

# 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：超上古兵器——投石器之研究

關 鍵 詞：發射桿、投石器、槓桿原理

編 號：080117

---

**學校名稱：**

臺北市中正區螢橋國民小學

**作者姓名：**

李家銘、林宗慶、宋柏輝、蔡鎧鴻

**指導老師：**

賴協志



# 超上古兵器---投石器之研究

## 壹、研究動機：

有一天下午，我在家裡看三國志漫畫版本，看到了魏國揮軍攻打蜀的劍閣，兩方猛力廝殺，魏軍人數是蜀的好幾倍，卻久攻不下劍閣，完全是拜那一台台的投石器所賜，投石器在最高點，隨著「殺」的一聲！發射那一顆顆的「古代原子彈」，那強大的威力，使敵人死的死，逃的逃。轟隆轟隆的聲音下，不知多了多少「石下冤魂」，腦袋滿天飛，血染大草原，行成了一幅人間地獄的景象，就連遠隔幾千年的我，也可以感受到那恐怖的氣氛。有一天，我們全家前往火鍋店，準備大快朵頤一番，正當吃的高興之時，我突然發現對面的網咖那「世紀帝國」的海報，當然也有本科展的主角——台美輪美奐的投石器，正當我迷著的時候，我的手的拿起開罐器和「可口可樂」的曲線瓶，想開來解渴，但卻因注意力分散，用力過猛，頓時，一個瓶子蓋飛向我的腦袋，不偏不倚的正中目標，我反射性的的叫了一聲，但是腦海裡卻又出現了一個瘋狂的怪點子，「利用開瓶器的原理（槓桿原理），來製作投石器，並將他加以改造，找出射程最遠的投石器，來公諸於世」，回到了我那溫暖的小窩，拿起那 NOKIA3310，打了幾十通電話，傳送這神聖的消息，找到了對研究投石器有興趣的好朋友，大夥兒經過一番討論之後，決定要參加這次科展，並要完成這古代的原子弹----超上古兵器—投石器！

## 貳、研究目的

- 一、瞭解不同材質的投石器子彈（生鏽的鋼絲絨球、粉筆、小石頭、2 立方公分的數學積木、小螺絲釘、啤酒瓶蓋、樹葉等），對發射距離的關係。
- 二、瞭解不同構造的投石器（城堡型、基本三角體型、金字塔型、倒 T 字型、 $\angle$  字型、高腳形等），對發射距離遠近的影響。
- 三、探討投石器施力臂長短（3cm、6cm、9cm、12cm、15cm 等）對發射距離的影響。
- 四、探討投石器發射座的厚度（湯匙的數量）對發射距離的影響。
- 五、探討投石器發射桿的粗細（筷子的數量）對發射距離的影響。
- 六、探討橡皮筋拉力（橡皮筋的數量）發射距離的影響。

## 參、文獻探討

### 一、中國投石器的歷史：

投石器在春秋時代已經有使用，不過沒有清楚的文獻記載，已不可考，那時候名爲「炮」，再細分一點，分成炮車、單梢炮、雙梢炮、五梢炮、七梢炮、旋風炮、虎蹲炮、拄腹炮、獨角旋風炮、旋風車炮、臥車炮、車行炮、旋風五炮、合炮、火炮等，其功用也不同，有些適用來守城，有些則是在站場上大顯神威，有些則是專搞破壞。中國投石器的最早的詳細記載，是三國時代魏軍劉曄所發明，曹操用來對付袁紹的投石器。三國時代

劉曄和孔明對於投石器都有很大的造詣，自然是「攻城掠地，無往不利」。

## 二、西洋的投石器：

外國對於投石器也有使用，如法國，英國等歷史悠久之國，大多有投石器的痕跡。投石器出現於西元前十三世紀，是由小型投石器開始發展，拿於手上，可拿 2、3 個，但那時還只是輕武裝的兵士，所以只負責輔助的工作。

