

# 柏青哥--彈弓射距與穩定度研究

## 摘要

在勇士營時，獵人老師教我們使用彈弓，但我們在實際射擊時射的並不理想。這引起了我們做此一實驗的動機。在此一實驗中，我們研究了彈藥的重量、彈藥的形狀以及彈弓開口的距離三項因素對彈弓射擊距離以及射出後穩定度的影響。實驗結果發現，前兩項因素都會對射擊距離和穩定度造成影響，而且在使用彈弓時，若要射的又準又遠，我們應該選擇重量中等且在形狀上是短且有菱角的彈藥。

## 壹、研究動機

去年11月時，學校舉辦了一年一度在山上三天兩夜的文化課程。在這些課程中，獵人老師拿出彈弓，教我們怎麼去使用這項工具。在以前，彈弓(鄒族語：柏青哥)是鄒族人用來打鳥的工具。就獵人老師所述，在使用彈弓時，有兩個最為重要的因素需要被考慮。首先，彈弓作為一項遠程射擊的武器，在射擊時我們必須考慮射程的問題：能不能打那麼遠？其次，則是準度的問題：是否能準確地命中目標。在實際射擊時，我們射的並不好，但卻不知道確切的原因是什麼。因此，我們決定在這次的科展中，透過科學的方法來研究影響彈弓射擊時射程與準度的因素。

## 貳、研究目的

在實際使用上，彈弓的射擊由兩個重點所構成：射出的距離與每次射出的穩定度(只要穩定度夠高，準度可以由射擊的人自行調整)。我們希望能透過實際的實驗，用科學的方法來檢視各項因素對彈弓的這兩個構成要素所造成的影響。基於這個想法，我們訂定研究目的如下：

一、研究影響彈弓射出距離的因素。

二、研究影響彈弓射出穩定度的因素。

### 參、研究問題

我們將彈弓開口的距離、彈藥重量以及彈藥形狀等三項要素做為主要影響的要素，檢視這三項要素對彈弓射出距離以及穩定度的影響。我們擬定研究問題如下：

- 一、彈藥重量是否會對射出距離產生影響？
- 二、彈藥形狀是否會對射出距離產生影響？
- 三、彈弓開口的距離是否會對射出距離產生影響？
- 四、彈弓開口的距離是否會對射出後的集中程度產生影響？
- 五、彈藥重量是否會對射出後的集中程度產生影響？
- 六、彈藥形狀是否會對射出後的集中程度產生影響？

肆、研究器材及設備：捲尺、自製彈弓(如圖一)、子彈(陶土捏成特定形狀與重量後放到乾，如圖二)、小桌子、磅秤。



圖一、自製彈弓



圖二、乾掉後的陶土彈藥

### 伍、研究方法

- 一、為檢驗研究問題三與四，我們在枕木上鑽出間隔距離分別為 10 公分、20 公分、30 公分的洞，將它們作為彈弓的開口距離。
- 二、為檢驗實驗問題一與五，我們用陶土做出 5 公克、10 公克、20 公克的圓形

彈藥，將它們作為彈弓的彈藥。

三、為檢驗實驗問題二與六，我們用陶土做出子彈形、圓形、三角形、正方形且皆為 10 公克的彈藥，將它們作為彈弓的彈藥。

四、我們用枕木、兩根等長的鐵棍以及皮革來製作彈弓：在枕木所鑽出來的洞上，插上鐵棍，並在鐵棍的相同高度上綁上橡皮繩(打針時用來綁手的橡皮繩)。最後，在橡皮上綁上一塊皮革，並在皮革正中央畫一個圓圈，用來固定子彈在皮革上的位置。

五、為了確保每次橡皮被拉的距離與射出的仰角相同，我們找了一張小桌子，並將小桌子與枕木在地上的位置做標記，用小桌子的高度來確保每次射出的仰角會相同，並用小桌子與枕木間的距離來確保每次橡皮被拉出的距離會相同。最後，在小桌子的邊緣畫上標記，在每次射擊時，將皮革拉至定點。如下(圖三)所示：



