

金門地區第 58 屆中小學科學展覽會

科 別：物 理 科

組 別：國 小 組

作品名稱：樂高投石器

關 鍵 詞：投石器、槓桿原理

編 號：



作品名稱：樂高投石器

壹、摘要

看過古代的戰爭片嗎？攻城的士兵們利用投石器將一顆顆巨大的石頭拋向高聳的城堡，除了要拋得高還要拋得遠。我們以曬衣夾為開端來做一個簡易的投石器，比比看誰能將砲彈拋得最遠或最準……

本研究在於探討如何製作一個好用的投石器，進而研究砲彈材質、施力大小、抗力重量、投石器抗力臂施力臂比例與投射距離的關係。

貳、研究動機

五年級下學期時，經過六年級教室前，發現學長姐們正在用盒裝飲料製作簡易型的投石器，覺得很神奇，回家後想如法炮製一番，卻發現沒如我想得如此簡單，於是，我在心裡決定，等我升上六年級時，我一定要試著研究出一個簡易又有趣的投石器。

升上六年級了，很幸運的，老師找我們一起討論科展的研究主題，我二話不說便提出了「投石器」這個主題，想到可以如願的製作投石器又可以進行研究，真是高興。

參、研究目的

- 一、如何製作一個好用的投石器。
- 二、探討砲彈材質與投射距離的關係。
- 三、探討施力大小與投射距離的關係。
- 四、探討抗力重量與投射距離的關係。
- 五、探討投石器抗力臂施力臂比例與投射距離的關係。

肆、研究設備與器材

- 一、第一代投石器：大型曬衣夾、魔鬼氈、瓶蓋、圓板凳一張（僅做固定用）。
- 二、第二代投石器：樂高組合積木。
- 三、其他：捲尺、沙子、便當盒、天平、砝碼、木珠、小鋼珠、彈珠、彈力球、乒乓球、小種子、塑膠球、實心木球、花崗小石子、圍棋、小方塊、水、黏土、量筒、燒杯。



<圖一>實驗材料及器材

伍、研究過程和結果

一、<研究一>：如何製作一個好用的投石器

(一) 第一代投石器：

1. 先將曬衣夾用繩子固定於椅子上，並將 30 公分鐵尺以膠帶固定於曬衣夾上。
2. 鐵尺、瓶蓋各自貼上雙面魔鬼氈。
3. 將「砲彈」置於瓶蓋上，按壓曬衣夾，將「砲彈」彈出。
4. 改變瓶蓋的位置（即改變抗力臂的長短）亦可以改變「砲彈」彈出的力道。



<圖二>第一代投石器

(二) 原理：

1. 槓桿原理：「施力點」壓下去的地方，「支點」就像翹翹板中間支撐地板處，也就是曬衣夾中間鐵絲，「力臂」即施力點和支點的距離，「抗力點」就是投石器放「砲彈」的地方。投射桿（抗力臂）越長「砲彈」越輕，射得越遠。
2. 透過製作投石器，觀察槓桿原理當中的施力點、支點、抗力點之間的相互關係。