在歐、亞古代攻城武器中，還有弩炮和投射器兩種，它們都是利用動物筋繩索的彈性來發射的；弩炮，原理上就是很大的弓，是通過絞盤使喚粗動物筋繩索拉緊，從而將箭發射出去的，弩炮射出的箭在一百米距離內非常準確，弩炮也能把 25 公斤重的石彈射至 450 米遠，最早的弩炮出自希臘，後來每個古羅馬軍團都配有五十門弩炮，炮手在軍中享有特殊地位；投射器是比弩炮威力更大的一種武器，能把 78 公斤重的石彈準確地投至 300 米遠，它是利用杠桿將筋索拉緊，從而把放在桿頂端的石彈投射出去的；在希臘化時代，即從亞歷山大時期到羅馬帝國時期，投射器曾被大量使用，直到西羅馬時期還在使用。到公元三世紀，弩炮和投射器開始衰落，這是羅馬軍隊全面衰落的預兆。

在歐、亞古代戰場上，還可見到一種冷兵器----投擲武器，以下介紹投石器和標槍投擲器兩種：武器的發展是和技術的發展分不開的，從五十萬年前的猿人揮舞第一件武器(狼牙棒,獸角匕首或半頷骨刀)開始，到石器時代隨著磨石技術的發展而出現投石器和大型簡單弓為止，經歷了數十萬年，而後者距今也已有一萬

年了，投石器大約出現于公元前十世紀，它由兩條皮帶或亞麻帶和一個袋子連接而成，袋內裝有石彈，硬粘土彈或鉛彈，彈重 20~30 克左右，有時還重得多，投擲時，在頭頂之上用手旋轉投石器，選擇時機松脫其中一條皮帶，就可使石彈投擲出去，在一百多米距離內能打得很準；最出名的投石手要算巴利阿里群島的居民了，他們從童年起就參加投石訓練，他們的頭上一般能繞 2 個甚至 3 個投石器，最短的用于近距離快速投擲，最長的用于遠距離投擲。

標槍投擲器是和投石器同期出現的，由木柄或獸角柄做成，靠在標槍的末端，可把標槍投到一百來米遠，要比用手直接投時遠二、三倍。後來羅馬軍隊借助一種能增加推力的皮帶，使投擲距離還要遠；但投擲武器在歐、亞古代不太受重視，僅裝備于輕武裝步兵，只是重武裝步兵方陣的輔助部隊。

### 三、投石器之功用：

投石器在攻守城中往往扮演極重要的角色，因為大多數的兵器都是直射武器，只有投石器是拋射武器，可以越過障礙攻擊敵人，但這些炮本身缺乏防護，所以多半必須倚城而戰，否則連射都還沒射，就躺在地上看星星囉。

投石器也有射程記載，像單稍砲，射程為 78.25 公尺。投石器不只是攻城用，像羅馬人的貴族，就把投石器拿來遊戲，有點類似籃球，不過，投的進嗎？

### 四、投石器的發展：

在北宋時代，針對固定砲架和固定砲桿所延伸的移動和調整射擊方位問題，

也發展出了旋風砲和一些車型的投石器。旋風砲的支柱是單竿設計，可以旋轉調整射擊方位，而不必搬動砲架。這種投石器也受到北宋敵人西夏的注意；西夏人顯然寄望投石器能賦予機動性，來增加其野戰的使用性。有趣的是，西夏許多操縱砲車的軍士是漢人，這和明末時滿洲人利用漢人來操作火炮的情形相類。

投石器到了南宋已經發展成對重式(counterweight-powered engine)，原來的投石器需要許多人拉索，但改成對重式後，大部分拉的力量改由重物所取代，士兵可以先利用絞車將重物升起，裝上砲石後，只要釋放重物，就可以將砲石投出，這種方法除了大幅減少操作的人員，減少操作所需的空間外，對於投擲的準確度也大為提升，可以調整重物來控制射程，若是以人力拉擲則無法控制，而且人員必須訓練才能順利的投擲出砲石。南宋的守城戰中，宋軍能夠克敵致勝，這種對重式的襄陽砲居功厥偉。

由於砲車的發展日新月異，雙方同時用砲相互交戰的情形增加了，因此對於砲擊時可能受到的弓矢、砲石的攻擊均必須考慮防護設施，於砲石的防護也日益受到重視，據《宋史·兵志》所載，就有「護陣籬索」這種防禦設施。護陣籬索不但可以防火砲、火箭，還可以抵禦百鈞的砲石，用費又少，可以說是有效又經濟的設計。