圖三、彈弓射擊方式

六、針對實驗問題一、二與三(關係到測量距離的實驗問題)，我們在枕木底部的正中央畫上標記，於每次射出後，將這個被標記的點作為捲尺測量的起點，並用皮尺測量彈藥射出的距離(因為彈藥是陶土製成的，因此落地時會在地

面留下痕跡)。

七、針對實驗問題**四、五與六**(關係到彈藥射出後集中程度的問題)，我們透過下述幾點來進行操作：

- (一) 在校園中找到一面牆壁，在距離這面牆壁五公尺的地方架上彈弓裝置(包含枕木與小桌子)。
- (二) 在牆壁上貼上一張全開的壁報紙，並在壁報紙上覆蓋上一層複寫紙，讓彈藥打中壁報紙後能留下擊中點的痕跡。
- (三) 在每次射擊完後，在射擊的痕跡旁寫上射擊時的因素(如：20 公克彈藥)。
- (四) 在全部射擊完畢後，將不同因素所做出的十次射擊分別畫在四開的圖畫紙上。
- (五) 幫每張圖畫紙上的十個點標上它們各自的座標(以圖畫紙的一角作為原點，並以公分為單位)，並透過這些座標找出這十個點的中心點。
- (六) 透過圖畫紙上的十個點與中心點之間的距離算出這十個點的標準差，並將之作為集中程度的數據(越大則越分散、越小則越集中)。

## 陸、實驗結果

### 一、研究問題：彈藥重量是否會對射出距離產生影響？

重量 次數	10g	15g	20g
1	16.46	13.65	11.84
2	17.57	14.37	12.15
3	17.77	15.19	10.86
4	17.89	14.62	10.52
5	16.34	14.55	9.71
6	16.91	13.55	12.16
7	17.25	13.34	11.53
8	17.21	16.25	9.87
9	12.96	12.52	9.73
10	17.27	13.27	10.98
平均	<b>17.16</b>	<b>14.13</b>	<b>10.93</b>

(單位：公尺)

#### 討論：

(一) 從上面的表格可知：10 公克的彈藥平均距離為 17.16 公尺；15 公克的彈藥平均距離為 14.13 公尺；20 公克的彈藥平均距離為 10.93 公尺。由此可知，較輕的彈藥飛的較遠，較重的彈藥飛的較近。

(二) 我們認為造成此一結果的最主要原因在於彈藥在空中停留的時間。在射出的仰角相同、彈力相同的條件下，越重的彈藥所受到的地球引力越大，因此彈道的最高點相對來說是較低的；相反的，越輕的彈藥所受到的地球引力越小，因此彈道的最高點較高。彈道最高點的高低決定了彈藥在空中停留時間的長短(高→長；低→短)，而彈藥

在空中停留時間的長短則直接地決定了著地點的遠近(長→遠；短→近)。簡述如下：

輕彈藥→地球引力小→彈道最高點較高→距離較遠

重彈藥→地球引力大→彈道最高點較低→距離較近

## 二、研究問題：彈藥形狀是否會對射出距離產生影響？

形狀 次數	子彈形	圓形	三角形	正方形
1	18.88	15.7	14.15	14.37
2	19.31	12.87	16.07	14.2
3	20.97	15.72	17.06	12.14
4	16.65	15.43	14.9	15.54
5	17.58	16.46	16.24	15.02
6	16.13	14.7	14.92	14.37
7	17.73	17.61	15.2	15.74
8	17.63	15.52	16.16	18.43
9	17.32	21.02	14.12	18.94
10	29.53	18.51	14.14	18.28
平均	<b>19.173</b>	<b>12.754</b>	<b>15.295</b>	<b>16.103</b>

(單位：公尺)

