

題目：引而不發-鄒族童玩竹槍原理探究

摘要

壹、研究動機：

在學校的民族課程中老師有教我們製作鄒族傳統的竹槍，老師說以前沒有電視、手機，玩具都要自己製作。後來我們分別使用自己做的竹槍和老師做的竹槍後發現，老師做的竹槍比較好操作，而且石頭可以飛得比較遠，這讓我們覺得很好奇，所以決定討論這個題目。

貳、研究目的：

- 一、文獻探討。
- 二、不同長度的竹片與彈珠飛行距離的關係。
- 三、不同寬度的竹片與彈珠飛行距離的關係。
- 四、不同厚度的竹片與彈珠飛行距離的關係。
- 五、竹片正反向安裝與彈珠飛行距離的關係。
- 六、竹片上的竹節位置不同與彈珠飛行距離的關係。
- 七、竹槍上切口長度與彈珠飛行距離的關係。
- 八、竹子管徑大小與射擊準度的關係。
- 九、竹槍前端長短與射擊準度的關係。

參、研究設備與器材：

竹片、竹子、彈珠、皮尺、相機、發射台、紙、筆

肆、研究過程：

一、文獻探討：

我們在開始研究前先尋找有關鄒族傳統童玩與竹片彈力的資料，分述如下：

- (一) 根據浦忠勇「台灣鄒族生活智慧」(1997)中的記載傳統鄒族童玩有箭 竹槍 (Ploko)、桂竹槍 (Pliki)、竹製響片 (Euvuvu)及巴櫟陀螺 (Akuyucu)。(嘉義縣立中埔國民中學,《教育部 95 年度中小學科學教育計畫專案期中報告》,頁1。)
- (二) 以「竹管彈射槍」為例,槍身以中型之竹竿截管而成,另以一竹片烤彎後裝在槍身之上,這是利用竹片被壓後的彈力作為發射之能源。
(http://edu.ocac.gov.tw/local/taiwan_toy/toy_1_3_c.htm)
- (三) 德高國小原民中心老師湯懷德:「從桂竹做出來的,鄒族的小朋友都會把樹果放在這個裡面,利用這個竹片彈射彈射出去,所以呢,槍戰遊戲不是都會區小朋友的專利,鄒族幾百年來小朋友都在玩這個東西。」原理是彈力位能的儲存與釋放,⋯;而竹彈簧槍的彈性物體就是竹片,當彎曲的程度越大,儲存的位能也越大,轉換後的動能也會越大。(http://news.tvbs.com.tw/life/697462)

二、不同長度的竹片與彈珠飛行距離的關係。

(一) 實驗器材說明：

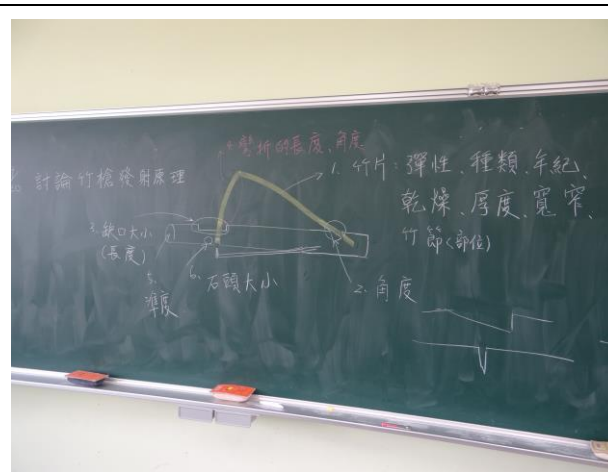
我們從學校的民族資源教室裡拿出 5 支傳統竹槍並測量切口及竹片的長度，之後把測到的數據平均，我們得到以下的資料：

項目 平均長度	彈射用的竹片	竹槍的竹管	竹槍彈射區的切口長度	竹管內口徑直徑
公分	65.1 公分	63.8 公分	7.84 公分	3.28 公分

後來我們就從中間選一支最接近平均值的竹槍來做實驗器材。



我們操作傳統竹槍



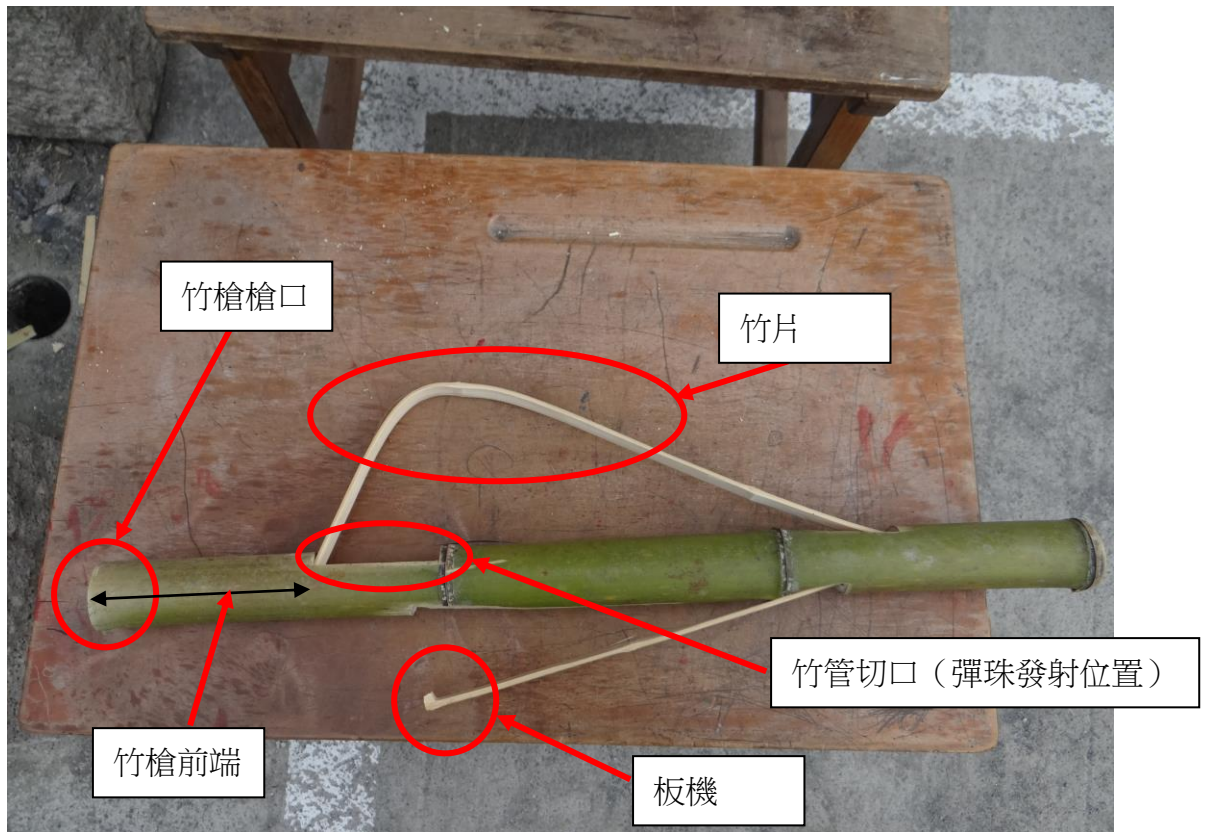
討論要實驗的方向



請部落耆老教我們使用竹槍



測量竹槍各個部位並記錄下來



《傳統竹槍的各部位說明》

(二) 實驗步驟：

1. 我們準備 50 公分、60 公分、70 公分的竹片。
2. 將用來發射的竹槍固定在木板上。
3. 請同學將竹片裝在竹槍上，在發射口放入一顆彈珠。
4. 扣下板機，並測量彈珠飛行的距離，每支竹片都操作 10 次。
5. 50 公分的竹片測量後依序再測量 60 公分、70 公分，每種長度都做 10 支竹片。

