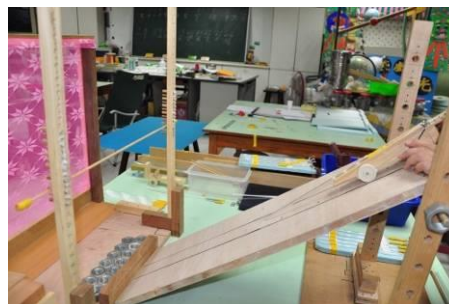
- (1) 我發現竿子長度越長，螺帽跳過的高度就越高，長度越短，跳過去的高度就越低。
- (2) 我發現竿子的螺帽跳過去的高度，大部分是竿子的長度再加 1~2cm。
- (3) 這次實驗中，完全沒有用到最高的現象（竿子的長度加上繩子的長度 5cm）。
- (4) 有幾次實驗中，我發現跳的高度比竿子的長度低。

## 9、討論：

- (1) 這次實驗中，綁住螺帽的棉線沒有完全甩起來的跡象，我認為可能是螺帽太重了，是較輕的透明塑膠管子無法把螺帽甩起來。
- (2) 這次實驗中，會出現竿子稍往右偏的誤差，我認為可能是螺帽太重，導致竿子無法順利撐起產生的誤差。
- (3) 從實驗的結果，我認為以後實驗不要用太短的竿子，如：25、26、27cm 的竿子，用長竿如：28、29、30cm 竿子比較穩定。

(二) 實驗二：竿子粗細不同會不會影響撐竿跳高。

- 1、目的：想瞭解不同粗細的竿子會不會影響撐竿跳高。
- 2、材料：不同粗細的竿子（直徑 6mm、5mm、4mm），檔板、斜坡、螺帽、撐竿車、跳高架、防護架
- 3、裝置：



4、變因方面：

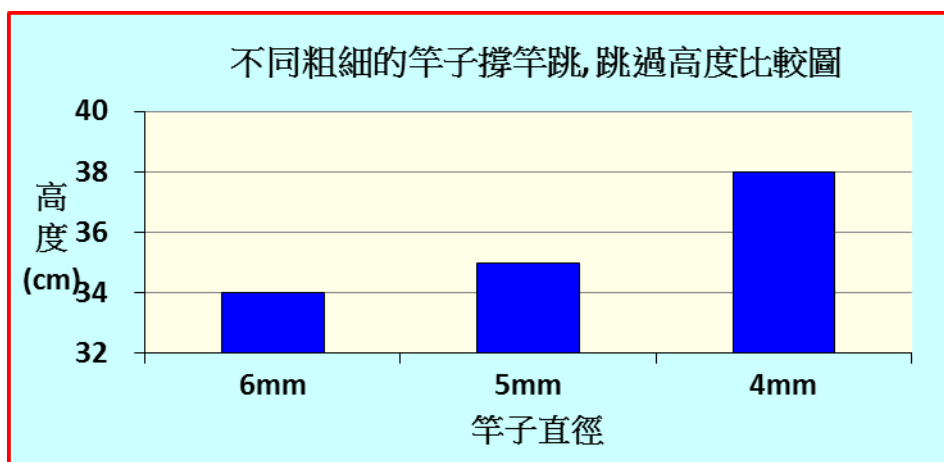
- (1) 操縱變因：竿子的直徑不同（直徑 6mm、5mm、4mm）
- (2) 控制變因：參考實驗一
- (3) 應變變因：螺帽甩起來的高度

5、方法：同實驗一

6、結果：

高度 竿子 的直徑	30cm	31cm	32cm	33cm	34cm	35cm	36cm	37cm	38cm	39cm	40cm
6mm	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△
5mm	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△
4mm	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△

7、比較：



8、發現：

- (1) 我發現越粗的竿子螺帽跳得低；如直徑 6、5mm 的竿子；而細的竿子跳得高，如：4mm 的竿子。
- (2) 6mm 粗的竿子會出現車子偏左或偏右的現象，而且次數很多。
- (3) 直徑 4mm 的竿子螺帽連接的棉線幾乎每次都能完全拉直的現象，而且螺帽越過橫竿時呈現拋物線的樣子。
- (4) 直徑 5mm 和 6mm 的竿子沒有完全拉直的現象。

9、討論：

- (1) 我認為直徑 4mm 的尼龍竿子撐竿跳高的效果最好，再加上搭配 5.5g 的螺帽重量適當，不會造成重心不穩，所以跳更高。
- (2) 在進行實驗時，如果操作時不小心用手去推到了跑道，可能會造成車子偏掉而有一些誤差。
- (3) 粗的竿子可能是彈性不佳因此跳不高，而細竿彈性較好跳得也高，因此以後實驗用細竿，以直徑 4mm 的較為理想。

(三) 實驗三：竿子材質不同會不會影響撐竿跳高。

- 1、目的：想瞭解不同材質的竿子會不會影響撐竿跳高。
- 2、材料：不同材質的竿子（木竿、塑膠空心竿、尼龍竿），檔板、斜坡、螺帽、撐竿車、跳高架、防護架
- 3、裝置：