南宋時，投石器已成對重型投石器，利用繩子拉起，可以減輕拉的重量，以節省人力。

投石器的構造原理及威力，使許多人驚訝，進而進入電腦遊戲界，只要有關

歐洲的歷史遊戲，大多有投石器的影子，如：AOCII（世紀帝國二）、危城之戰等。

## 五、運用槓桿原理的投石器

槓桿是一種簡單機械；一根結實的棍子（最好不會彎又非常輕），就能當作一根槓桿了。上圖中，方形代表重物、圓形代表支持點、箭頭代表用力點，這樣，你看出來了吧？(圖 1)中，在槓桿右邊向下用力，就可以把左方的重物抬起來了；在(圖 2)中，在槓桿右邊向上用力，也能把重物抬起來；在(圖 3)中，支點在左邊、重物在右邊，力點在中間，向上用力，也能把重物抬起來。

在(圖 1)中，支點在槓桿中間，物理學裡，把這類槓桿叫做第一種槓桿；(圖 2)是重點在中間，叫做第二種槓桿；(圖 3)是力點在中間，叫做第三種槓桿。

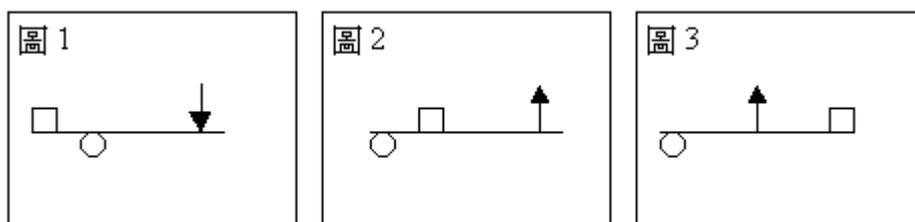
第一種槓桿例如：剪刀、釘鎚、拔釘器……這種槓桿可能省力可能費力，也可能既不省力也不費力。這要看力點和支點的距離(圖 1)：力點離支點愈遠則愈省力，愈近就愈費力；如果重點、力點距離支點一樣遠，就不省力也不費力，只是改變了用力的方向。

第二種槓桿例如：開瓶器、榨汁器、胡桃鉗……這種槓桿的力點一定比重點距離支點遠，所以永遠是省力的。

第三種槓桿例如：鑷子、烤肉夾子、筷子……這種槓桿的力點一定比重點距離支點近，所以永遠是費力的。

如果我們分別用花剪（刀刃比較短）和洋裁剪刀（刀刃比較長）來剪紙板，

花剪較省力但是費時；而洋裁剪則費力但是省時。



## 肆、研究設備器材

### 一、實驗器材的名詞定義

(一) 投石器：利用竹筷做成骨架、用橡皮筋接合，其上方加一條發射桿，利用橡皮筋固定後，一端綁上湯匙，作為發射座，另一端

則綁上橡皮筋，橡皮筋一端於發射桿，另一端則綁於骨

架上，此為投石器。

(二) 發射座：利用湯匙作成，為發射子彈的放置處，至於發射桿的一端，靠發射桿的牽動快速向前，將東西甩出。

(三) 發射桿：利用竹筷子作成，置於骨架的最上方，一端綁上發射座，另一端則綁上橡皮筋，利用固定的橡皮筋活動空間，和末端的橡皮筋拉力拉住，放開後受橡皮筋牽動快速向前，帶動上方的發射座將子彈甩出。

(四) 發射方法：用手將發射座那一端壓下，讓另一端橡皮筋擴張，將手放開，使發射桿猛烈向前晃動，進而射出子彈。

(五) 子彈：擺於發射座，靠發射座牽動而射出，簡單來說，就是發射出去的東西。

## 貳、實驗器材名稱及數量

(一) 竹筷子.....	7 包
(二) 橡皮筋.....	2 袋
(三) 湯匙.....	1 袋
(四) 生鏽的鋼絲絨球.....	1 顆
(五) 黃金榕樹葉.....	6 片
(六) 數學積木 (1 立方公分) .....	2 個
(七) 啤酒瓶蓋.....	1 個
(八) 小螺絲釘.....	1 個
(九) 粉筆.....	2 段
(十) 小石頭.....	1 顆
(十一) 大型捲尺.....	1 捲
(十二) 膠帶.....	1 捲