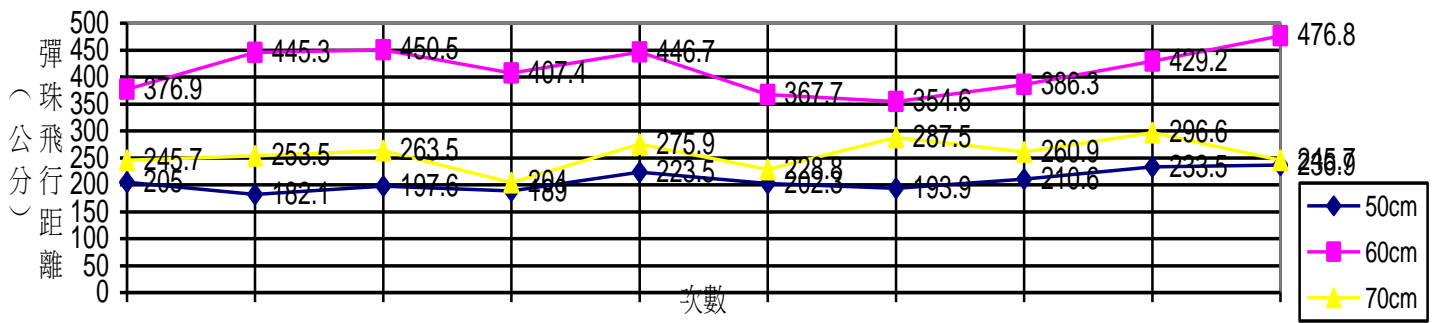
(三) 實驗結果：

1. 50 公分長的竹片彈珠飛行距離最短，平均為 207.4 公分。
2. 60 公分長的竹片彈珠飛行距離最遠，平均為 414.2 公分。
3. 長度最長的並沒有產生最遠的飛行距離。

表一：不同長度的竹片，彈珠的飛行距離（公分）

竹片編號 竹片長度	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平均距離
50cm	205.0	182.1	197.6	189.0	223.5	202.3	193.9	210.6	233.5	236.9	207.4
60cm	376.9	445.3	450.5	407.4	446.7	367.7	354.6	386.3	429.2	476.8	414.2
70cm	245.7	253.5	263.5	204.0	275.9	228.8	287.5	260.9	296.6	245.7	256.2

圖一：不同長度的竹片，彈珠的飛行距離（公分）



量好長度後切下我們要的竹片



分工合作，有人記錄、有人發射



將射擊後的竹片編號保留下來



三種不同長度的竹片

三、不同寬度的竹片與彈珠飛行距離的關係。

(一) 實驗步驟：

1. 我們準備長度 60cm，寬度分別為 1.8cm、1cm、0.5cm 的竹片。
2. 將竹槍槍管固定在發射台上。
3. 把寬 1.8cm 的竹片架在槍管上，之後放入彈珠。
4. 請一位同學負責扣下板機，另一位同學測量彈珠飛行的距離。

5. 每一支寬 1.8cm 的竹片都施作 10 次，等 10 支相同寬度的竹片都測量後再換另一種不同寬度的竹片測量 10 次。

6. 記下每次彈珠的飛行距離並製成表格。

(二) 實驗結果：

1. 寬度 0.5 公分的竹片彈珠飛行距離最短，平均為 119.5 公分。

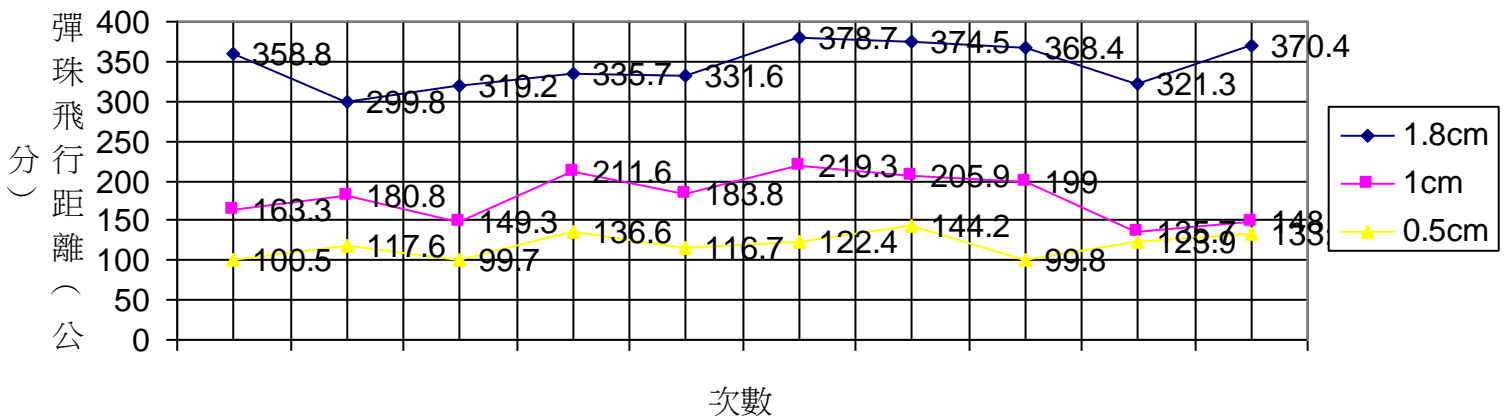
2. 寬度 1.8 公分的竹片彈珠飛行距離最遠，平均為 345.8 公分。

3. 越寬的竹片彈珠飛行的距離也越遠。

表二：不同寬度的竹片，彈珠的飛行距離（公分）

竹片編號 竹片寬度	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平均距離
1.8cm	358.8	299.8	319.2	335.7	331.6	378.7	374.5	368.4	321.3	370.4	345.8
1cm	163.3	180.8	149.3	211.6	183.8	219.3	205.9	199.0	135.7	148.4	179.7
0.5cm	100.5	117.6	99.7	136.6	116.7	122.4	144.2	99.8	123.9	133.1	119.5

圖二：不同寬度的竹片，彈珠的飛行距離（公分）



三種不同寬度的竹片



實驗時的情形

四、不同厚度的竹片與彈珠飛行距離的關係。

(一) 實驗步驟：

1. 我們準備長度 60cm、寬度 1.8cm，厚度分別為 0.2cm、0.3cm、0.5cm 的竹片各 8 支。
2. 將竹槍槍管固定在發射台上。
3. 把厚度 0.5cm 的竹片架在槍管上，之後放入彈珠。
4. 請一位同學負責扣下板機，另一位同學測量彈珠飛行的距離。
5. 每一支寬 0.5cm 的竹片都施作 10 次，等 8 支相同厚度的竹片都測量後再換另一種不同厚度的竹片並測量 10 次。
6. 記下每次彈珠的飛行距離並製成表格。

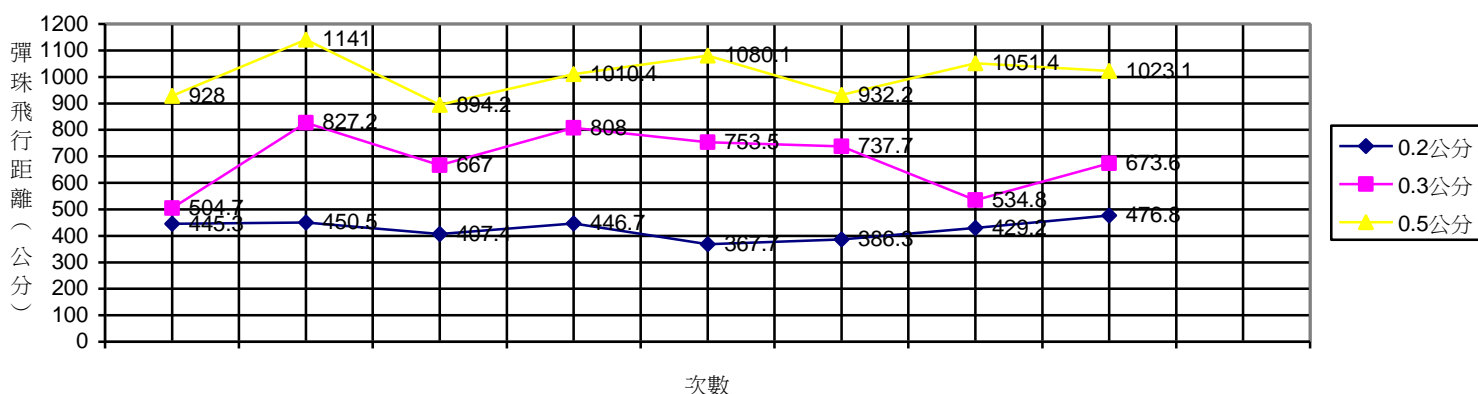
(二) 實驗結果：

1. 0.2 公分厚的竹片彈珠飛行的距離最短，平均為 426.2 公分。
2. 0.5 公分厚的竹片彈珠飛行的距離最遠，平均為 1007.6 公分。
3. 越厚的竹片，彈珠飛行的距離越遠，但是很難彎折。