二、<研究二>：探討砲彈材質與投射距離的關係。

- (一) 研究步驟：將瓶蓋放置在距離支點 30 公分處，分別使用不同材質的「砲彈」依次投射，每個材質的「砲彈」各投射七次，並將實驗結果確實記錄下來，如下表。

表（一）「砲彈」放置在距離支點 30 公分處

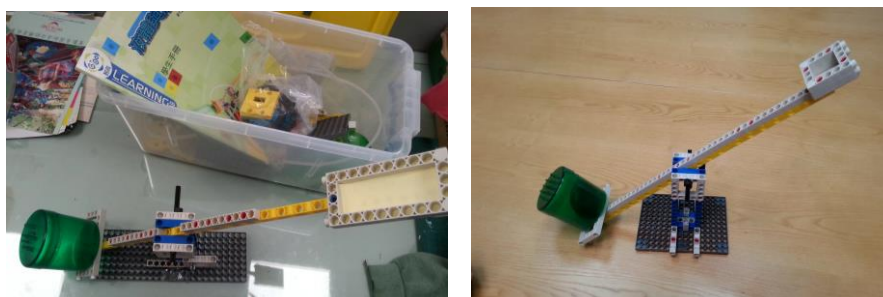
| 砲彈 材質 次序 | 竹柏 小種子 | 圍棋 子 | 小方 塊 | 教具 塑膠 球 | 乒乓 球 | 花崗 小石 子 | 小鋼 珠 | 小彈 珠 | 彈力 球 | 大彈 珠 | 木珠 | 教具 木球 |
|------------------|-----------|---------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------|---------|---------|-----|----------|
| 1 | 340 | 300 | 415 | 395 | 259 | 345 | 356 | 380 | 338 | 304 | 344 | 350 |
| 2 | 289 | 288 | 420 | 391 | 245 | 396 | 363 | 313 | 370 | 277 | 353 | 211 |
| 3 | 368 | 274 | 403 | 384 | 280 | 300 | 359 | 373 | 358 | 315 | 368 | 186 |
| 4 | 304 | 276 | 410 | 366 | 242 | 339 | 319 | 327 | 377 | 345 | 339 | 169 |
| 5 | 334 | 317 | 404 | 370 | 304 | 334 | 328 | 374 | 346 | 263 | 344 | 187 |
| 6 | 295 | 290 | 399 | 368 | 300 | 400 | 356 | 367 | 357 | 297 | 346 | 220 |
| 7 | 382 | 302 | 405 | 367 | 235 | 356 | 361 | 365 | 351 | 313 | 350 | 212 |
| 平均 (四捨 五入) | 330 | 292 | 408 | 377 | 266 | 353 | 349 | 357 | 357 | 302 | 349 | 219 |
| 重量 | 0.05 | 0.6 | 0.7 | 2.1 | 2.4 | 3.2 | 5.6 | 5.6 | 6.8 | 13.4 | 25 | 25 |

(二) 研究結果：本來預計還要進行「砲彈」放置在距離支點 20 公分處、10 公分處之實驗，但是根據實驗數據發現影響施力的變因太大，力度控制相當不易，不同的人操作下施測結果差異性相當大。



<圖三>使用不同材質的「砲彈」投射

(三) 第二代投石器：因為研究二的實驗結果誤差大，我們進一步思考製作更精準的投石器，希望不會再因人力而影響實驗結果。於是，我們利用科學教具箱裡的樂高積木零件，組合成投石器，並運用有蓋的塑膠圓盒，裡面可以裝入測量精準的水當作施力，真是方便。