### 討論：

(一) 從上面的表格可知:子彈形的彈藥平均距離為 19.173 公尺；圓形的彈藥平均距離為 12.754 公尺；三角形的彈藥平均距離為 15.295 公尺；正方形的彈藥平均距離為 16.103 公尺。由此可知，子彈形的彈藥平均距離比其他形狀的彈藥平均距離較遠。

(三) 我們認為造成此一結果的主要原因在於「彈藥形狀對空氣阻力的克服」。首先，子彈形的彈藥因為形狀的關係能最大程度地降低空氣阻力所造成的阻礙，所以射出距離比其他組都還要遠；其次，圓形彈藥的形狀與其他三組相較之下，因為它的表面圓滑無角，因此在降低空氣阻力所造成的阻礙的效果上是最差的(三角形和正方形都是有菱有角的，因此效果會比圓形來的好)，這導致了這組所射出的距離比其他三組來的近。

### 三、研究問題：彈弓開口的距離是否會對射出距離產生影響？

距離 次數	10 公分	20 公分	30 公分
1	15.78	16.46	18.01
2	17.68	17.57	17.64
3	18.09	17.77	17.44
4	17.63	17.89	16.24
5	16.4	16.34	16.53
6	20.23	16.91	20.25
7	14.29	17.25	14.19
8	17.49	17.21	16.18
9	17.46	16.96	19.92
10	16.35	17.24	17.35
平均	<b>17.14</b>	<b>17.16</b>	<b>17.37</b>

(單位：公尺)

#### 討論：

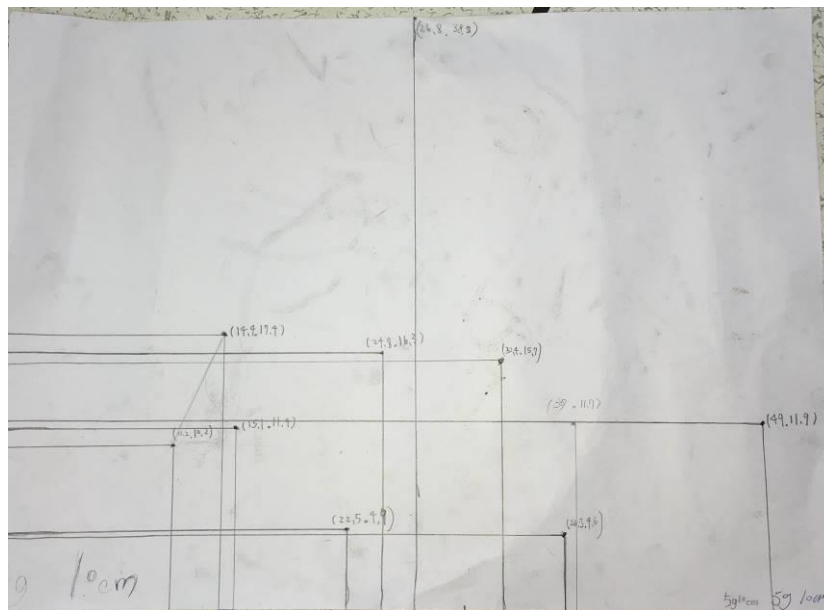
(一) 從上面的表格可知：彈弓開口距離 10 公分所射出的彈藥平均距離為 17.14 公尺；彈弓開口距離 20 公分所射出的彈藥平均距離為 17.16

公尺；彈弓開口距離 30 公分所射出的彈藥平均距離為 17.37 公尺。  
由此可知，雖然彈弓的開口距離不一樣，但是平均距離卻沒有相差  
很多，因此，開口距離的大小並不會影響射距。

(二) 這組實驗與其它組不同的地方在於：每一組橡皮向後拉的定點都不  
一樣。若開口距離不同但定點相同，那麼橡皮被拉長的長度也將會  
不同，這將會影響實驗過程中的彈力。為了克服此一問題，我們透  
過固定橡皮拉長的長度來固定整個設計過程中的的彈力。因此，這  
組實驗的控制變因與其它組相同，仍然是「彈力」。