## 伍、研究過程或方法

### 一、實驗一：以不同材質為自變項，射程為依變項，測量發射距離遠近

#### (一) 實驗目的：

- 1.瞭解不同材質的投石器子彈（生鏽的鋼絲絨球、粉筆、小石頭、一立方公分的數學積木、小螺絲釘、啤酒瓶蓋、樹葉等），對發射距離的關係。

2.瞭解不同構造的投石器（城堡型、基本三角體型、金字塔型、倒 T 字型、  
〈字型、高腳形等），對發射距離遠近的影響。

（二）實驗方法：

- 1.以相同的投石器，不同的材質（生鏽的鋼絲絨球、粉筆、小石頭、二立方公分的數學積木、小螺絲釘、啤酒瓶蓋、樹葉等）的子彈，找出射程最遠。
- 2.以相同的材質的子彈，不同的形狀的投石器（城堡型、基本三角體型、金字塔型、倒 T 字型、〈字型、高腳形等），找出射程最遠的。
- 3.將六片樹葉捲成一捲，用膠帶包起來，像檳榔一樣，此為樹葉捲。

二、實驗二：以不同的施力臂距離長短（分別為 3 公分、6 公分、9 公分、12 公分、15 公分）為自變項，射程為依變項，測量發射距離遠近。

（一）實驗目的：探討投石器施力臂長短（3cm、6cm、9cm、12cm、15cm 等）對發射距離的影響。

（二）實驗方法：將施力臂與支點距離調成（3cm、6cm、9cm、12cm、15cm 等）

三、實驗三：以不同厚度的發射座（湯匙數分別為 1 個、2 個、3 個、4 個、5 個）為自變項，射程為依變項，測量發射距離遠近。

(一) 實驗目的：探討投石器發射座的厚度（湯匙的數量）對發射距離的影響。

(二) 實驗方法：增加發射座的厚度（湯匙數，有 1、2、3、4、5 個）。

**四、實驗四：以不同厚度的發射桿（筷子數分別為 1 個、2 個、3 個、4 個、5 個）為自變項，射程為依變項，測量發射距離遠近。**

(一) 實驗目的：探討投石器發射桿的粗細（筷子的數量）對發射距離的影響。

(二) 實驗方法：將發射桿加粗（筷子數，有 1 根、2 根、3 根、4 根、5 根）來試驗。

**五、實驗五：以不同拉力的橡皮筋（橡皮筋數分別為 1 條、2 條、3 條、4 條、5 條）為自變項，射程為依變項，測量發射距離遠近。**

(一) 實驗目的：探討橡皮筋拉力（橡皮筋的數量）發射距離的影響。

(二) 實驗方法：將投石器前面加強力量的橡皮筋數量增加至（1 條、2 條、3 條、4 條、5 條）

## 陸、研究結果

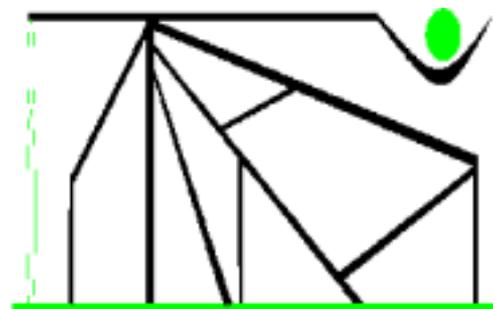
### 一、實驗一

(一) 以不同材質為自變項，射程為依變項，將實驗結果繪製成如下的表格：

#### 1. 城堡型

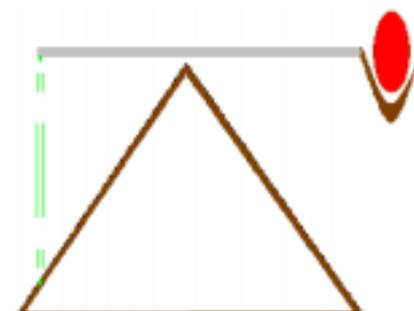
材質	射程（公分）
----	--------

生鏽的鋼絲絨球 (10g)	270 cm
粉筆兩段 (4.5g)	505 cm
小石頭 (12.5g)	200 cm
2 立方公分的積木 (2.5g)	583 cm
小螺絲釘 (8.5g)	320 cm
啤酒瓶蓋 (9g)	280 cm
樹葉捲 (3g)	520 cm