4、變因方面：

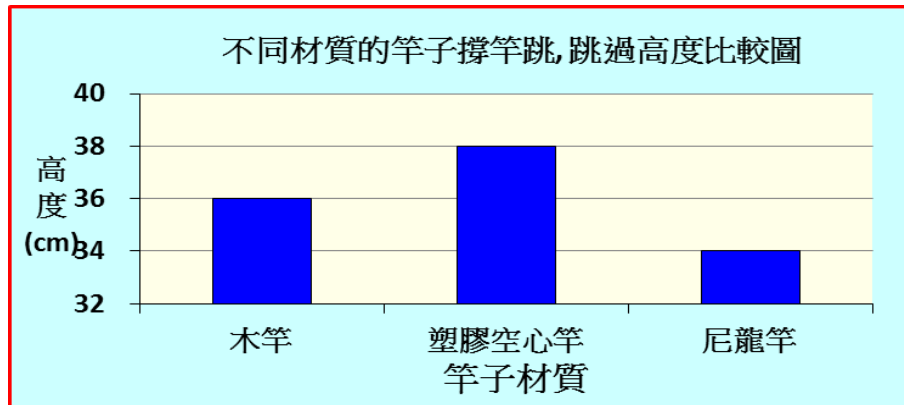
- (1) 操縱變因：竿子的材質不同（木竿、塑膠空心竿、尼龍竿）
- (2) 控制變因：參考實驗一
- (3) 應變變因：螺帽甩起來的高度

5、方法：同實驗一

6、結果：

竿子的材質 \ 高度	30cm	31cm	32cm	33cm	34cm	35cm	36cm	37cm	38cm	39cm
木竿	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△
塑膠空心竿	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△
尼龍竿	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△

## 7、比較：



## 8、發現：

- (1) 我發現塑膠空心竿子上的螺帽跳得最高，尼龍竿跳得最低。
- (2) 塑膠空心竿是在竿子移動到跳高架後才拉直，而不是在跳高架前就飛起來，而且竿子飛得很遠。
- (3) 尼龍竿偏掉的次數最多，木竿幾乎都會向右偏。
- (4) 塑膠空心竿上端的螺帽連接的棉線會有完全拉直的現象，可以拉到竿長再加上棉線長，且呈現拋物線。

## 9、討論：

- (1) 尼龍竿跳得最低，可能是因為他本身太重了，(尼龍竿重量 10.3g、木竿重量 7.1g、塑膠竿 5.4g)，因此要用起螺帽重量 5.5g 是不太容易。
- (2) 木竿和塑膠竿跳得高，可能是可以把螺帽順利用起來，棉線才可能拉出，跳過竿子。

(四) 實驗四：竿子彈性不同會不會影響撐竿跳高。

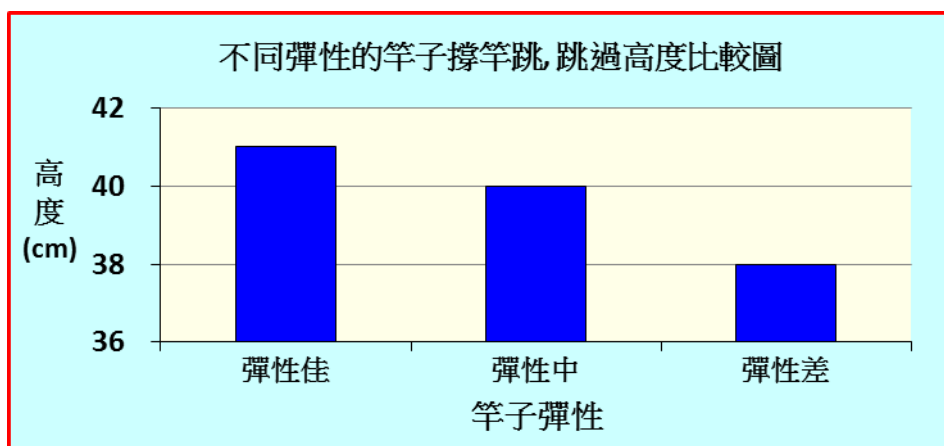
- 1、目的：想瞭解不同彈性的竿子會不會影響撐竿跳高。
- 2、材料：不同彈性的竿子，檔板、斜坡、螺帽、撐竿車、跳高架、防護架
- 3、鑑定彈性不同的竿子方法：
  - (1) 把竿子的一端固定在桌子的邊緣。
  - (2) 在竿子的另一端吊上重物（?g）。
  - (3) 比較竿子下垂的高度。
  - (4) 依照下垂高度分為：彈性佳、彈性中和彈性差三種。
- 4、裝置：



- 5、變因方面：
  - (1) 操縱變因：竿子的彈性不同
  - (2) 控制變因：參考實驗一
  - (3) 應變變因：螺帽甩起來的高度
- 6、方法：同實驗一
- 7、結果：

高度 竿子 的材質	30cm	31cm	32cm	33cm	34cm	35cm	36cm	37cm	38cm	39cm	40cm	41cm	42cm
彈性佳	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
彈性中	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
彈性差	○	○	○	○	○	○	○	○	○				

8、比較：





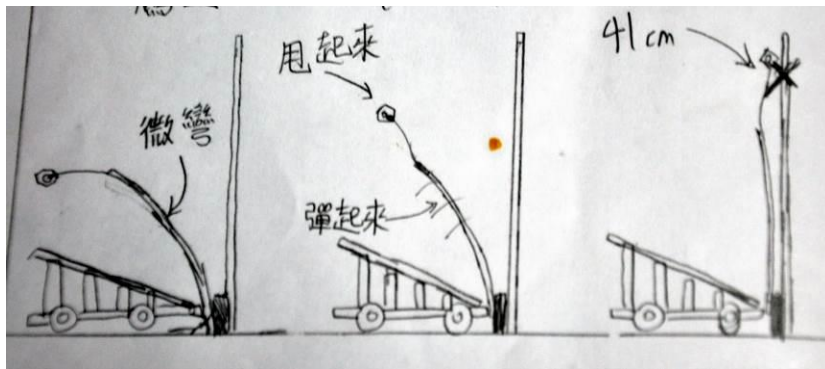
### 9、發現：

- (1) 彈性佳的竿子跳得高，彈性差的竿子跳得比較低。
- (2) 彈性佳的竿子在撐竿時，因為螺帽的重量而稍微往後彎，在螺帽甩出去後，竿子有反彈回來，讓竿子往上騰；但在木竿、塑膠空心竿等竿子撐竿時，就沒有這種現象。
- (3) 彈性差的竿子在實驗時，看不出有竿子微彎後反彈的現象。