#### 四、研究問題：彈弓開口的距離是否會對射出後的集中程度產生影 響？

(一)組別：開口距離 10 公分



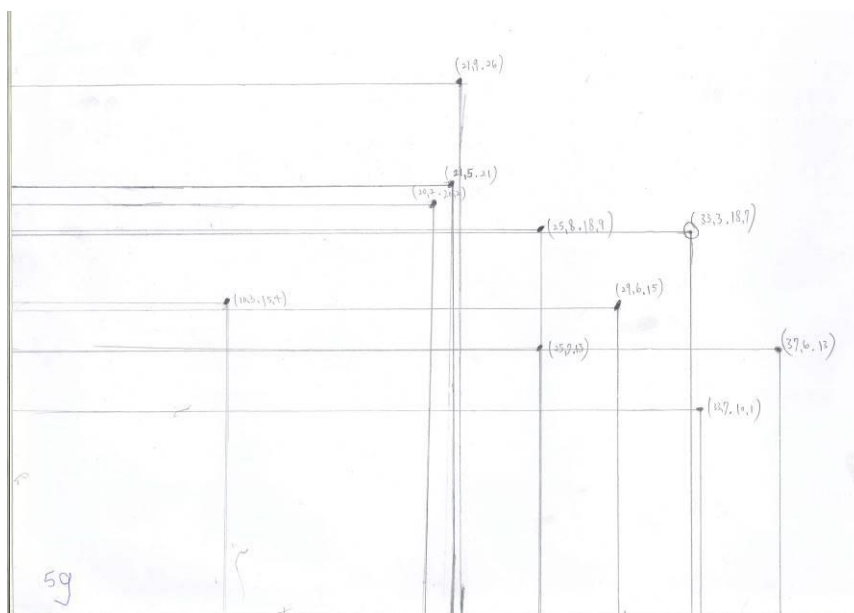
圖四、開口距離 10 公分組十次射擊散佈圖



座標 次數	X	Y
1	26.8	38.8
2	14.4	17.4
3	24.8	16.3
4	32.4	15.7
5	49	11.9
6	15.1	11.9
7	11.2	10.2
8	22.5	4.9
9	36.3	4.6
10	37	11.7
中心點	26.95	14.34

**標準差：45.91415**

**(二)組別：開口距離 20 公分**

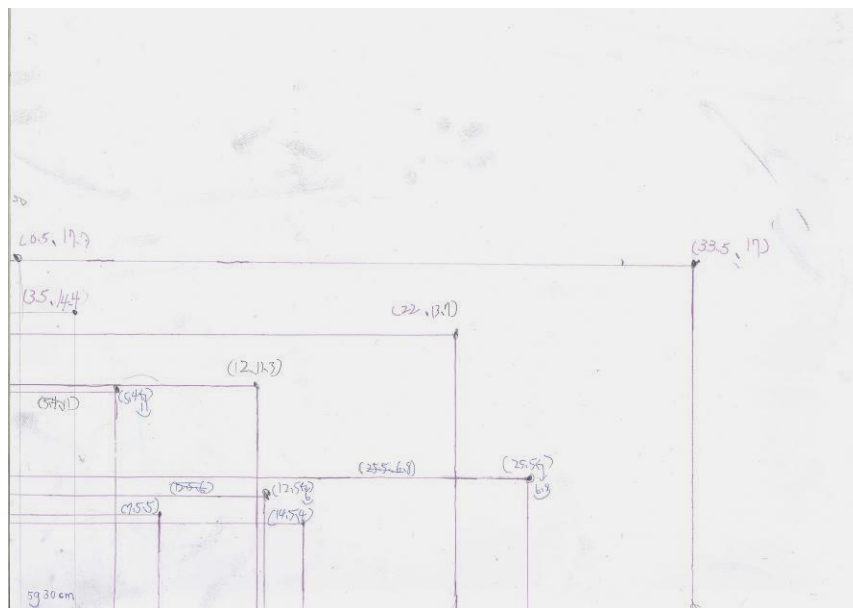


**圖五、開口距離 20 公分組十次射擊散佈圖**

座標 次數	X	Y
1	21.9	26
2	21.5	21
3	20.2	20.2
4	25.8	18.9
5	33.3	18.7
6	10.3	15.4
7	29.6	15
8	25.7	13
9	37.6	13
10	33.7	10.1
中心點	25.96	17.13