表三：不同厚度的竹片，彈珠飛行的距離（公分）

竹片 編號 竹片 厚度	01	02	03	04	05	06	07	08	平均飛 行距離
0.2cm	445.3	450.5	407.4	446.7	367.7	386.3	429.2	476.8	426.2
0.3cm	504.7	827.2	667.0	808.0	753.5	737.7	534.8	673.6	688.3
0.5cm	928.0	1141	894.2	1010.4	1080.1	932.2	1051.4	1023.1	1007.6

圖三：不同厚度的竹片，彈珠飛行的距離（公分）

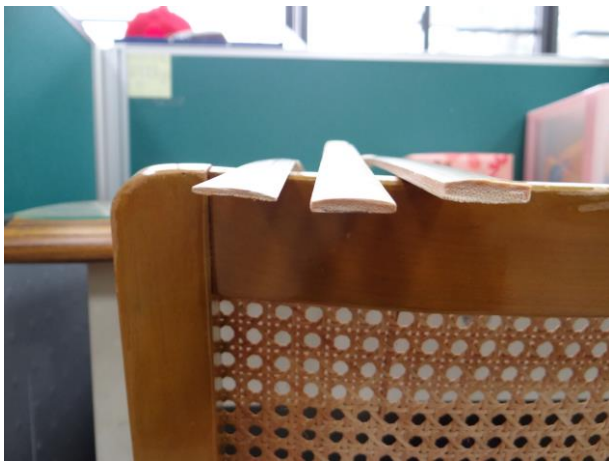




0.5 公分的竹片需要老師幫忙彎折



需要三個男生才能把竹片固定在發射孔中



三種不同厚度的竹片



彈珠打在磚頭上會產生白色斑點，我們依這個白點來記錄飛行距離

五、竹片正反向安裝與彈珠飛行距離的關係。

我們想要知道竹片的表皮朝向外面或面向裡面對彈珠飛行距離有什麼影響，所以設計了這個實驗。

(一) 實驗步驟：

1. 我們準備 10 支長 60cm、寬 1.8cm、厚 0.2cm 的竹片。
2. 先把竹片的表皮朝外架設，之後放入彈珠。
3. 請一位同學負責扣下板機，另一位同學測量彈珠飛行的距離。
4. 等正向的竹片測量完後，再把竹片表皮朝內架設（反向），之後再將彈珠射出。
5. 將結果記錄在表格中。

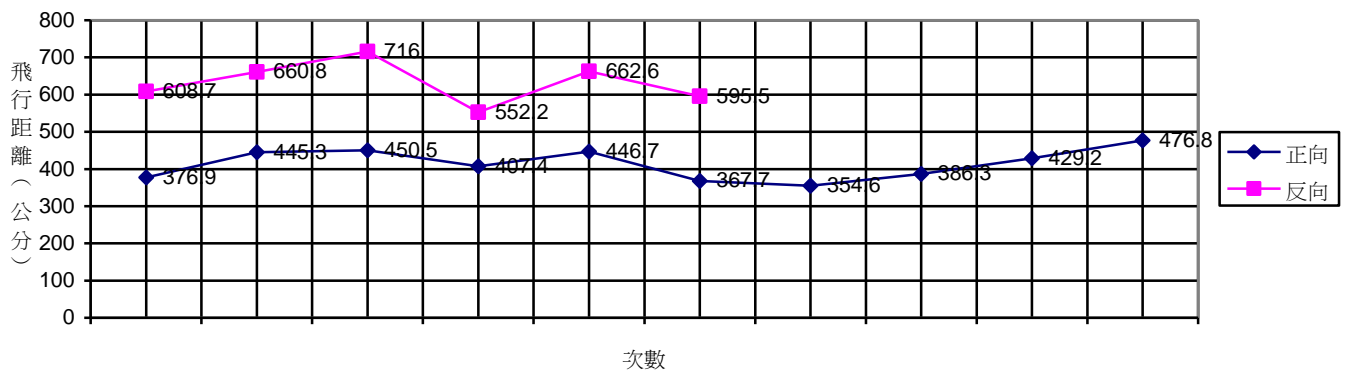
(二) 實驗結果：

1. 竹子表皮朝內（正向）飛行距離較短，平均為 414.2 公分。
2. 竹子表皮朝外（反向）飛行距離較遠，平均為 632.6 公分。
3. 反向放置的竹片可以產生較遠的飛行距離，不過竹片容易裂開。

表四：正向與反向放置竹片，彈珠飛行的距離（公分）

竹片編號 竹片放置方式	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平均飛行距離
正向放置	376.9	445.3	450.5	407.4	446.7	367.7	354.6	386.3	429.2	476.8	414.2
反向放置	608.7	660.8	716.0	552.2	662.6	595.5	裂開	裂開	裂開	裂開	632.6

圖四：正向與反向放置竹片，彈珠飛行的距離（公分）



我們這組的女射手



怕彈珠飛太遠，遠方用涼亭圖片擋在玻璃前



竹片表皮向內竹片容易裂開



反向放置竹片，竹片容易裂開甚至斷裂

六、竹片上的竹節位置不同與彈珠飛行距離的關係。

我們發現，每支竹片的竹節位置不太相同，在架設之後竹片會產生不同的彎曲弧度，所以我們設計這個實驗來了解竹節的位置會不會影響彈珠的飛行距離。

(一) 實驗步驟：

1. 我們準備長 60cm、寬 1.8cm、厚 0.2cm 的竹片。
2. 以頂住發射孔的位置做為基準點，將竹節位置分成離竹片切口 0 公分、10 公分、20 公分、30 公分。
3. 每種竹節不同位置的竹片進行實驗，並將結果記錄下來。

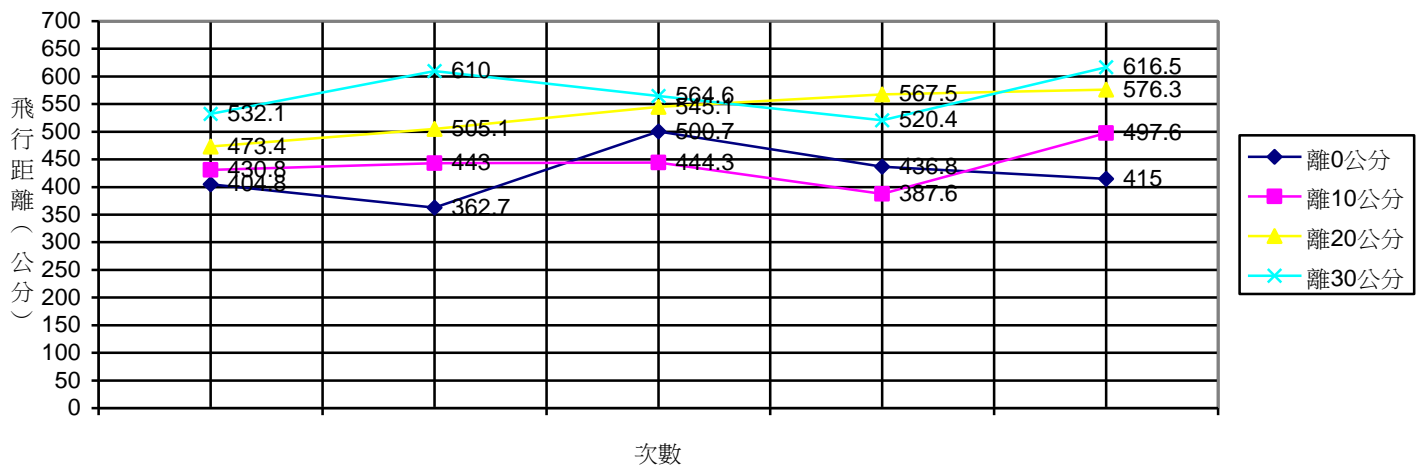
(二) 實驗結果：

1. 竹節位置離竹片切口 0 公分的飛行距離最短，平均為 424 公分。
2. 竹節位置離竹片切口 30 公分的飛行距離最遠，平均為 568.7 公分。
3. 竹節離竹片切口越遠，彈珠的飛行距離也越遠。
4. 竹節離竹片切口 20 公分的竹片非常容易從中間裂開，我們拿 20 支這類型的竹片來實驗，只有 5 支沒有裂開而已。

表五：竹節位置不同，彈珠飛行的距離

竹片 編號 竹節 位置	01	02	03	04	05	平均飛行 距離
0cm	404.8	362.7	500.7	436.8	415.0	424
10cm	430.8	443.0	444.3	387.6	497.6	440.7
20cm	473.4	505.1	545.1	567.5	576.3	533.5
30cm	532.1	610	564.6	520.4	616.5	568.7