### 10、討論：

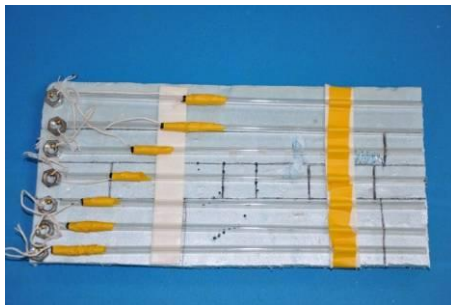
- (1) 從實驗我發現彈性好的竿子跳得很高，所以我認為以後撐竿挑的選手，竿子要選用彈性好的竿子，來幫助跳更高。
- (2) 雖然彈性差的竿子跳得比較低，但相差不大。不過彈性太差的如：木頭或易斷的材質，都不好跳，因此選有韌性又有彈性的竿子才好。
- (3) 這次的結果中彈性好的竿子打破了以前所有成績。我覺得彈性好的竿子能跳到 41cm 的原因是，當它把螺帽拉起來時，因螺帽有重量，讓竿子稍微下彎，當那股力將螺帽拉起來時，加上竿子的反彈力，讓他整個騰起來，跳到 41cm。

如圖：



### (五) 實驗五：撐竿時施力點的高低會不會影響撐竿跳高。

- 1、目的：想瞭解施力點的高低會不會影響撐竿跳高。
- 2、材料：竿子（直徑 4mm），檔板、斜坡、螺帽、撐竿車、跳高架、防護架
- 3、裝置：



### 4、變因方面：

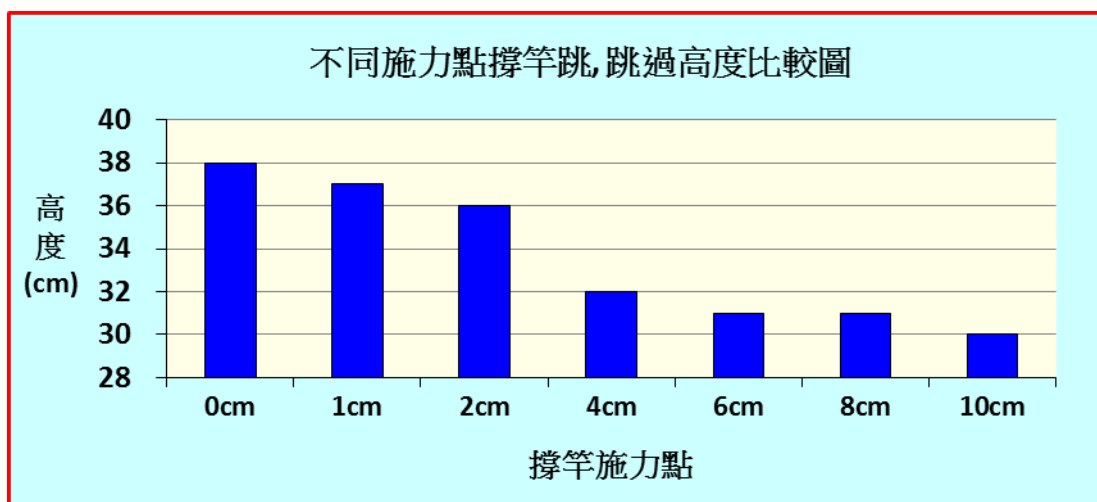
- (1) 操縱變因：施力點的位置不同（綁住螺帽棉線的另一端：頂端往下 1cm、2cm、4cm、6cm、8cm、10cm）
- (2) 控制變因：參考實驗一
- (3) 應變變因：螺帽甩起來的高度

5、方法：同實驗一

6、結果：

高度 撐竿 施力點	28cm	29cm	30cm	31cm	32cm	33cm	34cm	35cm	36cm	37cm	38cm
0cm	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1cm	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△
2cm	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△
4cm	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△
6cm	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△
8cm	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△
10cm	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△

7、比較：



8、發現：

- (1) 我發現綁螺帽的地方（施力點）越高，撐竿跳就越高，施力點越低，跳得就越低。
- (2) 施力點的位置不同與跳過的高度似乎有密切關係。
- (3) 我發現螺帽綁在 6cm、8cm 的地方時，螺帽大多都是和竿子平行越過橫竿，可能是施力點太低繩子太長，使螺帽無法甩超過竿子。

9、討論：

- (1) 我認為施力點越高跳得越高，越低能越過的高度越低；難怪真實撐竿跳高的選手握竿的施力點也不會太低！當施力點太低時要撐起竿子使身體挺起來時要出更多的力氣，而且握住竿子較低的地方，容易使重心不穩。
- (2) 在竿子 6cm 和 8cm 的施力點位置，螺帽大多和竿子平行越過橫竿，我認為是因為繩子太長，而使竿子要用起螺帽的力要更多，因此甩不高。