**標準差：27.87732**

**(三)組別：開口距離 30 公分**



**圖六、開口距離 30 公分組十次射擊散佈圖**

座標 次數	X	Y
1	0.5	17.7
2	3.5	14.4
3	33.5	17
4	22	13.7
5	12	11.3
6	5.4	11
7	25.5	6.8
8	12.5	6
9	7.5	5
10	14.5	4
<b>中心點</b>	<b>13.69</b>	<b>10.69</b>

**標準差：34.88922**

**討論：**

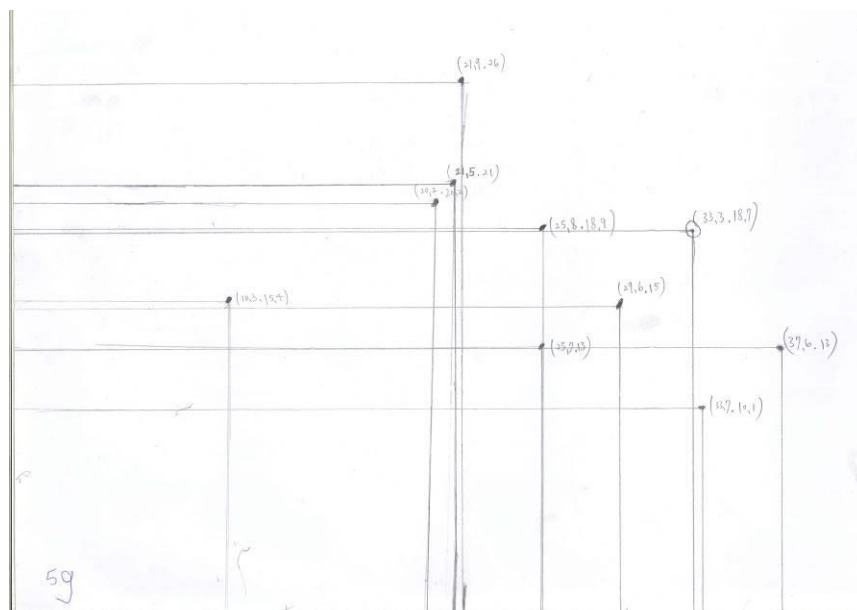
(一)由上面的表格可知:彈弓開口距離 10 公分的標準差為 45.91415；彈弓開口 20 公分的標準差為 27.87732；彈弓開口 30 公分的標準差為 34.88922。由此可知，彈弓開口 20 公分的 10 次射擊是最集中的；彈弓開口 30 公分的射擊為中等；10 次射擊最分散的則是彈弓開口 10 公分的。集中程度依大小排列為：開口 20 公分>開口 30 公分>開口 10 公分。

(二) 按理來說，我們認為這組實驗的結果應該會與研究問題三的結果相同：開口的距離不僅不會影響射距，射出後的散佈情況應該也不會受到開口大小的影響。但，實驗結果卻告訴我們開口距離的差異會造成散佈情形的差異。我們認為這是實驗誤差所造成的結果，有可

能是因為射擊時的不穩定所造成。這一點可以從極端值刪除後所得的標準差看出：在刪除 10 公分組的第一個座標點(26.8, 38.8)和第五個座標點(49, 11.9)後，我們可以得到新的標準差為 31.9；在刪除 30 公分組的第三個座標點(33.5,17)後，我們可以得到新的標準差為 28.01。刪除這些極端值後，三組的標準差分別為：31.90、27.87、28.01。三者間的相差並不大。這意謂著，若這些被刪除的極端值確實是因為射擊的失誤所造成的，那麼，開口距離的大小並不會造成散佈狀況的差異。