<圖四>第二代投石器

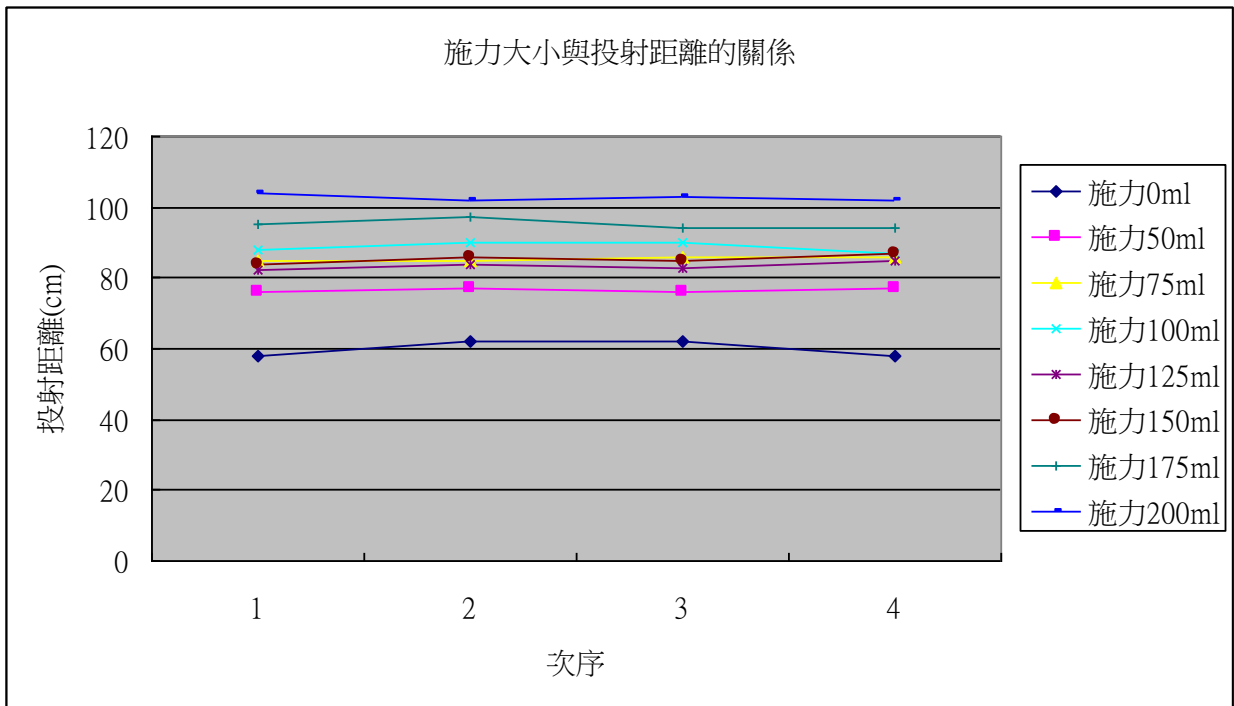
三、<研究三>：探討施力大小與投射距離的關係。

(一) 研究步驟：

1. 將樂高投石器的抗力臂與施力臂固定為 25cm 和 22cm，並將塑膠圓盒內分別裝入 0、50、75、100、125、150、175、200ml 的水當作施力，使用「彈珠砲彈」依次投射四次，並將實驗結果確實記錄下來，詳如下表。

表 (二)

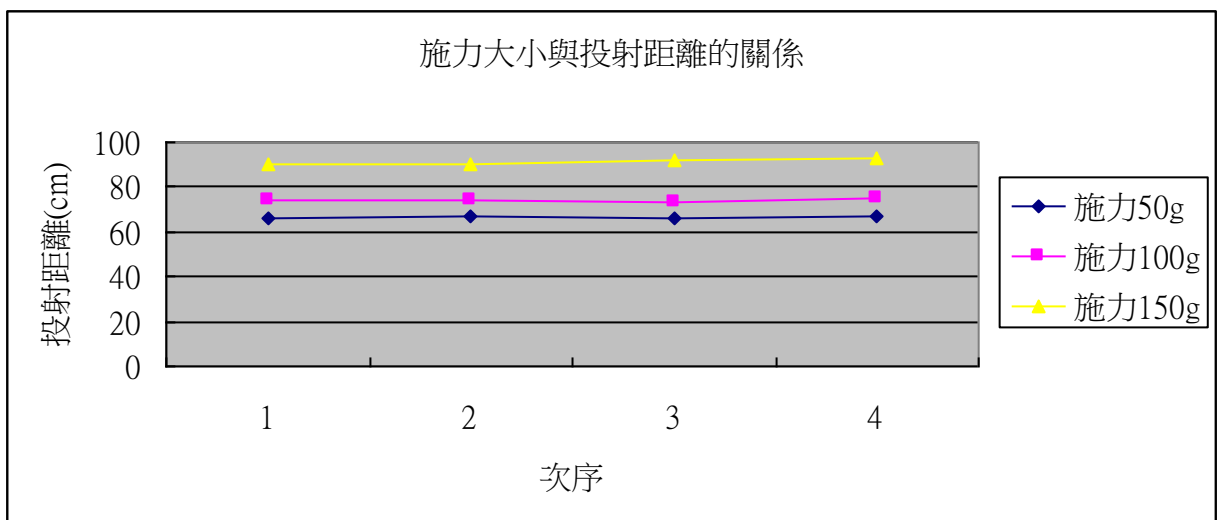
| 水量ml 距離cm 次序 | 0 | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 |
|--------------------|----|------|------|-------|------|------|-----|--------|
| 1 | 58 | 76 | 85 | 88 | 82 | 84 | 95 | 104 |
| 2 | 62 | 77 | 85 | 90 | 84 | 86 | 97 | 102 |
| 3 | 62 | 76 | 86 | 90 | 83 | 85 | 94 | 103 |
| 4 | 58 | 77 | 86 | 87 | 85 | 87 | 94 | 102 |
| 平均 | 60 | 76.5 | 85.5 | 88.75 | 83.5 | 85.5 | 95 | 102.75 |