(六) 實驗六：撐竿時助跑時的速度會不會影響撐竿跳高。

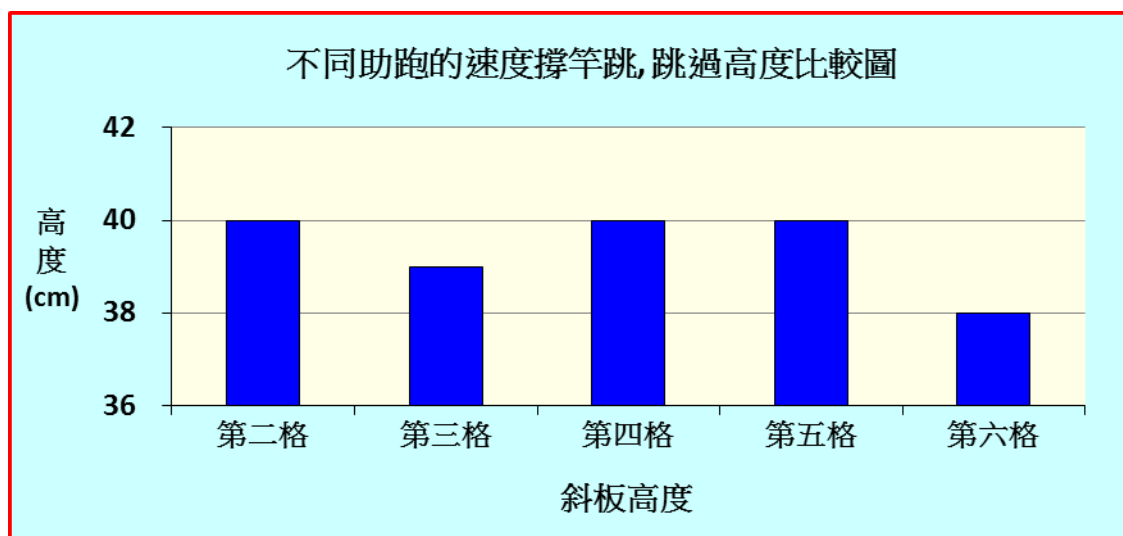
- 1、目的：想瞭解助跑時的快慢會不會影響撐竿跳高。
- 2、材料：竿子（直徑 4mm），檔板、斜坡、螺帽、撐竿車、跳高架、防護架
- 3、裝置：



- 4、變因方面：
  - (1) 操縱變因：斜板放置的高度不同（第二、三、四、五、六格）（越高速度越快）
  - (2) 控制變因：參考實驗一
  - (3) 應變變因：螺帽用起來的高度
- 5、方法：同實驗一
- 6、結果：

高度 斜板 的高度	30cm	31cm	32cm	33cm	34cm	35cm	36cm	37cm	38cm	39cm	40cm
第二格	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第三格	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第四格	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第五格	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第六格	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

7、比較：



#### 8、發現：

- (1) 從實驗中我發現斜板架在支架的第二格時速度慢，螺帽越過的高度最高；斜板架在第五格和第四格的高度，螺帽也可以越過 40cm 高。
- (2) 斜板架在第六格時速度最快，螺帽能越過的高度最低，只有 38 公分高。
- (3) 在第六格位置好像是速度太快，導致螺帽無法用到最高；不過在第六格的實驗中，竿子幾乎都沒有傾斜或偏調，速度快使他很快就越過橫竿，使沒有時間傾斜就直直穿越過。

#### 9、討論：

- (1) 我認為斜板放置在第二格時螺帽可以越過最高，也容易偏掉，可能是因為助跑的過程撐起來的速度較慢而角度夠，使他有時間把螺帽連接的棉線拉直呈拋物線，加上竿子本身被拉離跑道，使他跳得很高；但也因為螺帽甩起的時間增加，使螺帽容易在空中偏掉，導致重心不穩。因此我覺得選手在撐竿時，助跑及稱竿的速度不要太慢，以免重心不穩而偏掉。
- (2) 我認為斜板放置第六格撐竿車速度快容易出現重心不穩，可能是因為他越過橫竿的速度快，使他沒有時間傾斜就快速越過橫竿；但因為如此，竿子上的螺帽也沒有足夠的時間呈拋物線的甩起來；如果換成真實的撐竿跳選手，時間太少可能來不及騰起來而竿子就撐直了，導致人去撞倒橫竿而失敗，因此我認為助跑速度以慢跑比較好。

(七) 實驗七：撐竿時的角度的會不會影響撐竿跳高。

- 1、目的：想瞭解撐竿時的角度的會不會影響撐竿跳高。
- 2、材料：尼龍竿，檔板、斜坡、螺帽、撐竿車（不同的角度的  $10^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $25^\circ$ 、 $35^\circ$ ）、跳高架、防護架
- 3、裝置：



4、變因方面：

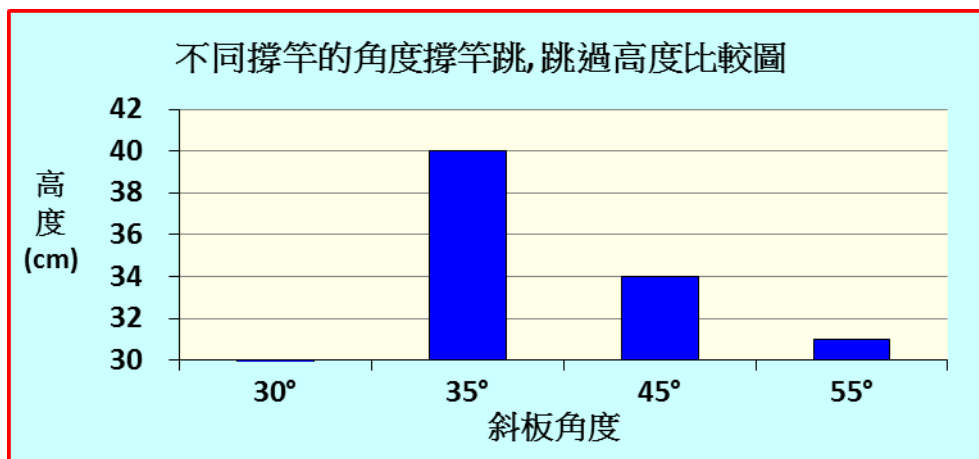
- (1) 操縱變因：撐竿時的角度的 ( $30^\circ$ 、 $35^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $55^\circ$ )
- (2) 控制變因：參考實驗一
- (3) 應變變因：螺帽甩起來的高度