## 五、研究問題：彈藥重量是否會對射出後的集中程度產生影響？

### (一)組別：彈藥 5 公克

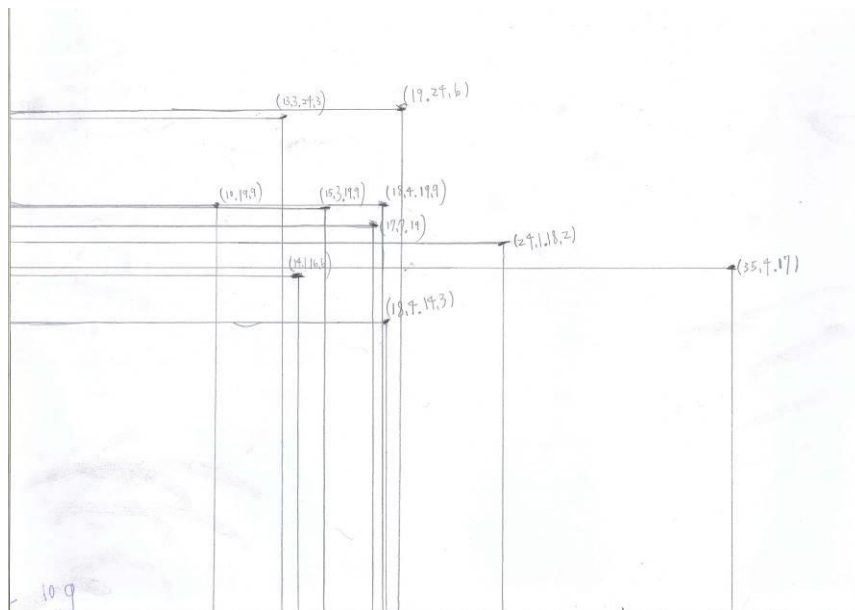


圖七、彈藥 5 公克組十次射擊散佈圖

座標 次數	X	Y
1	21.9	26
2	21.5	21
3	20.2	20.2
4	25.8	18.9
5	33.3	18.7
6	10.3	15.4
7	29.6	15
8	25.7	13
9	37.6	13
10	33.7	10.1
中心點	<b>25.96</b>	<b>17.13</b>

標準差：27.87732

(二)組別：彈藥 10 公克

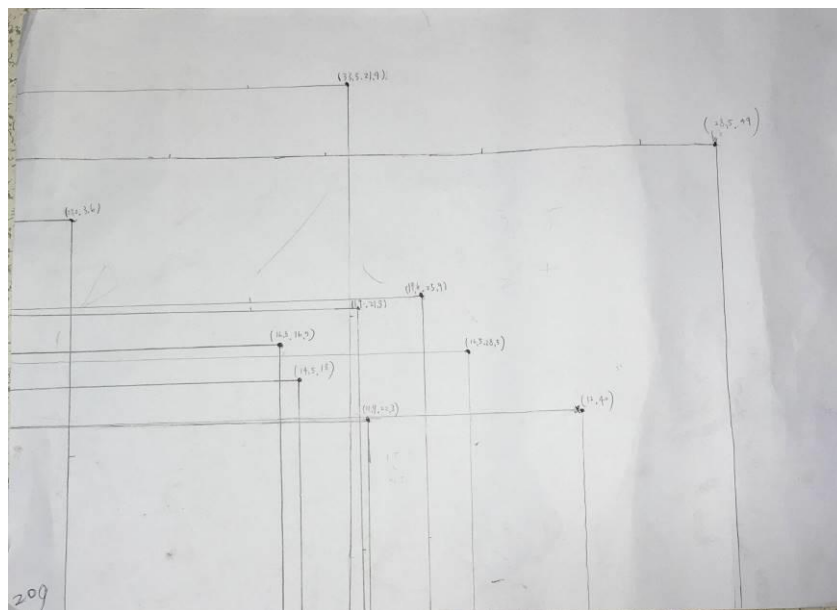


圖八、彈藥 10 公克組十次射擊散佈圖

座標 次數	X	Y
1	19	24.6
2	13.3	24.3
3	10	19.9
4	18.4	19.9
5	15.3	19.8
6	17.7	19
7	24.1	18.2
8	35.4	17
9	14.1	16.6
10	18.4	14.3
中心點	18.57	19.36