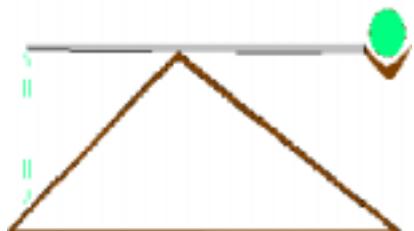
## 2.基本三角體型

材質	射程 (公分)
生鏽的鋼絲絨球 (10g)	105 cm
粉筆兩段 (4.5g)	252 cm
小石頭 (12.5g)	90 cm
2 立方公分的積木 (2.5g)	325 cm
小螺絲釘 (8.5g)	145 cm
啤酒瓶蓋 (9g)	115 cm
樹葉捲 (3g)	282 cm



## 3.金字塔型

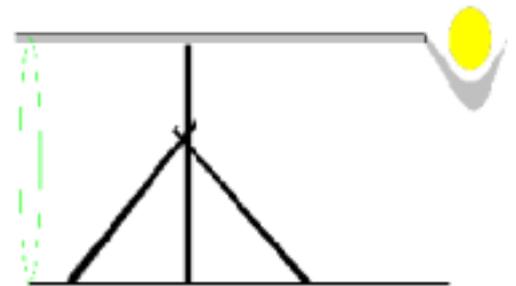
材質	射程 (公分)
生鏽的鋼絲絨球 (10g)	202
粉筆兩段 (4.5g)	370
小石頭 (12.5g)	160



2 立方公分的積木 (2.5g)	642
小螺絲釘 (8.5g)	220
啤酒瓶蓋 (9g)	212
樹葉捲 (3g)	440

#### 4.倒 T 字型

材質	射程 (公分)
生鏽的鋼絲絨球 (10g)	480
粉筆兩段 (4.5g)	610
小石頭 (12.5g)	390
2 立方公分的積木 (2.5g)	690
小螺絲釘 (8.5g)	605
啤酒瓶蓋 (9g)	530
樹葉捲 (3g)	670



#### 5. < 字型

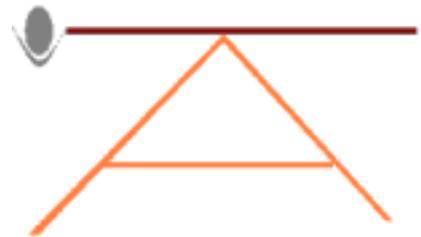
材質	射程 (公分)
生鏽的鋼絲絨球 (10g)	185
粉筆兩段 (4.5g)	135
小石頭 (12.5g)	63
2 立方公分的積木 (2.5g)	238



小螺絲釘 (8.5g)	110
啤酒瓶蓋 (9g)	75
樹葉捲 (3g)	155 cm

### 6.高腳形

材質	射程 (公分)
生鏽的鋼絲絨球 (10g)	175 cm
粉筆兩段 (4.5g)	280 cm
小石頭 (12.5g)	100 cm
2 立方公分的積木 (2.5g)	556 cm
小螺絲釘 (8.5g)	205 cm
啤酒瓶蓋 (9g)	190 cm
樹葉捲 (3g)	350 cm



## (二) 實驗結果

1.投石器實驗結果為：倒 T 字型 > 城堡型 > 高腳型 > 金字塔型 > 基本三角體  
型 > < 字型。

2.子彈實驗結果為：2 立方公分的積木 > 樹葉捲 > 粉筆兩段 > 小螺絲釘 > 啤  
酒瓶蓋 > 鋼絲絨球 > 小石頭。

## 二、實驗二

(一) 以不同的施力臂距離長短 (分別為 3 公分、6 公分、9 公分、12 公分、15

公分) 為自變項，射程為依變項，將實驗結果繪製成如下的表格：

1.城堡型

施力點至支點的距離	射程 (公分)
3cm	243 cm
6 cm	352 cm
9 cm	483 cm
12 cm	520 cm
15 cm	<b>750 cm</b>