5、方法：同實驗一

6、結果：

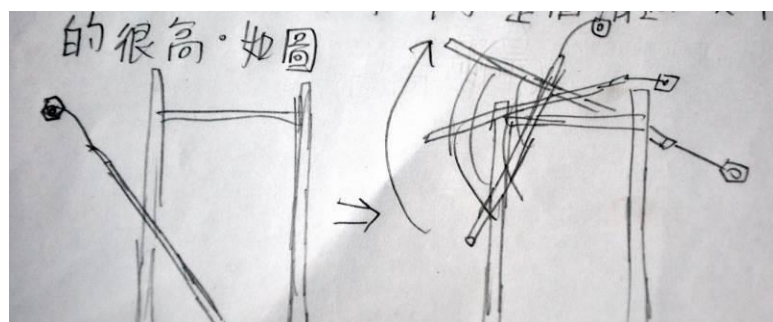
高度 斜板 的角度	30cm	31cm	32cm	33cm	34cm	35cm	36cm	37cm	38cm	39cm	40cm
$30^\circ$											
$35^\circ$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
$45^\circ$	○	○	○	○	○						
$55^\circ$	○	○									

## 7、比較：



## 8、發現：

- (1) 我發現竿子放在撐竿車上的傾斜角度在 30°撐竿時，只有撐起來一點點，然後又往後掉下去；而竿子的傾斜角在 35°時跳得最高；55°最低。
- (2) 如果要讓撐竿成功跳過，從實驗中我發現竿子必須是和平面成一個角度，螺帽才能跳過橫竿；如果撐竿車的底面是水平，竿子放在上面，撐竿車平放在斜面上下滑是撐不起來的。
- (3) 竿子在撐竿車上呈 35°，當撐竿車滑下來時，竿子不是很快撐起來，而是有點慢慢的撐起，螺帽也會成拋物線的跳過橫竿；55°則是一瞬間就撐起來，螺帽沒甩起來。



## 9、討論：

- (1) 我認為竿子在車上的角度大，不一定跳得高；原因是角度太大的時候，螺帽來不及呈拋物線甩起來，竿子就撐過了；但角度太小則會撐不起來。
- (2) 在實驗中竿子在車上呈 35°，在撐竿時螺帽可以呈拋物線甩起來，並把竿子往上拉，使他可以跳出 40cm 的高度。
- (3) 我覺得竿子在車上呈 30°會無法撐起來是因為第二格下滑的速度本來就不是很慢，加上角度太小，使他沒有足夠的力量把竿子撐起來；如果要用 30°角來撐竿可能需要更快的速度才能夠把竿子撐起來。

(八) 實驗八：竿子插板起跳距離會不會影響撐竿跳高。

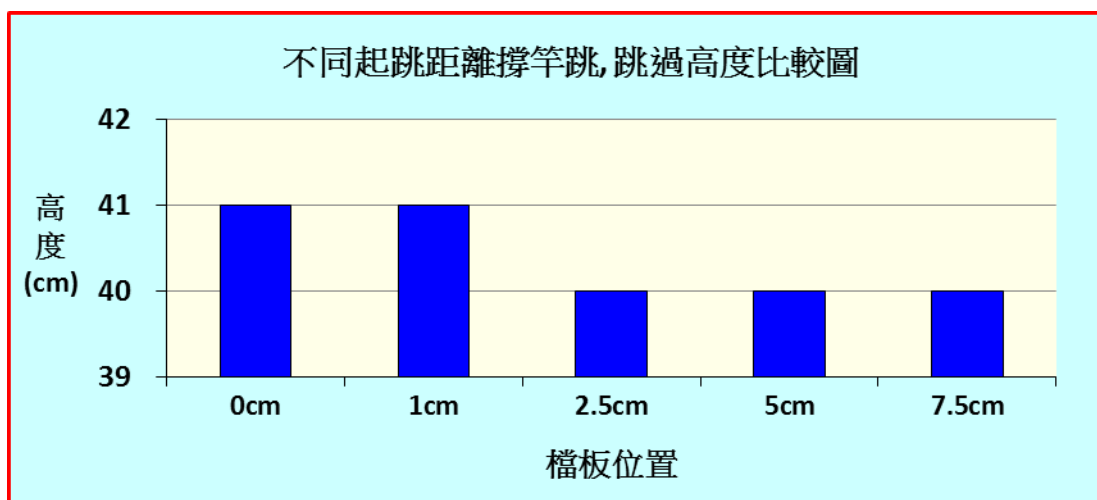
- 1、目的：想瞭解起跳距離會不會影響撐竿跳高。
- 2、材料：尼龍竿，檔板、斜坡、螺帽、撐竿車跳高架、防護架
- 3、裝置：



- 4、
- (
- (
- (
- 5、
- 6、不。

高度 檔板位置	30cm	31cm	32cm	33cm	34cm	35cm	36cm	37cm	38cm	39cm	40cm	41cm
0cm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1cm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.5cm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5cm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.5cm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- 7、比較：