**標準差：23.22983**

**(三)組別：彈藥 20 公克**



**圖九、彈藥 20 公克組十次射擊散佈圖**

座標 次數	X	Y
1	25.2	3.6
2	33.5	21.4
3	28.5	49
4	19.6	25.9
5	19	21.8
6	16.8	16.7
7	14.5	18
8	11.9	22.3
9	16.5	28.5
10	12	40
<b>中心點</b>	<b>19.75</b>	<b>24.72</b>

**標準差：43.40554**

**討論：**

(一) 從上面的表格可知:5 公克組的標準差為 27.87732；10 公克組的標準差為 23.22983；20 公克組的標準差為 43.40554。由此可知，因為標準差越小越集中，越大越分散。所以 10 公克組的 10 次射擊是最集中的；5 公克組的 10 次射擊為中等的；10 次射擊最分散的則是 20 公克組的。集中程度依大小排列為：**10 公克>5 公克>20 公克。**

(二) 在這組數據中，有兩個需要被解釋的結果：(1) 5 公克的分散情形為何會比 10 公克來的大？(2) 20 公克的分散情形為何會是最大的？以下我們將針對這兩個結果提出可能解釋。

首先，針對(1)這個問題，我們認為造成 5 公克分散狀況大於

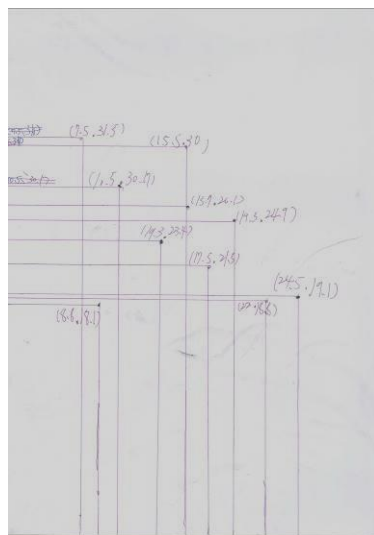
10 公克的原因在於 5 公克的彈藥較輕，因此在射擊出去後受到氣流的影響大於 10 公克。在氣流的影響下，5 公克的彈藥因為較輕，因此較容易產生偏移的狀況，但 10 公克的彈藥因為本身重量較重的緣故，因此較能減低氣流的影響，偏移的狀況較小。此一差異造成了 5 公克組的分散狀況大於 10 公克組。

其次，若按造上面的說法，越重的彈藥越能克服射擊出去後氣流的影響，那麼，20 公克按理來說應該是最能克服氣流影響的彈藥。然而，我們可以看到結果並不是這樣：20 公克組的分散狀況反而是最大的。我們認為，此一結果應該是實驗的誤差所造成的。如同在研究方法中所提到的，我們在彈弓的皮革上畫了一個標記來固定彈藥放置的位置。當體積小時，彈藥較能準確地放置在標記的位置上，但當體積大到一定的程度，彈藥放置的位置將會因為人為操控的緣故而產生些許的偏差(而此一偏差很明顯地會大於微弱氣流所造成的影響)。20 公克組的彈藥便是因為體積過大的緣故，因此在十次射擊中，每次的放置位置都存在著些許的誤差，這些誤差導致了十次射擊的落點呈現散佈狀況較為分散的結果(但，嚴格來說這也不算實驗的誤差，因為彈弓在實際射擊時確實會遇到同樣的問題)。