圖五：竹節位置不同，彈珠飛行的距離



竹節位置離竹片切口的距離分別為 0 公分、10 公分、20 公分、30 公分

七、竹槍上切口長度與彈珠飛行距離的關係。

(一) 實驗步驟：

1. 我們準備長 60cm、寬 1.8cm、厚 0.2cm 的竹片。
2. 在竹槍的發射孔上記下 4 公分、6 公分、8 公分、10 公分的位置，並以小鋸子切出痕跡，方便固定鐵絲。
3. 在 4 公分處綁上鐵絲，拿出 5 支竹片測試彈珠飛行的距離。
4. 之後依此步驟再測試 6、8 公分不同長度的切口。
5. 將實驗的結果記錄下來。

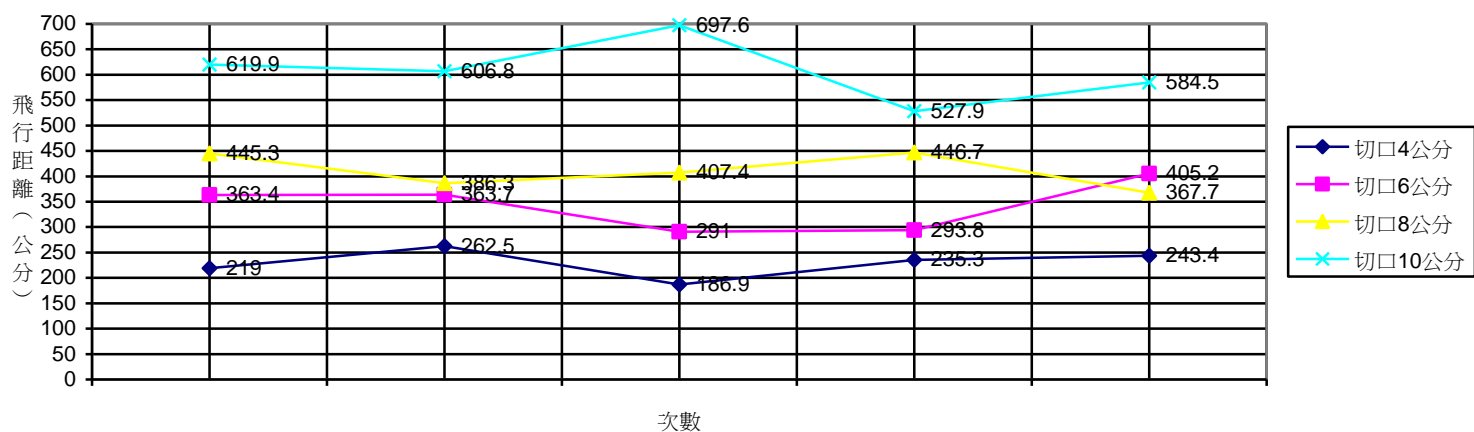
(二) 實驗結果：

1. 切口 4 公分彈珠飛行的距離最短，平均為 229.4 公分。
2. 切口 10 公分彈珠飛行的距離最遠，平均為 607.3 公分。
3. 竹管切口越長，彈珠飛行距離就越遠。

表六：切口長度不同，彈珠飛行的距離

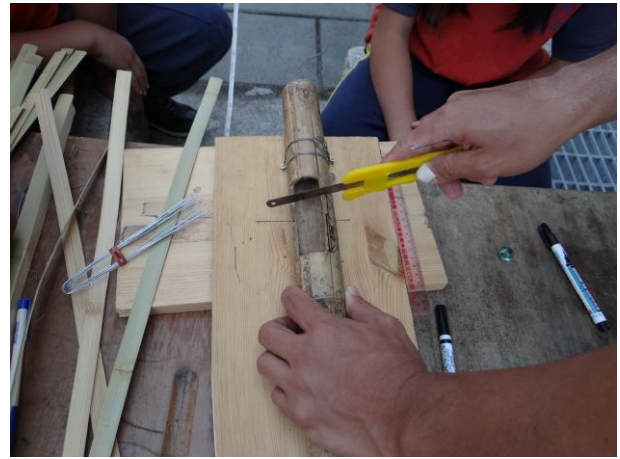
竹片 編號 切口 長度	01	02	03	04	05	平均飛行 距離
4 公分	219	262.5	186.9	235.3	243.4	229.4
6 公分	363.4	363.7	291	293.8	405.2	343.4
8 公分	445.3	386.3	407.4	446.7	367.7	410.7
10 公分	619.9	606.8	697.6	527.9	584.5	607.3

表六：切口長度不同，彈珠飛行的距離

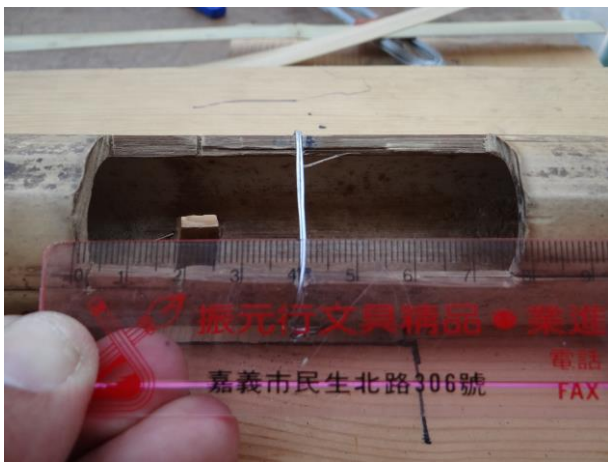




原有竹槍之切口長度為 8 公分



請老師在 4、6、8、10 公分切出切口，方便固定鐵絲



將鐵絲固定在切口上再做實驗



每兩公分切出切口來固定鐵絲

八、竹子管徑大小與射擊準度的關係。

(一) 實驗步驟：

1. 我們準備了三種竹管內直徑不同的竹子，分別為 4.8 公分、3.2 公分、1.9 公分。
2. 依之前實驗用的竹槍的長短，製作出三種比例相同、管徑不同的竹槍。
2. 拿出紙箱和椅子，放置在離竹槍口 1.5 公尺的位置上，並在紙箱上貼上圖畫紙。
3. 將竹管內直徑 4.8 公分的竹子固定在發射架上。
4. 拿出 20 顆彈珠，並加上紅墨水將它們染成紅色。
5. 依序發射彈珠，之後拿出透明的格子板（每格 1 公分）放在圖畫紙上。
6. 我們以彈珠最外圍的落點當做界線，算出彈珠落點是分佈在多少平方公分的長方形格子裡。