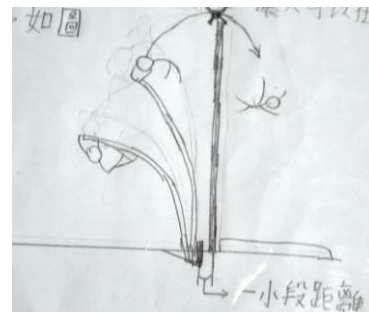


8、發現：

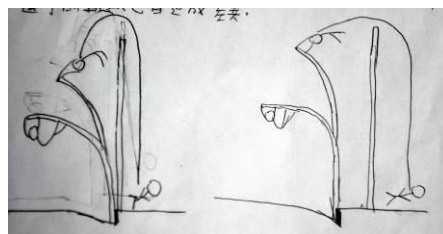
- (1) 檔板位置（起跳距離）越近，跳出來的成績就越高；檔板位置越遠，跳出來的成績就越低。
- (2) 雖然檔板位置越近成績越好，但是太近（只離跳高架 0cm）跳出來的成績並不理想，所以起跳位置應該是在跳高架前一小段距離會比較理想的。

9、討論：

- (1) 我發現檔板如果在跳高架正下方，則不能跳出最好的成績；因為當竿子撐起來時，螺帽還沒有完成拋物線甩起來，所以無法跳出最好的成績。
- (2) 我認為最好的選擇是在跳高跳前的一小段，距離設置檔板，因為人在撐竿時會用手的力與竿子彈力把自己往上彈；因此人會以拋物線越過橫竿，因此需要一小段距離，讓人可以在最高點再過竿。如圖：



- (3) 實驗中 7.5cm 的檔板位置效果最差，我認為如果檔板距離跳高架太遠，人會在拋物線的最頂端後開始下降，下降時才會碰到跳高架，因此測到的高度並不是最高的。
- (4) 我發現其實除了檔板之外，撐竿選手的撐竿方法也會造成一些差異。假如撐竿選手將自己的身體在原地往上騰。那跳高架就必須離插斗較近，但如果選手是往前上騰，跳高架就需離插斗較遠。所以撐竿選手的動作也會造成差異。如圖



- (5) 這次實驗中，我探討出一點，假如人是以拋物線甩出去，可以用高角度拋物線，這樣就可以使跳高高度更高，更可以將插斗與跳高架的距離縮短。

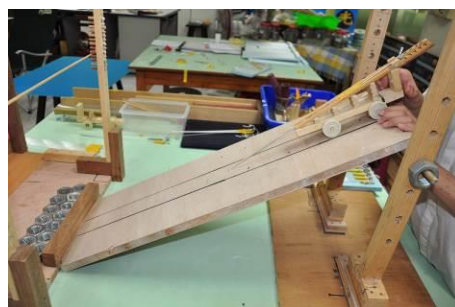


(九) 實驗九：棉線的長短會不會影響撐竿跳高。

1、目的：想瞭解繩子的長短會不會影響撐竿跳高。

2、材料：尼龍竿，檔板、斜坡、螺帽、撐竿車跳高架、防護架、繩子

3、裝置：



4、變因方面：

(1) 操縱變因：棉線的長短（5cm、6cm、7cm、8cm、9cm、10cm、11cm）

(2) 控制變因：參考實驗一

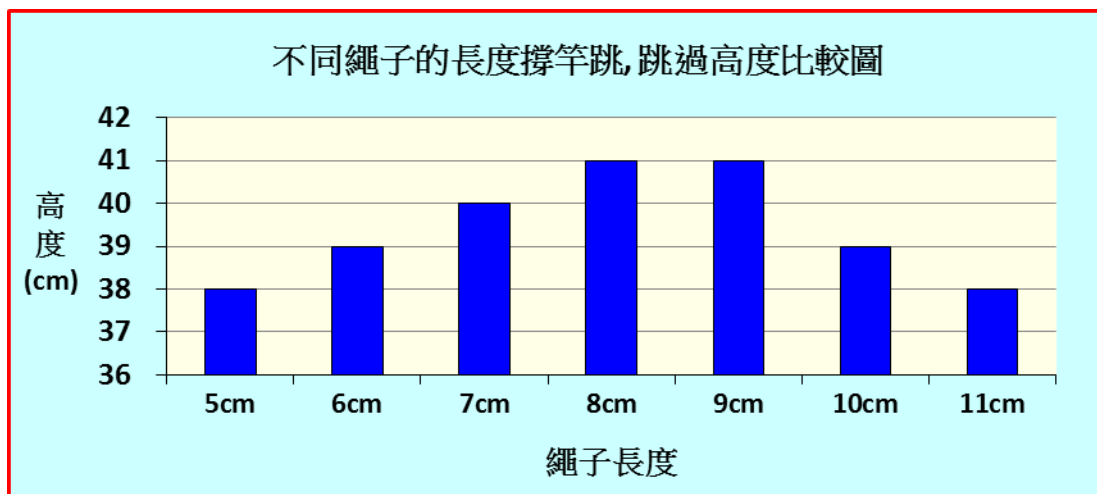
(3) 應變變因：螺帽甩起來的高度

5、方法：同實驗一

6、結果：

高度 棉線長短	30cm	31cm	32cm	33cm	34cm	35cm	36cm	37cm	38cm	39cm	40cm	41cm
5cm	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△
6cm	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△
7cm	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△
8cm	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9cm	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10cm	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△
11cm	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△

## 7、比較：



## 8、發現：

- (1) 綁住螺帽的棉線越長不一定跳得高，11cm 長的棉線如果拉到全長應該有 41cm，但他只跳出 36cm 的成績。
- (2) 8cm 和 9cm 長的棉線跳出來的成績最好，而 5~7cm 的棉線跳出來的高度都是本身加 2cm。
- (3) 如果棉線的長度是 10cm 或以上，跳出來的高度並不會比全長還高，而會更低；因為棉線越長，螺帽就竿子越下面，要將螺帽甩起來就須要更大的力量。

