

隊名：
東華 602-無敵射手

篇名：
無敵射手~探討投石器投射角度對射程的影響

投稿類別：自然科學類

作者：
1. 東華附小-六年孝班-石謙信
2. 東華附小-六年愛班-林廷偉
3. 東華附小-六年孝班-王琛博
4. 東華附小-六年孝班-黃柏軒

指導老師：
周子宇老師

壹、前言

一、研究動機

在古代，許多國家在蓋城堡時，都會為了避免敵方直接攻下城池，並蓋起高高的城牆。也因為此原因無法使用近戰武器，而發明許多遠距離攻城武器。例如：攻城車、弓、弩、連弩車、轉射機等。但殺傷力最高的就是投石器，他不僅在歷史上創下功臣。例如：官渡之戰，在官渡之戰中，曹操利用投石器，打贏了袁紹，並一舉成名。

但投石器有很多種，他是從何而來？而投石器的投射角度怎樣能投到最遠？這都是值得探討的問題。

二、研究問題

1. 了解投石器歷史
2. 比較不同種類的投石器
3. 完成實驗用投石器的原形
4. 探討投石器發射角度是否會影響投射距離，並改良。

貳、正文

一、歷史

我們在製作投石器前，要先了解投石器在歷史上有沒有出現，當時他的威力是否很強，是否有打贏過任何一場戰爭，並了解投石器的演變。

表一：投石機的歷史

時間	主要人物	事件
12 世紀初	蒙古	投石器首次在蒙古出現，當時名為回回砲。主要是防禦武器
1271~1274 年	波斯 蒙古	回回砲經過許多測試，終於試射成功。並攻破宋國苦守 6 年的城池。一舉成名
14 世紀中期	蒙古	因改良多次，且贏過許多場爭，已經成為威力強大的武器。

二、種類

1. 扭力投石機，又稱石弩（發射石彈的弩）、彈射器、弩砲：從弓發展而來，在古希臘、古羅馬時即在使用，以絞繩的扭力來發射彈體。彈射杆平時是直立的，杆的頂端是裝彈丸的「勺子」或皮彈袋，杆的下端插在一根扭絞得很緊的水平繩索里。彈射時，先用絞盤將彈射杆拉至接近水平的位置，在「勺子」或皮彈袋裡放進彈丸。鬆開絞盤繩索時，彈射杆恢復到垂直位置將彈丸射出。而「野驢」這種投石機發射時很像驢子在踢腿，所以才稱為「野驢」。
2. 投射機，又稱射箭機、弩砲、扭力弩砲：在古希臘羅馬時即在使用，是一種有類似弩的外觀的扭力投石機，以絞繩的扭力（而不以「弓身」的彈力）來發射箭彈，有兩個扭力裝置，除了發射大型箭也可以發射石彈。
3. 床弩，又稱牀弩、牀子弩、床子弩、弩砲：是大型化的弩，通常一弩上有多個弓身，以弓身的彈力來發射箭彈
4. 人力拋石機，又稱牽引拋石機、砲：是直接利用人力的投石機，最早出現於公元前。

表二：投石機種類介紹

種類	扭力投石機	投射機	床弩	人力拋石機
起源	古希臘羅馬	古希臘羅馬	戰國時代	戰國時期
優點	鬆開絞盤繩索時，彈射杆恢復到垂直位置將彈丸射出。	除了發射大型箭也可以發射石彈。	是大型化的弩	宋朝在攻滅南唐時使用了「火炮」。這是一種使用可燃燒彈丸的投石機。
缺點	以絞繩的扭力來發射彈體	不以「弓身」的彈力	通常一弩上有多個弓身	需 250 人施放
特徵	從弓發展而來	有兩個扭力裝置	是大型化的弩	是用人力在遠離投石器的地方一齊牽拉連在橫杆上的梢