(二) 實驗結果：

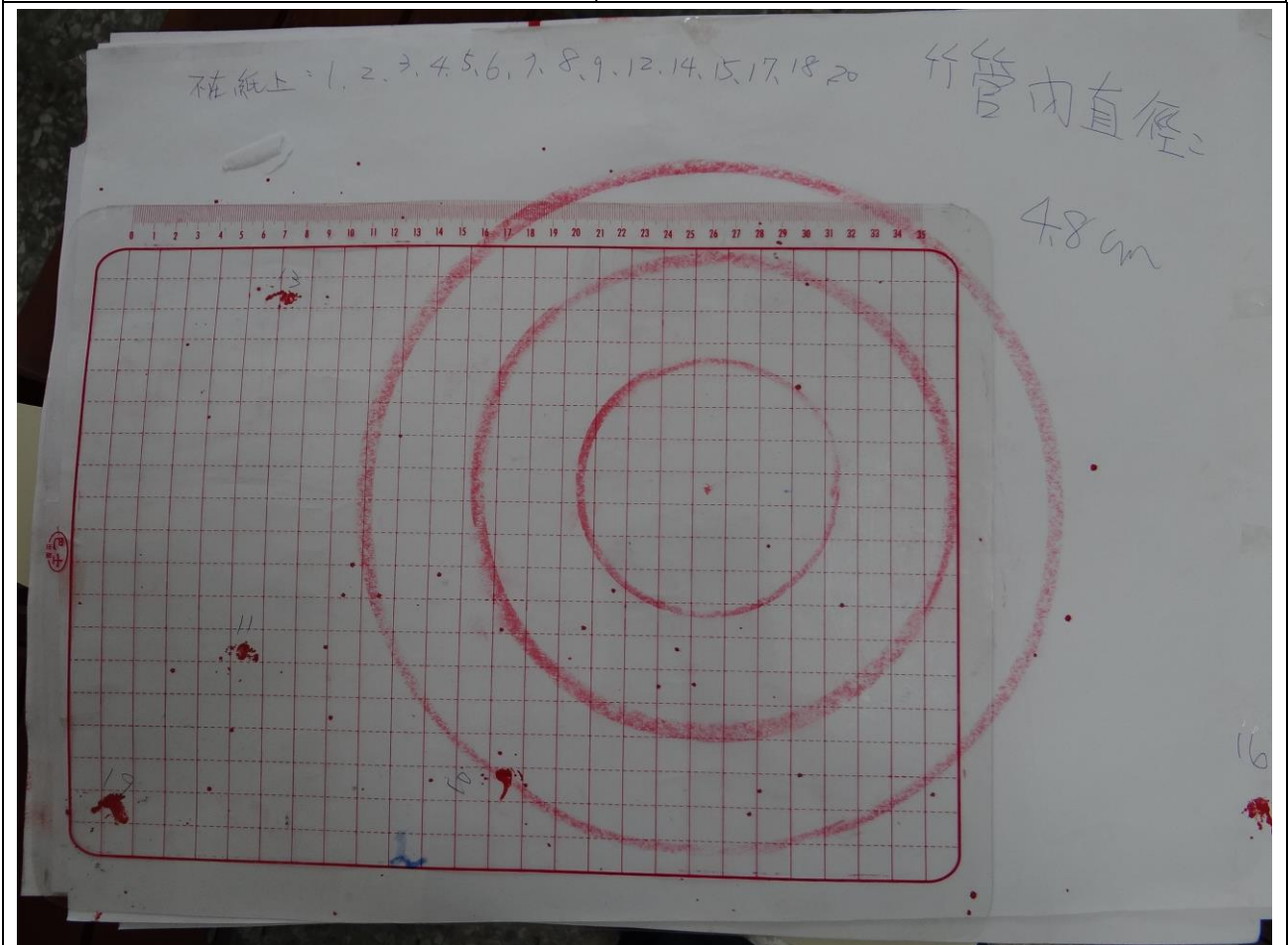
1. 竹管內直徑 4.8 公分的竹槍彈珠落點很分散，20 顆彈珠只有 5 顆留在紙張上，而且彼此都離得很遠。
2. 竹管內直徑 3.2 公分及 1.9 公分的竹槍彈珠落點都在圖畫紙上。

3. 竹管內直徑 1.9 公分的竹槍彈珠落點最集中，彈珠分佈在長 5 公分、寬 4 公分的長方形上。

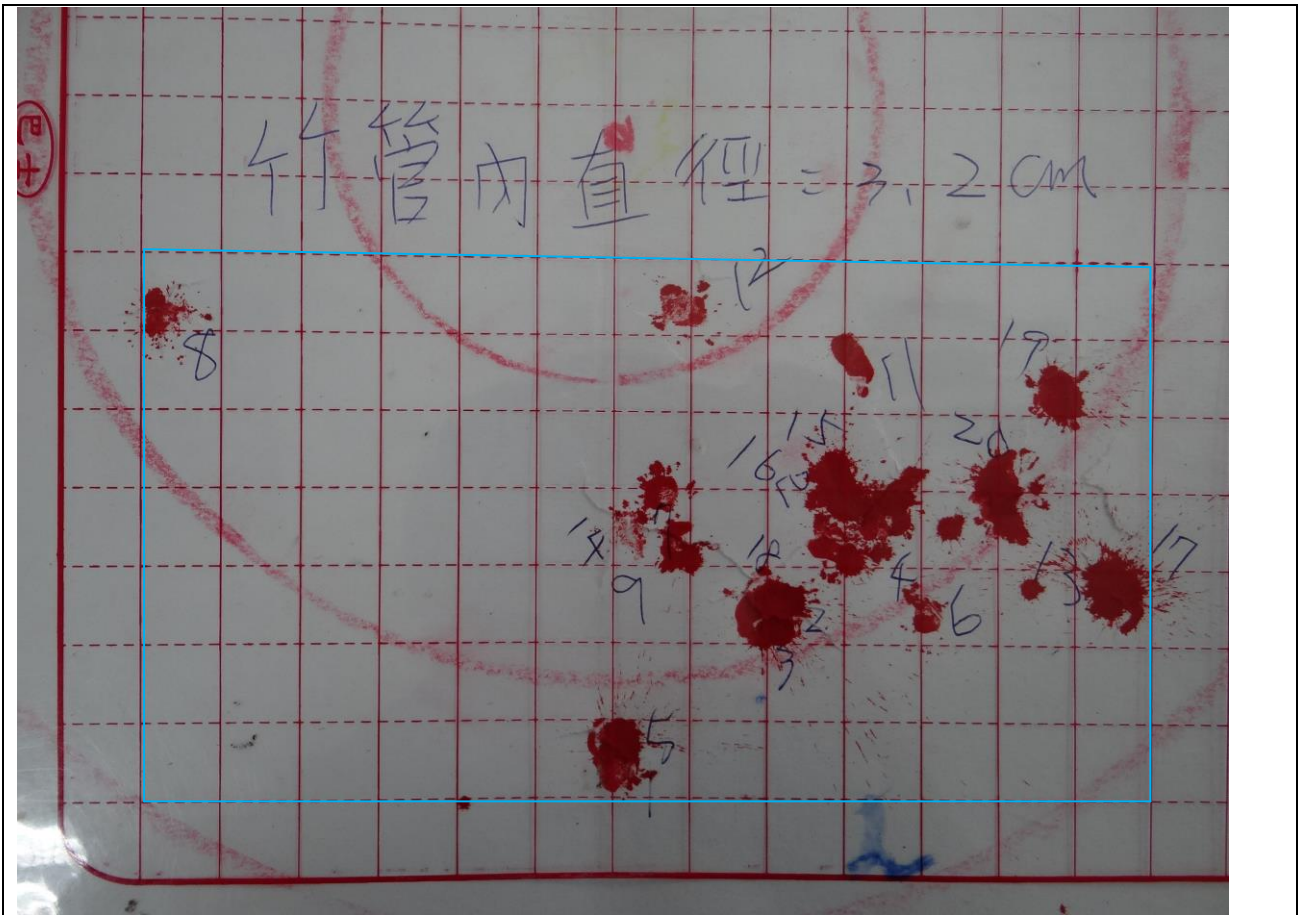


染色的彈珠在 4.8 直徑的竹槍內

三種粗細不同的竹槍已經做完實驗



竹管內直徑 4.8 公分的彈珠只有 5 顆落在圖畫紙上，而且很分散。



竹管內直徑 3.2 公分的彈珠落點分佈在長 13 公分、寬 7 公分的長方形



竹管內直徑 1.9 公分的彈珠分佈在長 5 公分、寬 4 公分的長方形中

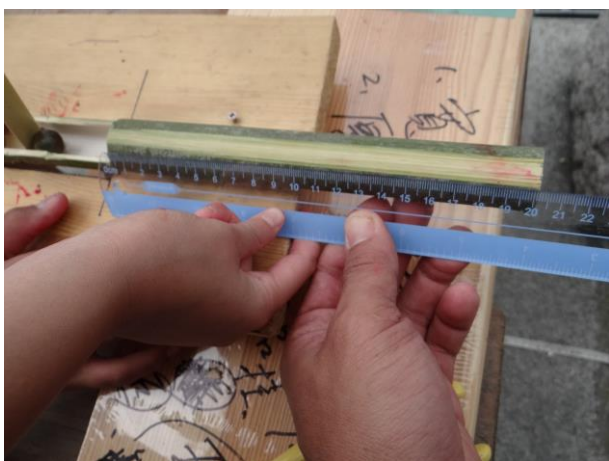
九、竹槍前端長短與射擊準度的關係。

(一) 實驗步驟：

1. 我們在依研究八的結果找來竹管內直徑 1.9 公分的竹子為竹槍的槍管。
2. 依之前實驗用的竹槍製作出比例相同、管徑不同的竹槍，只是這次我們特別將竹槍前端的部位留長到 20 公分。
3. 拿出 20 顆彈珠，並加上紅墨水將它們染成紅色。
4. 拿出紙箱和椅子，放置在離竹槍口 2 公尺的位置上，並在紙箱上貼上圖畫紙。
5. 依序發射彈珠，並觀察彈珠在圖畫紙上留下的彈痕位置。
6. 做完 20 次射擊後將竹槍前端切短為 15 公分，再依上述步驟進行實驗。
7. 之後再將竹槍前端切短到 10 公分、5 公分，依序做完四種槍管不同長度的實驗。
8. 我們以彈珠最外圍的落點當做界線，算出彈珠落點是分佈在多少平方公分的長方形格子裡。