## 9、討論：

- (1) 我發現 8 和 9cm 的棉線跳得最高，但也需要在跳高架前一段距離起跳，才能在最高點時過竿；若沒有在跳高架前設置檔板的話，它會在飛過橫竿後才達到最高點。
- (2) 我認為棉線太長也不一定跳得高，原因是當螺帽拉得越後面，要將他甩起來的力量就要越大；而且當繩子和螺帽甩起來時，由於他本身很長，甩到最高點時螺帽已經飛過橫竿，所以為了讓他在最高點碰到橫竿，檔板就要放在更前面。
- (3) 從實驗中，以 7 和 8cm 的效果最好，由於棉線 9cm 時，把檔板放得更前面，因此不是很理想；而 5cm 又太短也跳不高。
- (4) 我認為假如是 12cm 或以上長度的棉線，可能就會甩不起來。
- (5) 在實驗中 9~11cm 的棉線，竿子容易偏掉，特別是 11cm，可能是因為棉線太長，在甩起來時容易偏掉，螺帽也拉偏了。

(十) 實驗十：螺帽的重量會不會影響撐竿跳高。

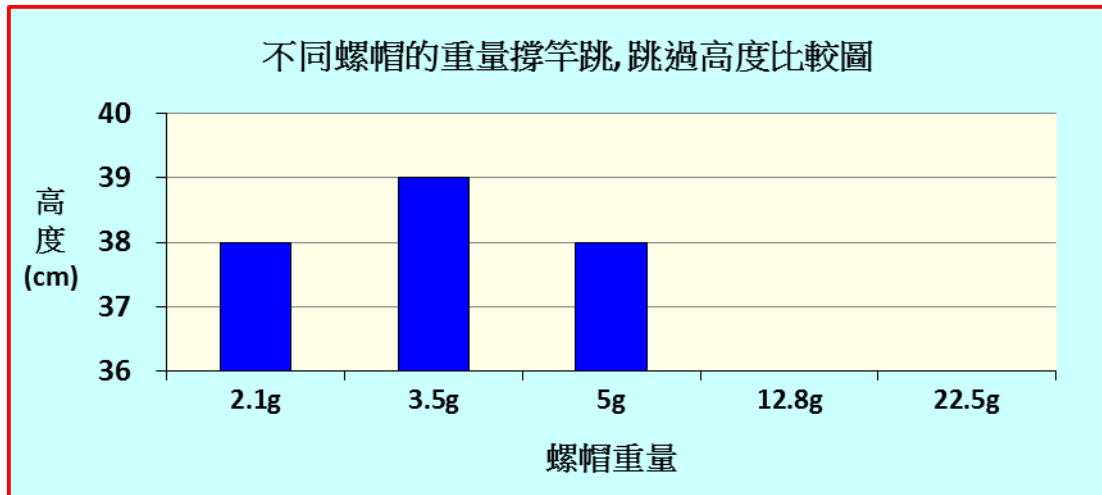
- 1、目的：想瞭解螺帽的重量會不會影響撐竿跳高。
- 2、材料：尼龍竿，檔板、斜坡、螺帽、撐竿車跳高架、防護架、繩子
- 3、裝置：



- 4、變因方面：
  - (1) 操縱變因：螺帽的重量不同 (2.1g、3.5g、5.0g、12.8g、22.5g)
  - (2) 控制變因：參考實驗一
  - (3) 應變變因：螺帽甩起來的高度
- 5、方法：同實驗一
- 6、結果：

高度 螺帽重量	30cm	31cm	32cm	33cm	34cm	35cm	36cm	37cm	38cm	39cm	40cm
2.1g	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△
3.5g	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△
5g	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△
12.8g	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
22.5g	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△

## 7、比較：



## 8、發現：

- (1) 棉線綁住太重的螺帽會跳不起來，而輕的螺帽跳得比較高，但最輕的螺帽也不是跳得最高的。
- (2) 輕的螺帽（2.1g）可以很快用過去，太重的螺帽（13g）容易傾斜，飛不遠，在跳高架後的一小段距離就落地了。

## 9、討論：

- (1) 我發現較輕的螺帽也跳得高，可能是螺帽較輕加上用起來的力量大，就可以把螺帽甩得很高。
- (2) 最大的螺帽（22.5g）甩不起來，可能是太重了，所以撐竿時的力，不足以將竿子撐起來。
- (3) 螺帽在 13g 的時候會撐起來，但很容易偏掉，所以我認為 13g 還是有點重，導致他在撐起來的時候螺帽的重量把竿子拉偏了。
- (4) 我發現螺帽的重量是 2.1g 和 5g 所跳的高度一樣，可能是 2.1g 的螺帽輕，可以輕易的將他用起來；但他有一點太輕，導致沒有足夠的拉力再把竿子往上拉，才會跳出和 5g 的螺帽一樣的高度。
- (5) 我建議撐竿跳高的選手，不要讓自己的體重和竿重差太多，以免造成竿子支撐不住往後摔，或重心不穩等意外。