2. 進行研究三的第一步驟發現，塑膠圓盒裝水容易晃動且會溢出來，於是我們改將塑膠圓盒內分別裝入 50、100、150、200g 的黏土當作施力，並使用 10g 的「黏土砲彈」依次投射四次，並將實驗結果確實記錄下來，詳如下表。

表 (三)

| 黏土g 距離cm 次序 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 |
|-------------------|------|-----|-------|---------|-----|
| 1 | 66 | 74 | 90 | 太重怕支架斷掉 | |
| 2 | 67 | 74 | 90 | | |
| 3 | 66 | 73 | 92 | | |
| 4 | 67 | 75 | 93 | | |
| 平均 | 66.5 | 74 | 91.25 | | |



(二) 研究結果：根據表（二）之數據，發現除了在水量 125ml 及 150ml 時距離沒有增加，其餘數據則顯示出施力（水量）越大，投射距離就越遠。加上表（三）之再度研究證實：**施力越大，投射距離就越遠。**



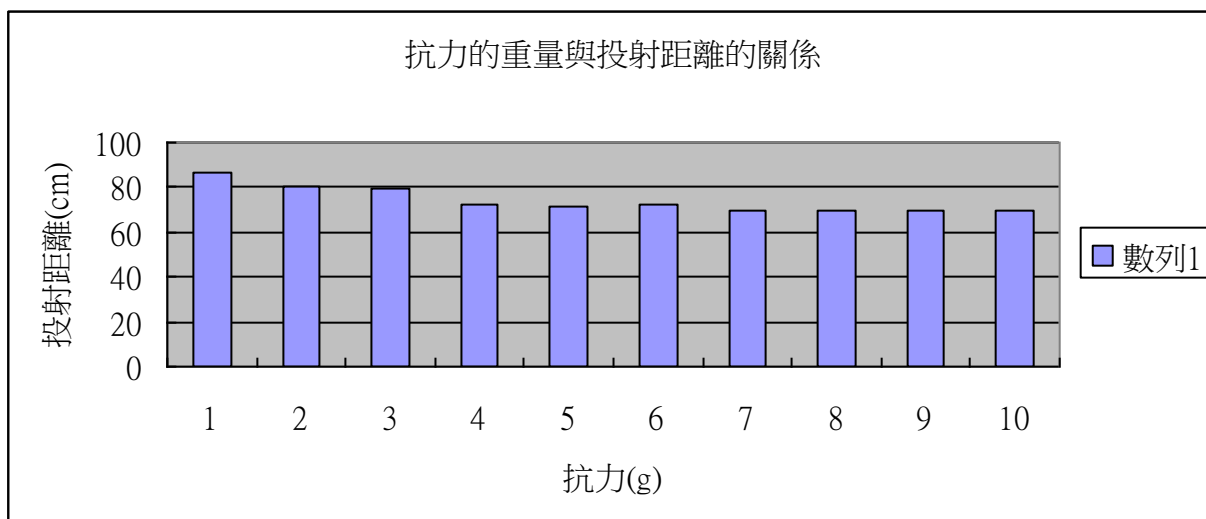
<圖五>彈珠及黏土砲彈投射情形

四、<研究四>：探討抗力的重量與投射距離的關係。

(一) 研究步驟：研究三發現施力越大，投射距離就越遠，於是，我們近一步思考，如果將樂高投石器的抗力臂與施力臂仍然固定為 25cm 和 22cm，並將塑膠圓盒內裝入 100ml 的水當作施力，使用不同重量的「黏土砲彈」當作抗力，依次投射四次，並將實驗結果確實記錄下來，詳如下表。

表（四）

| 黏土重g 距離cm 次序 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------|------|------|-------|-------|------|----|------|-------|-------|-------|
| 1 | 82 | 79 | 81 | 74 | 69 | 72 | 69 | 71 | 71 | 72 |
| 2 | 90 | 79 | 79 | 72 | 74 | 72 | 69 | 68 | 71 | 69 |
| 3 | 86 | 81 | 79 | 73 | 71 | 72 | 69 | 67 | 69 | 69 |
| 4 | 88 | 83 | 80 | 72 | 72 | 72 | 71 | 71 | 68 | 69 |
| 平均 | 86.5 | 80.5 | 79.75 | 72.75 | 71.5 | 72 | 69.5 | 69.25 | 69.75 | 69.75 |