(二) 實驗結果：

1. 竹槍前端為 20 公分的彈珠落點最集中，彈珠分佈在長 5 公分、寬 6 公分的長方形上。
2. 竹槍前端為 5 公分的彈珠落點最分散，彈珠分佈在長 17 公分、寬 15 公分的長方形上。
3. 竹槍前端長度越長，彈珠落點就越集中。



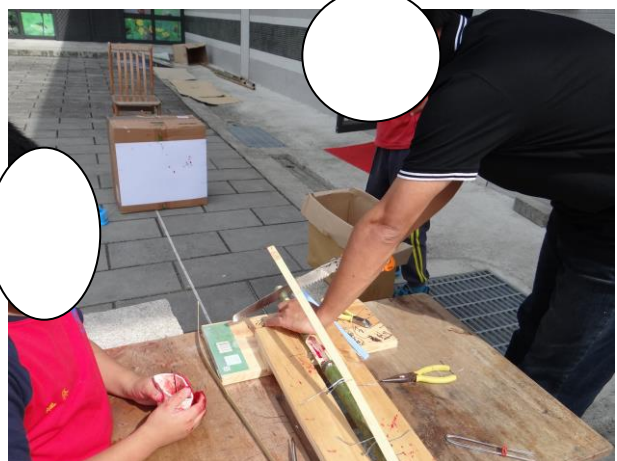
竹槍前端留長到 20 公分



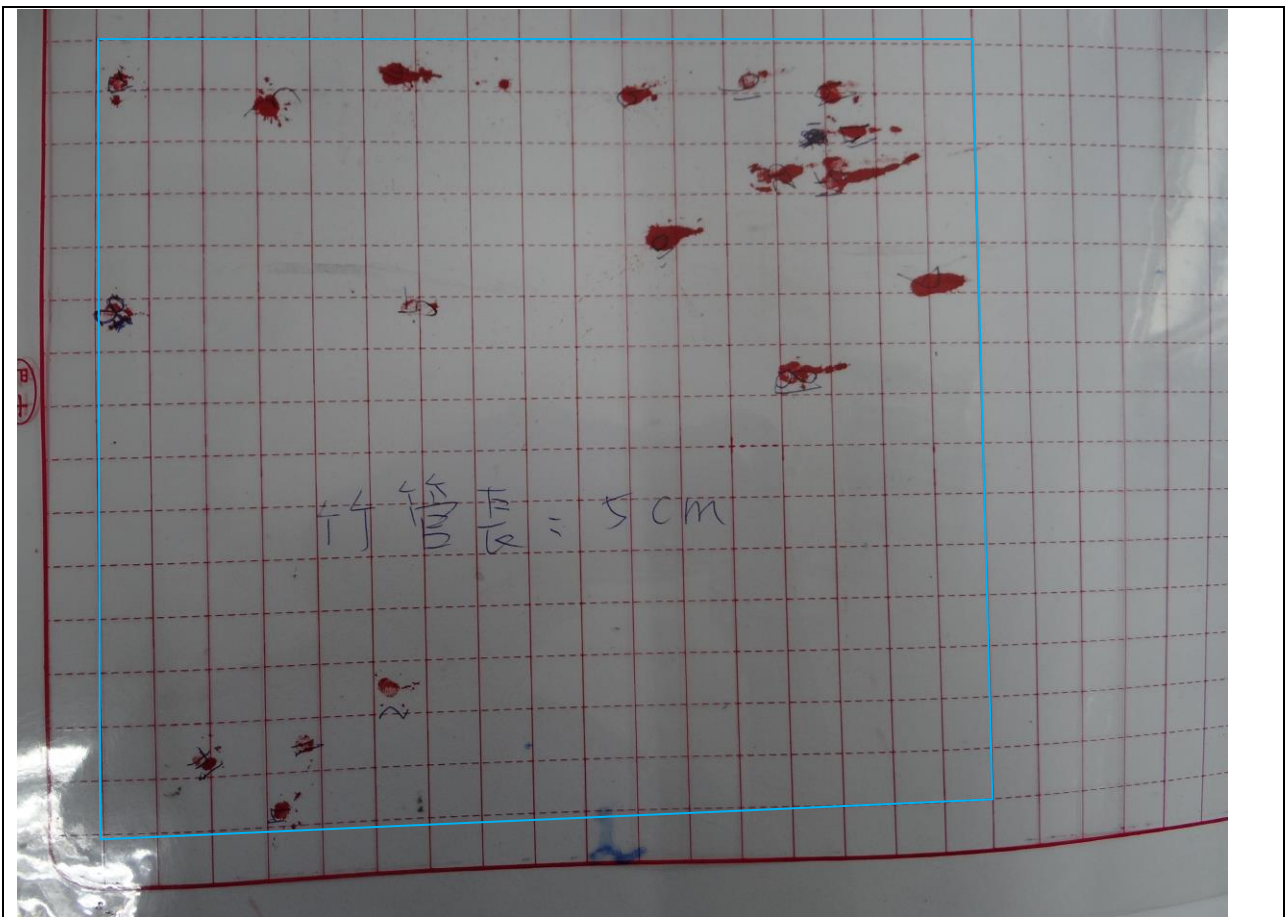
實驗前前先測試紙箱的位置多遠才適合



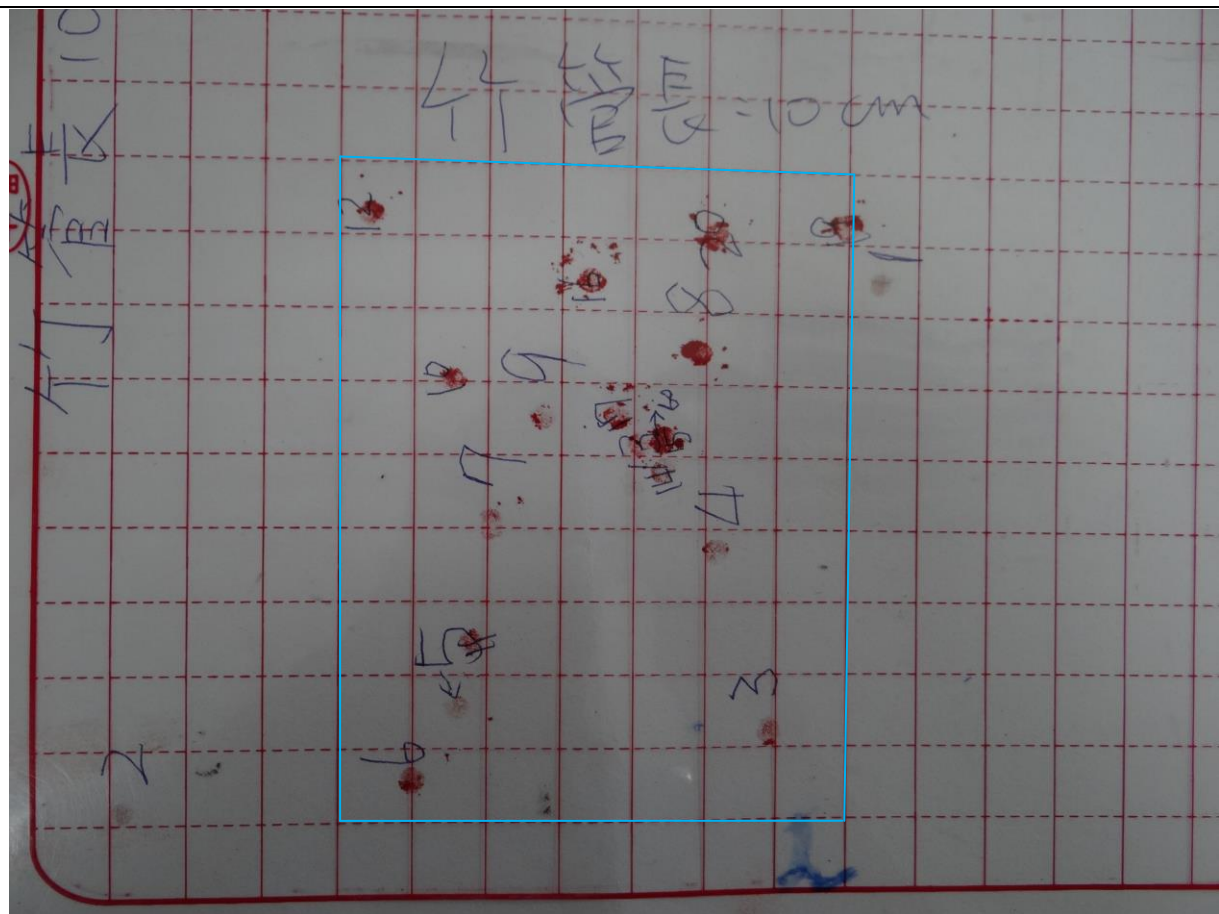
做完 20 次射擊後將竹槍前端切短 5 公分



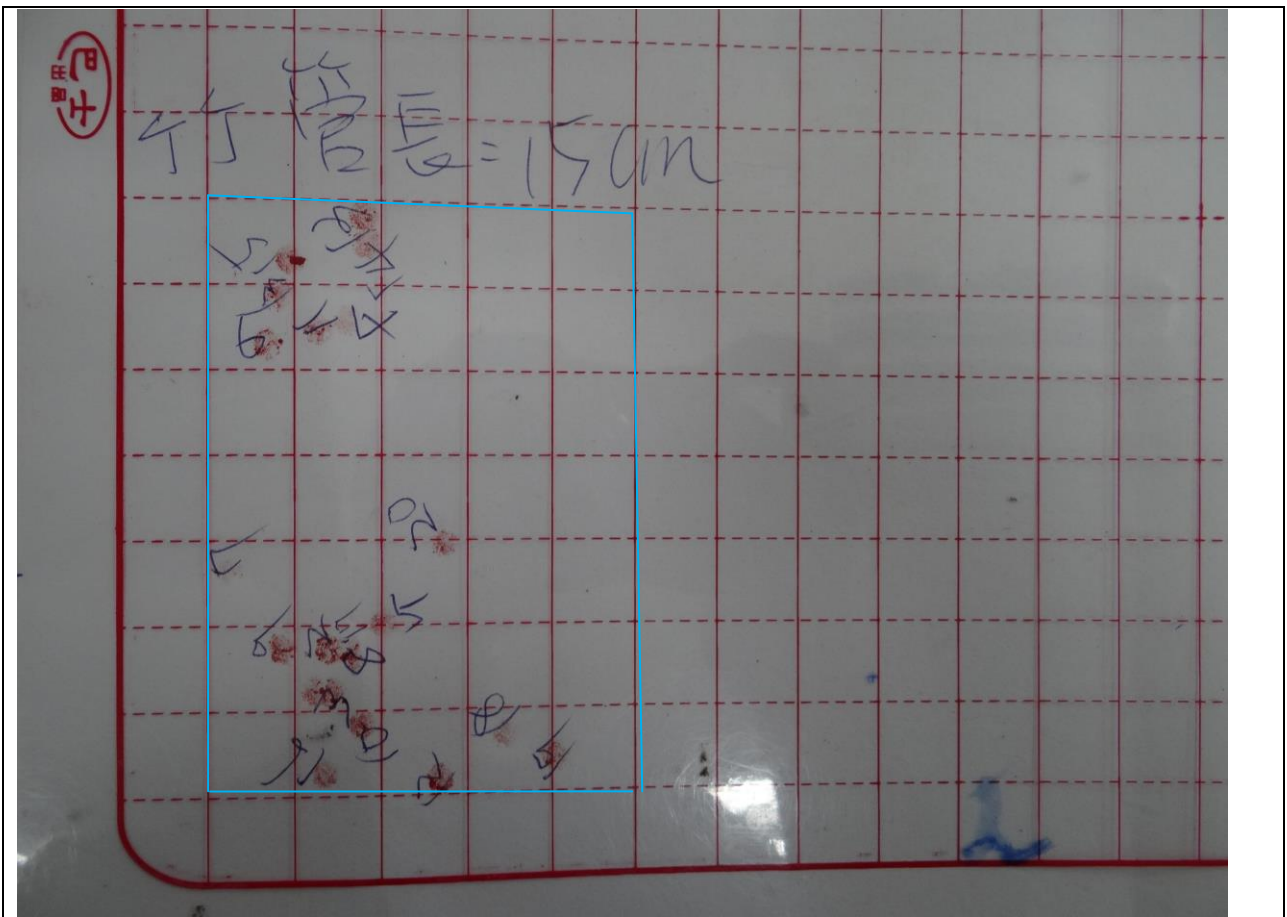
請老師幫忙鋸下竹管



竹管前端長 5 公分的彈珠落點分佈在長 17 公分、寬 15 公分的長方形上



竹管前端長 10 公分的彈珠分佈在長 7 公分、寬 9 公分的長方形上



竹管前端長 15 公分的彈珠分佈在長 5 公分、寬 7 公分的長方形上



竹管前端長 20 公分的彈珠分佈在長 5 公分、寬 6 公分的長方形上

五、 討論：

- 一、這次我們以鄒族傳統童玩做為實驗主題，主要是想瞭解竹槍在製做時可能要注意什麼細節，在我們訪問部落耆老時，汪長老表示竹槍是小孩子的玩具，所以在竹子種類以及製作過程並沒有什麼要特別留意的，老人家說只要能把石頭射出去就好了。後來我們設計一連串的實驗後發現，其實要製作一支射得遠、射得準的竹槍還是有很多地方要注意的。不過老人家隨意製作的竹槍，不管在準度及距離上都非常好，這是他們生活經驗的累積。
- 二、竹槍是以前鄒族小孩常玩的玩具，不過我們現在很少玩，有的同學甚至完全不知道竹槍是什麼東西，所以希望利用這次的機會讓我們學習如何自己做一支又準又遠的竹槍。
- 三、竹片的製作是一大麻煩！我們在上學期花了很多時間做竹片，但是做出來的竹片厚度不一樣，老師後來還用砂輪機想辦法把竹片磨成一樣厚，但是還是有困難。後來老師上網訂購規格相同的竹片，因為是工廠做的，所以每支竹片厚薄、寬度才會差不多。