三、實驗前置工作

透過以上表發現結構簡單，而且原理也簡單的投石器種類就是扭力拋石機，所以我們決定我們用來做實驗的投石器種類就是扭力拋石機

製作步驟：

- (1)上網查資料
- (2)用科技型樂高拼出雛型



圖一：科技型樂高

- (3)並製作放彈珠的位子



圖二：放彈珠的位子

- (4)增加重量，避免飛出去



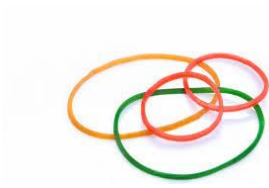
圖三：固定用石頭

- (5)固定放彈珠的位子



圖四：用兩個卡榫固定放彈珠的位子

- (6)綁橡皮筋



圖五：橡皮筋

2. 準備材料

- (1)投石器
- (2)白紙
- (3)捲尺
- (4)橡皮筋
- (5)彈珠
- (6)調色盤
- (7)水彩

四、實驗過程

1. 將彈珠塗上黑色顏料，並將彈珠放入投石器中
2. 把投石器的前端角度調到零度，並發射
3. 以第一著地點為一次的發射紀錄
4. 重複以上角度與步驟，更換橡皮筋，每一條測試兩次，更換三條共測試六次(以免彈性疲乏)
5. 每做到六次，改變投石器的角度，繼續測(0度~90度各六次)
6. 全部的角度都測量完後，統整成表格，算出平均值



圖六：投石器



圖七：做實驗中...

五、實驗結果

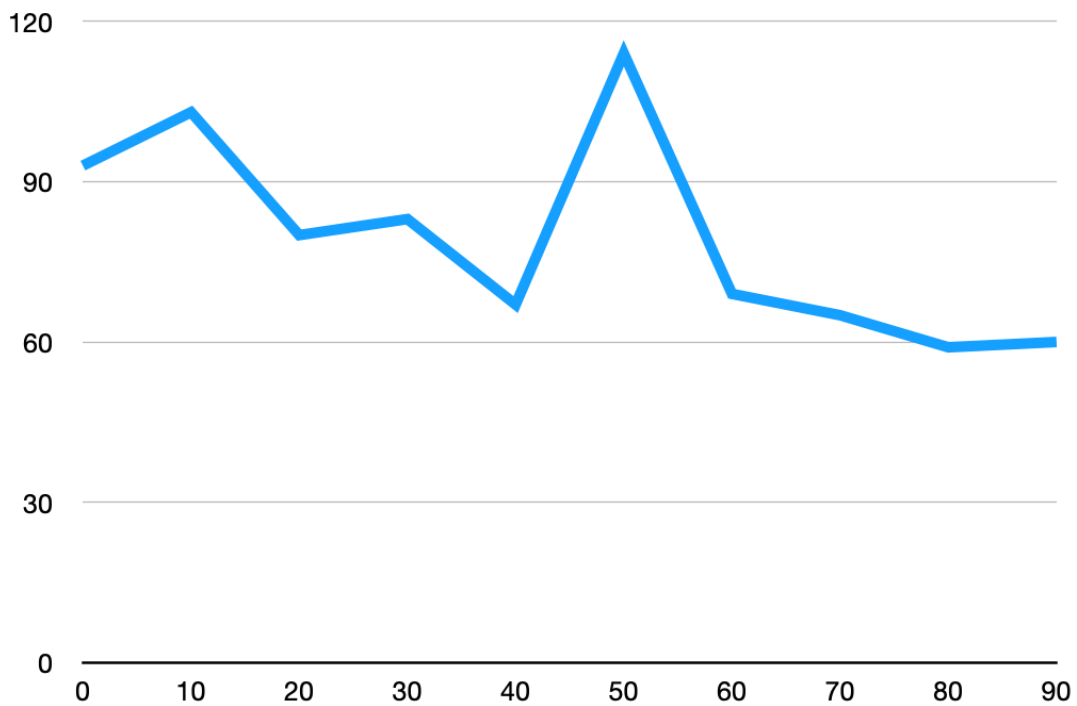
表三：實驗結果

	0 度	10 度	20 度	30 度	40 度	50 度	60 度	70 度	80 度	90 度
第 1 次	55	104	0	110	41	122	132	62	75	63.5
第 2 次	64.5	107	122	82	60	143	99	13.5	65	63
第 3 次	110.5	107	50	84	88	85	0	82.5	48	67
第 4 次	105	76	93	119	71	100	36	112.5	66	40