2.基本三角體型

施力點至支點的距離	射程 (公分)
3 cm	56 cm
6 cm	106 cm
9 cm	230 cm
12 cm	510 cm
15 cm	768 cm

3.金字塔型

施力點至支點的距離	射程 (公分)
3 cm	295 cm
6 cm	517 cm
9 cm	665 cm
12 cm	-12 cm

15 cm	-17 cm
-------	--------

#### 4.倒 T 字型

施力點至支點的距離	射程（公分）
3 cm	110 cm
6 cm	315 cm
9 cm	463 cm
12 cm	520 cm
15 cm	-15 cm

#### 5.< 字型

施力點至支點的距離	射程（公分）
3 cm	152 cm
6 cm	321 cm
9 cm	411 cm
12 cm	435 cm
15 cm	-5 cm

#### 6.高腳形

施力點至支點的距離	射程（公分）
3 cm	140 cm
6 cm	290 cm
9 cm	490 cm
12 cm	520 cm

15 cm	-9 cm
-------	-------

## (二) 實驗結果

- 1.發射距離長短依序為施力臂  $15\text{cm} > 12\text{cm} > 9\text{cm} > 6\text{cm} > 3\text{cm}$ 。
- 2.施力臂與支點之間越長，射程就越遠，但太長很容易卡到，所以常出現負數。

## 三、實驗三：

- (一) 以不同厚度的發射座（湯匙數分別為 1 個、2 個、3 個、4 個、5 個）為自變項，射程為依變項，將實驗結果繪製成如下的表格：

### 1.城堡型

厚度（湯匙數）	射程（公分）
1	406 cm
2	301 cm
3	225 cm
4	230 cm
5	110 cm

### 2.基本三角體型

厚度（湯匙數）	射程（公分）
1	352 cm
2	331 cm
3	208 cm

4	210 cm
5	155 cm

### 3.金字塔型

厚度（湯匙數）	射程（公分）
1	419 cm
2	381 cm
3	195 cm
4	211 cm
5	165 cm

### 4.倒T字型

厚度（湯匙數）	射程（公分）
1	513 cm
2	464 cm
3	310 cm
4	305 cm
5	265 cm

### 5.<字型

厚度（湯匙數）	射程（公分）
1	153 cm
2	94 cm
3	75 cm

4	85 cm
5	63 cm

#### 6.高腳形

厚度（湯匙數）	射程（公分）
1	113 cm
2	94 cm
3	88 cm
4	93 cm
5	55 cm

### （二）實驗結果

- 1.發射距離遠近依序為湯匙數 1 個 > 2 個 > 4 個 > 3 個 > 5 個。
- 2.發射座越薄（湯匙數越少），所發射的距離越遠，而 3 和 4 個湯匙數因厚度相差接近，所以發射距離相差很小。