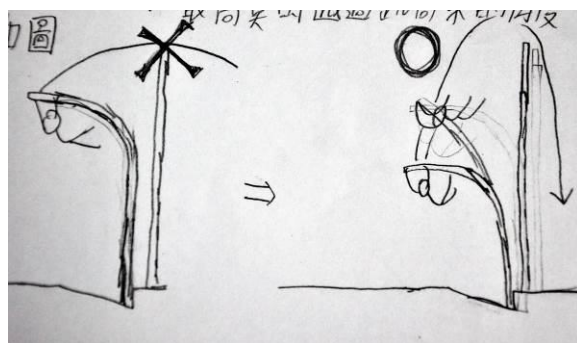
## 10、疑問：

- (1) 我想假如讓助跑速度更快，使撐竿力道更大，能將 22.5g 的螺帽撐起來嗎？
- (2) 如果換更重的竿子，能讓 13g 的螺帽跳得高嗎？

### 三、活動三：撐竿跳高實驗在真正的撐竿跳高時的運用

我從前面的實驗結果中，歸納了幾點，來作為運動中的應用，幫助選手撐竿跳高，跳更高。

- (一) 施力點的位置不要太低，以頂端最佳。在撐竿時施力點若較高，可在竿子彈起時，從最高點再往上騰，達到跳「高」的效果。
- (二) 助跑速度不要太快也不要太慢，最好是慢跑。若助跑撐竿速度太快，會造成竿子在一瞬間騰起，沒有足夠的力把人彈起來，而助跑撐竿速度太慢會造成重心不穩。慢跑則有較好的效果，因此建議慢跑較好。
- (三) 彈性方面，選擇彈性好又具有韌性的竿子較好，若選擇彈性差的竿子會彈的較不高，而如果選擇沒有韌性的竿子，會在撐竿時造成竿子斷裂而發生意外。選擇彈性好又具有韌性的竿子，不只跳得得較高，更可以避免竿子斷裂發生的意外。
- (四) 竿子的長度不要太短，長一點比較好，但也不要太長以免造成撐竿時不好控制而發生意外，竿子最好的長度可定為選手身高的 2.5~2.7 倍。
- (五) 在撐竿時的角度必須是能讓竿子慢慢騰起凝聚足夠彈力把人彈出去的角度，以大於 25 度到小於 35 度較佳；但若考量到施力點（握竿點）要在最高處，即使手伸直也達不到 35 度角，因此建議角度為 25~30 度之間撐竿，達到最好效果。
- (六) 竿子粗細方面，不要用太粗的竿子（如：直徑 6~10cm），用細的竿子較好，但竿子太細又會造成竿子支撐不助人體的重量而斷裂，因此選能支撐人體的重量下（安全考量），最細的竿子。
- (七) 人體重量和竿子之間的重量不要差太多，這會造成竿子太輕又不夠堅固，而造成竿子支撐不住人體的重量，發生斷裂的意外；因此若考量到竿子不要太重，使人可以輕鬆的撐竿，就選擇能在支撐人體重量下，最安全最輕的竿重。
- (八) 在比賽時，為了讓選手能在撐到最高點時越過跳高架，得到最好的成績，建議將檔板設置在跳高架前一小段距離，不要設在跳高架正下方。而選手也要配合檔板的位置，選擇能在最高點時越過跳高架的角度。如圖：



## 伍、結論：

- 一、在奧運中有一種叫撐竿跳的比賽項目，賽中撐竿跳的選手一次跳得比一次高，我發現撐竿跳有些技巧，我想幫助選手跳得更高。
- 二、從觀看撐竿跳的過程中找出模擬撐竿跳的方法，並製作模擬裝置，也提出許多操縱變因，如竿子的長短、粗細、助跑速度……等，我在實驗中的這段時間，瞭解撐竿的歷史，也發現撐竿跳是一種有趣的運動。
- 三、我嘗試設計不同方法後，最後利用斜坡來模擬撐竿跳時的跑道，竿子綁上螺帽代表人在撐竿時所出的力道，撐竿輔助車（三角木塊車）代表人插竿的角度和動作，支架的位置高低代表助跑的速度，進行不同變因的撐竿跳實驗。
- 四、在實驗結束後，我集結所有可以幫助選手跳更高的方法，希望幫助他們撐竿跳高，跳更高。

## 陸、心得：

在實驗結束後，我親自到操場上撐竿跳，跳完後我有一些感覺。

- 一、我在助跑時，如果跑太快的話，撐竿時一下就撐起來，我會來不及反應，而差一點摔倒，且感覺那一股把我往上抬的力量很弱；但慢跑的話就來得及反應，那股把我往上抬的力量也有一種慢慢增強的感覺。
- 二、在撐竿時，竿子大概是我的 1.5 倍長；撐竿的角度是 40 度，感覺要撐起來比 35 度容易多了，且我用 30 度撐竿雖費力，但比 40 度撐竿跳得還要高。
- 三、在撐竿時，我覺得竿子不太好握，可能是直徑 5cm 的竿子對我來說太粗了。
- 四、這次我使用的是竹竿來跳，有點粗，因此沒有足夠的彈性，所以我在撐竿時感覺不到足夠的彈性，只有感覺撐起來，沒有騰起來的感覺。
- 五、在撐竿時，我藉著竿子往地面施力，我發現施力過小會沒有足夠的支撐力，大力的話比較穩，但如果施力不平衡，會造成左右不平衡而摔倒，因此要成功撐竿跳很不容易。



## 柒、參考書目：

- 維基百科：撐竿跳高 <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%92%90%E7%AB%BF%E8%B7%B3>  
撐竿跳的由來：<https://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1005010601553>  
運動天下 撐竿跳：<http://zh.sport.wikia.com/wiki/%E6%92%90%E7%AB%BF%E8%B7%B3>

## 【評語】 080814

本作品嘗試製作模擬撐竿跳高的裝置，探討竿子長短粗細、助跑速度、插竿角度和動作對撐竿跳高是否更有利之條件，雖為初步嘗試探討，但創意價值是值得肯定的。