(二) 研究結果：

1. 根據表（三），發現雖然數據上沒有 100% 準確，但大多數數據仍呈現出黏土越重，投射距離就越近。所以我們大膽推論：**抗力越大，投射距離就越近**。



<圖六>施力 100ml 不同大小的黏土投射情形

五、<研究五>：探討投石器抗力臂施力臂比例與投射距離的關係。

- (一) 研究步驟：研究三與四的抗力臂與施力臂都固定為 25 及 22cm，所以我們進一步試著改變支點位置，調整抗力臂與施力臂之間的比值，並用 100g 的黏土當作施力、5g 的「黏土砲彈」當作抗力，依次投射四次，並將實驗結果確實記錄下來，詳如下表。

表（五）

| 力臂比 距離cm 次序 | 30.5 : 16.5 | 37 : 10 | 25 : 22 | 23 : 24 | 21 : 26 |
|-------------------|-------------|---------|---------|---------|-----------|
| 1 | 103 | 115 | 72 | 64 | 射到施力 點 |
| 2 | 103 | 115 | 70 | 64 | |
| 3 | 104 | 113 | 69 | 63 | |
| 4 | 106 | 114 | 70 | 64 | |
| 平均 | 104 | 114.25 | 70.25 | 63.75 | |

- (二) 研究結果：根據表（五），發現當**抗力臂與施力臂比值越大時，投射距離會越遠**。



<圖七> 調整抗力臂施力臂比例投射

陸、討論

- 一、第一代投石器會進化到第二代，是因為在實驗中發現不同的人的投射結果差異極大，於是大家集思廣益動腦進行改造，有人提出用電磁鐵、有人提議把曬衣夾綁上繩子再剪斷、還有人建議先用勾子勾住再自動彈開……但是發現這些方法太過繁複或是會受到人為的影響。最後，同學在辦公室發現了一盒科學教具箱，裡面有樂高積木零件，於是我們著手進行組裝，成功組合成第二代投石器。
- 二、第一代投石器原本在教室內進行，但發現很難準確確認砲彈的落點，所以後來改在跳遠場地的沙坑進行。
- 三、第二代投石器的實驗數據，人為因素減少許多，而且發現可以用容器盛裝沙子來呈現出砲彈的落點即可，可以在室內進行，不會受天候影響。
- 四、透過研究三之二實驗發現，阿基米德關於槓桿研究的一句名言：「給我一個支點，我可以舉起整個地球。」這句話是不夠完整的，除了支點，我們覺得還要有一根夠長夠堅固的槓桿，才有可能。
- 五、這次科展，從選定主題到研究工作的進行，全是我們一同討論並實驗出來的。雖然實驗部分數據感覺不夠精準，但我們確確實實從這次研究中學會了多方面思考和推理的科學態度，並養成了細心與耐心的科學精神。
- 六、你也想做出超準確的投石器嗎？用我們精心設計的樂高投石器試試看吧！

柒、結論

- 一、投石器是古代的攻城利器，要打破堅固的城牆，沒有它可是困難重重。但是投石器可不是胡亂投，用亂石打鳥的方式來攻擊的，砲彈的落點是可以計算出來的。投石器的結構主要區分為底座與投射桿兩個部份，投射桿又可區分為投射端(抗力點)、支點、重物端(施力點)三個部份。
- 二、影響投石器投射距離的因素有：施力大小、砲彈重量、抗力臂的長度。

施力越大，投射距離就越遠

抗力越大，投射距離就越近

抗力臂與施力臂比值越大時，投射距離會越遠。

捌、參考資料

- 一、國立台中教育大學 NTCU 科學教育與應用學系科學遊戲實驗室
<http://scigame.ntcu.edu.tw/engine/engine-005.html>
- 二、康軒出版社國小自然與生活科技教材六下第一單元槓桿原理