### 四、實驗四

（一）以不同厚度的發射桿（筷子數分別為 1 個、2 個、3 個、4 個、5 個）為

自變項，射程為依變項，將實驗結果繪製成如下的表格：

#### 1.城堡型

發射桿厚度（筷子數）	射程（公分）

1	613 cm
2	561 cm
3	167 cm
4	230 cm
5	132 cm

## 2.基本三角體型

發射桿厚度（筷子數）	射程（公分）
1	694 cm
2	631 cm
3	431 cm
4	570 cm
5	375 cm

## 3.金字塔型

發射桿厚度（筷子數）	射程（公分）
1	637 cm
2	564 cm
3	324 cm
4	430 cm
5	261 cm

## 4.倒T字型

發射桿厚度（筷子數）	射程（公分）
1	739 cm
2	581 cm
3	333 cm
4	511 cm
5	311 cm

### 5. <字型

發射桿厚度（筷子數）	射程（公分）
1	341 cm
2	213 cm
3	136 cm
4	191 cm
5	118 cm

### 6.高腳形

發射桿厚度（筷子數）	射程（公分）
1	431 cm
2	367 cm
3	144 cm
4	228 cm
5	112 cm

## (二) 實驗結果

- 1.發射距離長短依序爲：筷子數 1 根 > 2 根 > 4 根 > 3 根 > 5 根。
- 2.發射桿的粗細越細越遠。

## 五、實驗五

(一) 以不同拉力的橡皮筋（橡皮筋數分別爲 1 條、2 條、3 條、4 條、5 條）

爲自變項，射程爲依變項，將實驗結果繪製成如下的表格：

### 1.城堡型

橡皮筋數	射程（公分）
1	361 cm
2	451 cm
3	512 cm
4	531 cm
5	661 cm

### 2.基本三角體型

橡皮筋數	射程（公分）
1	331 cm
2	361 cm
3	411 cm
4	571 cm

5	629 cm
---	--------

### 3.金字塔型

橡皮筋數	射程（公分）
1	291 cm
2	394 cm
3	449 cm
4	511 cm
5	575 cm

### 4.倒T字型

橡皮筋數	射程（公分）
1	131 cm
2	253 cm
3	336 cm
4	421 cm
5	516 cm

### 5.<字型

橡皮筋數	射程（公分）
1	115 cm
2	136 cm
3	211 cm
4	249 cm

5	391 cm
---	--------

## 6.高腳形

橡皮筋數	射程（公分）
1	131 cm
2	211 cm
3	391 cm
4	514 cm
5	731 cm

## （二）實驗結果

- 1.發射距離遠近依序為：橡皮筋 5 條 > 4 條 > 3 條 > 2 條 > 1 條
- 2.橡皮筋越多條，拉力越大，發射的距離越遠。

## 柒、討論

- 一、實驗一結果為倒 T 字型 > 城堡型 > 高腳型 > 金字塔型 > 基本三角體型 > < 字型，倒 T 字型和城堡型最高，發射桿最長，射程自然最遠。高腳型的機體滿穩的，所以第三遠，再來是跟高腳穩定度差不多的金字塔型，雖然穩定度差不多，但是機體較低，所以射程較短，至於基本三角體型，穩定度適中，沒什麼特殊的，因此淪落至第五名，< 字型的拉力較小，所以最後。

- 二、實驗一結果子彈實驗結果為 2 立方公分的積木 > 樹葉捲 > 粉筆兩段 > 小螺絲釘 > 啤酒瓶蓋 > 鋼絲絨球 > 小石頭，本實驗中實驗出來的結果就是輕的比較遠，所以有這種數據出來。
- 三、發射距離長短依序為施力臂 15cm > 12cm > 9cm > 6cm > 3cm，可以明顯的看出，施力臂與支點距離越長越好，射程就越遠，正好符合槓桿原理。
- 四、發射座的厚度實驗結果為湯匙數 1 個 > 2 個 > 4 個 > 3 個 > 5 個，因為發射座越薄，越有活動空間，彈力越好，就射的越遠。
- 五、投石器發射桿粗細（筷子數的多寡）對射程遠近的實驗結果依序為筷子數 1 根 > 2 根 > 4 根 > 3 根 > 5 根，因為越細對發射座的密合度越緊，越粗對發射座的密合度越鬆，所以發射桿越細，發射的距離越遠。
- 六、增強拉力的橡皮筋實驗結果為橡皮筋 5 條 > 4 條 > 3 條 > 2 條 > 1 條，因為橡皮筋數越多，拉力越大，所以射的距離越長；橡皮筋數越少，拉力越小，所以射的距離越短。

## 捌、結論與心得

### 一、結論

- (一) 目前已知的投石器中，以倒 T 字形射程最為優良。
- (二) 目前有的子彈中，為最輕的 2 立方數學積木射的最遠。
- (三) 目前已知子彈中，最穩的是粉筆 2 段和鋼絲絨球，加上粉筆 2 段又遠，