第 5 次	121	118	138	83	68	126	94	51	76	65
第 6 次	106	109	81	52	75	109	53	74	40	66
平均	93.6	103.5	80.6	88.3	67.1	114.1	69	65.9	61.6	60.7

(單位：cm)

表四：平均值的變動折線圖



六、實驗發現

1. 我們製作的投石器種類是扭力投石機
2. 投射角度 50 度是平均投最遠的
3. 如果投射角度是 90 度數據會是最平均的也是投射距離最近的
4. 我們發現投石器在發射時前投會往前甩

5. 用錄影的方法很難知道結果，因為它只彈一下而已，而且沒有明確的記號
6. 但是用水彩紀錄的方法顏料會亂濺，使桌子髒掉
7. 在發射後調整投射距離的卡榫會改變角度
8. 如果連續設太多次橡皮筋會彈性疲乏導致數據不穩定

參、結論

一、實驗結果

1. 投石器發源於蒙古，於 14 世紀達到最巔峰(攻擊的威力)
2. 我們製作的投石器，投射角度 50 度時發射平均最遠
3. 發射到最後橡皮筋會失去彈性，每發射 2 次，就應該換一條橡皮筋，彈性才不會流失。
4. 標誌距離所用的顏料要一直更換，才不會混淆
5. 我們發現在實驗時，數據非常不穩定，因為可能是因為橡皮筋彈性疲乏的關係，所以有些數據跳動太大。
6. 用錄影的方法無法看出準確位置，所以我們改成用顏料紀錄距離。
7. 用顏料紀錄距離，雖然比較準確，但是會弄髒桌球桌，有很多痕跡。

二、實驗建議

1. 第一種方法(用錄下來的)，但因為距離不明確，所以我們換了一個方法。
2. 因為顏料會濺出來，所以我們在旁邊放抹布
3. 因為發射時，投石器會移動很多，所以要固定它(壓住)

肆、參考資料

百度百科(2021)。拋石機

<https://baike.baidu.com/item/%E6%8A%9B%E7%9F%B3%E6%9C%BA/7613396>

每日投條(2021)。冷兵器時代的大炮：投石機

<https://kknews.cc/zh-tw/history/kbyp3q.html>

華人百科(2021)。投石機

<https://www.itsfun.com.tw/%E6%8A%95%E7%9F%B3%E6%A9%9F/wiki-8415636-7491516>

人間福報(2021)。【動手玩科學】古代「投石器」原理與製作(上)

<https://www.merit-times.com/newspage.aspx?unid=144051>

小行星樂樂 TV(2020)科學小實驗 誰的「投石器」可以投最遠呢？

<https://www.youtube.com/watch?v=565vTtdspdA>

LIS 情境科學教材(2020)。破解！「魔戒甘道夫」の中世紀最強投石器(槓桿原理)
【LIS 英雄挑戰】

https://www.youtube.com/watch?v=60M_yEzedq4&feature=youtu.be

寶島庫(2021)。投石機在古代戰爭中使用威力如何

<https://www.baodao.cool/infos/413900.html>

科學遊戲實驗室(2021)。投石器

<http://scigame.ntcu.edu.tw/engine/engine-005.html>

李家銘、林宗慶、宋柏輝、蔡鎧鴻(2002)。超上古兵器投石器之研究

<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=650>

(1) 一位作者的著作：

劉京(2018)。歷史學。中華出版社

- (2) 二位作者的著作：
張詠翔(2013)。社會科學。楓書房出版社
- (3) 三位作者的著作：
阿希姆·克朗(2016)。北京美術攝影出版社
- (4) 四位作者的著作：
羅伯·比提(2021)。科學。碁峰出版社
- (5) 五位作者的著作：
克莉絲汀娜·赫克特·舒爾(2020)。科學。和平國際出版社
- (6) 六位作者的著作：
蔡宜坦(2017)。科技學。旗標科技股份有限公司
- (7) 七位作者的著作：
克里斯·麥克納布(2021)。歷史學。楓樹林出版事業有限公司
- (8) 八位作者的著作：
強·奧斯丁(2018)。日常科學。楓樹林出版社
- (9) 九位作者的著作：
強·奧斯丁(2018)。日常科學。楓樹林出版社
- (10) 十位作者的著作：
兒童的科學編輯部(2019)。日常科學。正文出版社