- 四、我們在擊發竹槍並沒有用傳統的板機，因為傳統的板機比較長，在操作上容易在擊發時搖到發射台，所以後來我們就用扁鑽代替板機，效果很好。
- 五、我們在和老師聊天時會有一些題目的靈感，包括：「獵槍長一點比較準」、「粗的竹槍比較帥」（但是不準）等等，所以邊做實驗邊討論的感覺很好。
- 六、以前在做弓箭實驗時老人家曾說：鄒族傳統的弓是反向綁上弦，這樣可以比正向弓飛得遠，不過中間容易裂，所以中間還會加上短一些的竹片再用藤線綁起來。所以我們在研究六就把竹片正反向放置，結果和老人家說的一樣彈珠飛得比較遠。雖然反向的竹片彈珠飛行的距離遠，不過很容易裂開，所以我們原本準備二十幾支竹片，後來竟然不夠用，實驗到一半還要重新鋸幾段 60 公分長的竹片才夠完成實驗。
- 七、在研究八和研究九的紙箱位置不相同，因為我們在實驗前都會先測試幾次，我們原本把紙箱設定在 2 公尺的位置，不過這樣一來研究八裡頭粗的竹槍（直徑 4.8 公分）彈珠沒有落在紙上，所以我們就把紙箱往前 0.5 公尺。而研究九紙箱位置原本為讓它和研究八一一樣為 1.5 公尺，但是因為我們在研究九裡面採用細的竹槍（直徑 1.9 公分），這樣一來除了竹槍前端 5 公分長的彈珠落點明顯分散，其他 3 種長度彈珠都還滿集中的，所以我們就把紙箱又移回原本設定的 2 公尺遠。
- 八、我們本來想再設計一個實驗，瞭解射擊的仰角對彈珠飛行距離的影響。不過因為傳統的竹槍並不會以仰角高的方式來射擊，所以這個題目我們後來就沒有實驗了。
- 九、因為這次實驗的數據表格比較多，我們只好把它附在整份報告的最後面，每個研究後面的表格是我們將原始數據平均的結果。

陸、 結論：

- 一、我們以為長的竹片會把彈珠彈得較遠，所以我們設計了研究二，不過從結果得知，60 公分的竹片彈珠飛行距離最遠，所以竹片並不是越長就可以把彈珠彈得越遠。
- 二、研究三、研究四的實驗結果我們可以知道：寬度較寬、厚度較厚的竹片可以把彈珠彈得較遠。
- 三、在研究五的實驗結果可以看出，竹片以反向放置，彈珠可以飛得較遠，不過在使用的過程中竹片容易裂開、甚至斷裂，容易刺傷自己的手。
- 四、因為竹子本身就有竹節，而竹節的硬度又比其他部位來得硬，在這樣無法避免的變因下，