所以大部分的實驗都已粉筆 2 段最爲子彈。

(四) 當施力臂與支點之距離越長，射程就越遠。

(五) 當施力臂與支點之距離過長或過短，容易卡到骨架，造成負數或射不出去的大元兇。

(六) 加發射座的厚度會使射程減少，但太厚的話也會有突發狀況。

(七) 加粗發射桿，和發射座的密合度變鬆了，會使射程減少，而且很容易卡到，影響發射的遠近。

(八) 將增強力量的橡皮筋數量增多，相對的拉力也增強，所以射的距離也越遠；橡皮筋數量減少，相對的拉力也減小，所以射的距離也越短。

## 二、心得：

平常，我常在家裡自己組一些東西，模型更是我的最愛，除了電腦遊戲以外，他就是我唯一會犧牲零用錢買的東西，每當我組著組著的時候，我腦海裡常在想：「要是能自己組一架東西，那該有多好啊」，尤其是看那一本本的三國志漫畫版的時候，那一台台的投石器，更是令我如癡如醉，但又不知如何著手。直到火鍋店的遭遇後，我便全部明瞭了。

經過了火鍋店的經歷後，有一天，我在家裡看三國志，當時我的腦袋特別的清楚，我便決定要參加這次科展，於是到學校找對投石器研究志同道合的朋友，但令我驚訝的是，這個實驗受到的迴響之大，令我一下就找好了隊員，這，令我更下決心要做好這個實驗。

第一次，我們去漫畫王做，成功的做出了基本三角體型和金字塔型，在古亭二校的試射也非常成功，這對初生之犢的我們，就像吃了一顆定心丸，令我們士氣大增，決定要拿下一個大特優。

每天早上和午間，我們都空出時間來做科展、寫著科展筆記，在別人眼中看起來很煩的事，對我們來說，竟是如此的美妙，看那一台台的自己的心血，看著看著，心情也會變好，因為畢竟是自己做的東西啊！

隨著時間一滴一秒的過去，我們又研發出來了高腳型、城堡型、倒 T 字型，但是，最大的發展，是く字型的出現，它獨特的發射方法，令許多人驚訝，也難怪，這是一種脫離俗套的投石器嘛！

當我們知道將要代表學校出去參加北市科展比賽之時，真是高興極了，辛勞的汗水終於有了收穫，於是我們又擬定了一份新的作戰計劃，決定要好好努力，為校爭光。

新的作戰計劃，果真比校內的難多了，但皇天不負苦心人，我們憑著一股不屈不撓的精神，終於做出成品來了，雖然遇到了許多的困難，但，學習的路還很長，不能因為一點小挫折就放棄，我們憑著這句話，完成了許多不可能的任務，在當中的過程，精采到可以寫一本比哈利波特還著名的小說。

投石器真的是很好玩的一種運用槓桿原理的機械，但願它能在我們的手下發揚光大，所以讓我們一起來完成這古代的原子弹—超上古兵器---投石器。

## 玖、參考資料及其他

### 一、參考資料

- (一) 三國志的世界 <http://welcome.to/3kingdoms>
- (二) 三國風雲 <http://www7.waei.net/wgs/dynasty/default-2/default-3.htm>。
- (三) 三國志專區<http://home.pchome.com.tw/computer/su401/>
- (四) 六上自然科教科書康軒版（民 90）。第四單元生活中的工具。台北：  
康軒。
- (五) 守城術<http://www.contest.edu.tw/87/endshow/1/66/defence-g02.html>。
- (六) 弩炮、投射器和投擲武器<http://www.lucifer.hoolan.org/swods/books/wat.htm>。
- (七) 國外的投石器  
<http://www.eurotravel.idv.tw/photo/f/Les%20Baux/Les%20Baux1.html>
- (八) 槓桿原理  
[http://content.edu.tw/primary/nature/ph\\_hs/phnature/addon/physical/power1.htm](http://content.edu.tw/primary/nature/ph_hs/phnature/addon/physical/power1.htm)
- (九) 橫山光輝（民 83）。三國志漫畫版第六十冊 189~240 頁。台北：小禾  
文化出版社。

### 二、其他

- (一) 我們在學校製作投石器、寫科展筆記、共同討論、一起實驗及修正研  
發的情形（如附件的圖片）

(二) 我們的科展筆記，真的好感謝老師的用心指導，讓我們的科展能順利完成。