我們設計研究六，藉此了解竹節位置不同可能產生的影響。從實驗結果我們可以知道，竹節離竹片切口越遠，彈珠飛行距離就越遠，我們認為這和竹子本身的彈性有關，沒有竹節的部位比較好彎折，也因為彎折較大所以可以產生較大的彈力位能。

- 五、以研究六的結果來看，如果竹槍要能把彈珠彈得比較遠，需要把沒有竹節的部位留長，不過這有一個缺點，就是沒有竹節的部位容易在使用幾次後裂開，造成使用上的不便。
- 六、在實驗中竹片彈射後會被竹槍切口擋住而呈現彎曲現象，所以我們把切口的長度做設計，並安排研究七，結果切口越長的竹槍，彈珠飛行距離越遠，這和竹片的彈力位能有關係，竹片在彎折後產生變形，經由彈射恢復原狀並產生彈力位能，如果可以讓竹片彈射後恢復較多的形狀，彈力位能就可以增加。
- 七、我們組員曾經在實驗中說：「如果竹槍可以粗一點，看起來就像火箭炮，感覺比較帥。」所以我們就設計研究八，看看竹槍的粗細會不會影響準度。結果證明粗的竹槍彈珠落點離很遠，而且 20 顆彈珠只有 5 顆落在圖畫紙上，反而是細一點的竹槍彈珠落點集中。
- 八、我們曾經聽家長說：「在山上打獵，長一點的獵槍比較準，也可以打得較遠。」在研究八的結果可以知道細的竹槍準度較好，所以我們把細的竹槍拿來做為研究九的材料，並在竹槍前端的長短做變化，結果發現竹槍前端越長，彈珠落點就越集中，所以家長說長一點的槍可以打遠一點的飛鼠，這句話一點也沒錯。
- 九、綜合以上實驗結果，如果我們要自製竹槍的話，竹片要厚、要寬，長度要適中不能太長，竹槍的切口要長一些；竹槍要選細的竹子來製作，而且槍管前面的長度要長一點；如果希望竹片使用的次數可以多一些的話，竹節的位置要離竹片切口近，雖然打的距離近一點，不過竹片不容易裂開，可以使用的比較久。

柒、感謝及展望：

竹槍是以前鄒族孩童常製作的玩具，聽以前的家長說，他們有時還會分組進行游擊戰，不小心被打到還會瘀青。現在我們已經沒有在玩竹槍，放假期間我們都會打球、看電視、看手機，所以這些傳統的玩具我們幾乎沒有用過，在這次的實驗中，感謝部落耆老跟我們解釋竹槍的製作過程，我們在做實驗的時候也覺得很開心，因為每個人都會輪流射擊、輪流觀察彈珠的落點，在實驗中彈珠有時會不小心打到老師或同學，有時也會掉到學校水溝裡拿不出來，總覺得實驗的過程大家都很忙，很有趣。接下來我們會結合這次實驗的結果製作出又快又準的竹槍，之後再找同學來比賽。

捌、參考資料：

- 一、《教育部 95 年度中小學科學教育計畫專案期中報告》，頁 1。
- 二、中國孩子的科學圖書館，力和運動，圖文出版社，1987。
- 三、翰林出版，自然與生活科技，六下第一單元：力與運動。

研究二：不同長度的竹片對彈珠飛行距離的影響

竹片長度：50cm

厚度：0.2cm

寬度：1.8cm

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
編號												
1	192	199	218	193	202	208	210	209	206	213		
2	179	172	180	176	195	196	190	181	174	178		
3	198	189	190	199	190	185	206	205	207	207		
4	184	203	193	193	188	184	195	179	185	186		
5	240	235	210	238	219	222	217	211	229	214		
6	210	208	194	209	196	204	211	192	189	210		
7	201	198	189	195	188	193	190	196	195	194		
8	216	205	217	208	226	205	202	203	216	208		
9	232	231	241	235	228	232	237	235	230	234		
10	245	238	245	247	229	235	247	218	236	229		

研究二：不同長度的竹片對彈珠飛行距離的影響

竹片長度：60cm

厚度：0.2cm

寬度：1.8cm

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
編號												
1	384	382	375	378	400	408	336	380	382	344		
2	435	447	448	440	436	465	452	430	437	463		
3	430	441	458	440	458	443	452	465	448	470		
4	408	397	396	412	418	407	419	404	395	418		
5	464	428	472	443	437	445	432	465	458	423		
6	378	375	359	368	375	377	372	359	357	357		
7	374	358	344	375	371	345	350	344	342	343		
8	393	402	396	372	381	390	376	387	388	378		
9	445	426	434	413	423	432	435	420	431	433		
10	469	475	490	473	486	482	470	487	470	466		

研究二：不同長度的竹片對彈珠飛行距離的影響

竹片長度：70cm

厚度：0.2cm

寬度：1.8cm

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
編號												
1	248	250	258	258	246	243	231	241	245	237		
2	261	255	259	256	252	261	250	250	249	242		
3	258	259	267	257	267	262	258	281	256	270		
4	205	219	218	211	190	193	199	208	198	199		
5	276	274	279	276	275	275	282	274	273	275		
6	251	235	237	234	227	223	220	232	215	214		
7	282	285	285	288	284	292	283	283	294	299		
8	258	263	278	255	254	271	263	255	250	262		
9	292	299	297	298	297	283	302	293	312	293		
10	246	235	248	250	252	251	244	239	243	249		

研究三：不同寬度的竹片與彈珠飛行距離的關係

竹片長度：60cm

厚度：0.2cm

寬度：1.8cm

次數 編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	337	368	368	371	331	353	377	368	362	353		
2	322	313	289	293	284	274	318	293	304	308		
3	310	312	312	317	323	331	328	315	335	309		
4	356	336	347	350	344	324	325	316	330	329		
5	344	338	348	327	323	339	327	314	324	332		
6	387	375	376	373	376	379	384	382	380	375		
7	374	381	376	382	370	375	371	366	372	378		
8	375	372	368	366	362	367	368	366	367	373		
9	324	321	314	326	328	325	312	321	330	312		
10	377	378	369	374	358	362	368	365	375	378		

研究三：不同寬度的竹片與彈珠飛行距離的關係

竹片長度：60cm

厚度：0.2cm

寬度：1cm

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
編號												
1	160	153	168	167	157	157	168	166	173	164		
2	183	175	185	183	186	182	180	177	182	175		
3	165	153	158	143	140	148	150	147	142	147		
4	214	212	215	213	218	221	192	211	223	197		
5	182	190	178	188	190	172	183	188	184	183		
6	214	222	218	218	216	222	220	217	226	220		
7	219	190	206	200	210	207	205	219	211	192		
8	192	204	199	202	202	198	197	194	203	199		
9	133	134	147	130	134	139	142	130	130	138		
10	145	140	153	158	149	155	150	148	144	142		

研究三：不同寬度的竹片與彈珠飛行距離的關係

竹片長度：60cm

厚度：0.2cm

寬度：0.5cm

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
編號												
1	97	100	102	98	98	103	103	97	108	99		
2	124	120	120	118	113	118	118	118	115	112		
3	97	108	98	106	98	98	98	107	98	89		
4	145	140	131	139	143	144	128	135	128	133		
5	120	118	117	117	111	118	113	112	117	124		
6	121	127	126	122	124	119	125	125	117	118		
7	143	141	143	144	147	146	145	144	142	147		
8	98	97	103	99	97	99	98	102	104	101		
9	120	121	118	128	126	127	123	126	122	128		
10	133	132	129	137	131	134	135	134	129	137		

研究五：竹片正反向安裝與彈珠飛行距離的關係

竹片長度：60cm

厚度：0.2cm

寬度：1.8cm

正向

次數 編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	337	368	368	371	331	353	377	368	362	353		
2	322	313	289	293	284	274	318	293	304	308		
3	310	312	312	317	323	331	328	315	335	309		
4	356	336	347	350	344	324	325	316	330	329		
5	344	338	348	327	323	339	327	314	324	332		
6	387	375	376	373	376	379	384	382	380	375		
7	374	381	376	382	370	375	371	366	372	378		
8	375	372	368	366	362	367	368	366	367	373		
9	324	321	314	326	328	325	312	321	330	312		
10	377	378	369	374	358	362	368	365	375	378		