## 六、研究問題：彈藥形狀是否會對射出後的集中程度產生影響？

(一)組別：彈藥為正方形

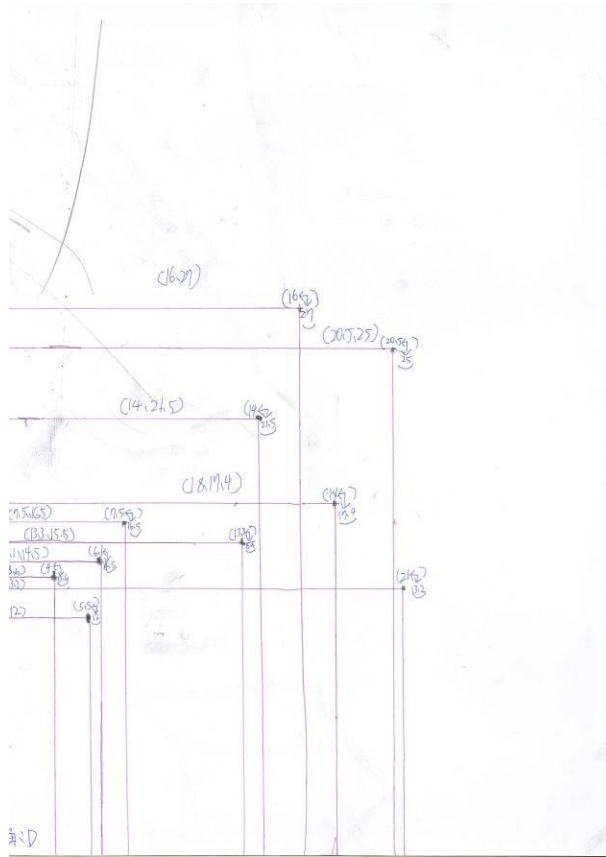


圖十、彈藥為正方形組十次射擊散佈圖

座標 次數	X	Y
1	7.5	31.5
2	15.5	30
3	10.5	30.17
4	15.7	26.1
5	19.5	24.9
6	19.3	23.4
7	17.5	21.5
8	24.5	19.1
9	22	18.8
10	8.8	18.1
中心點	16.08	24.357

**標準差：22.6934**

(二)組別：彈藥為三角形



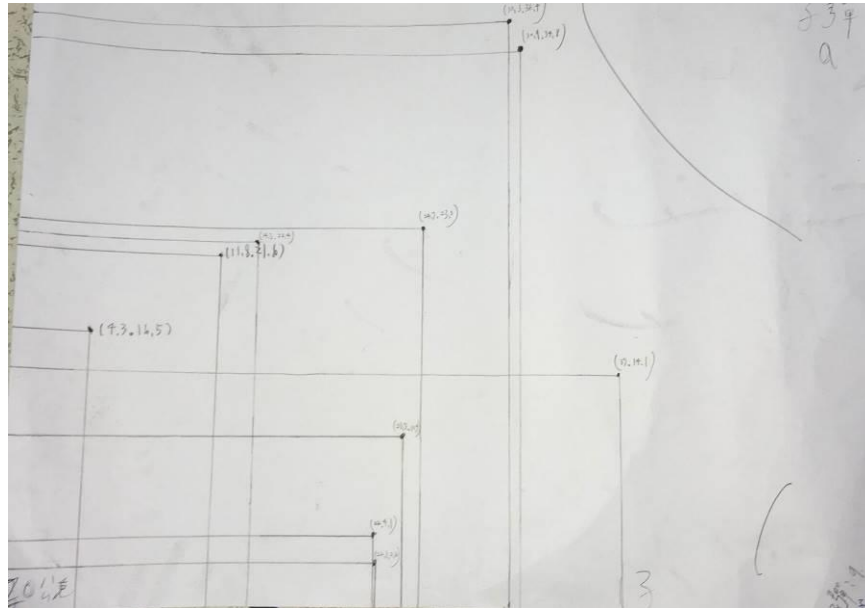
圖十一、彈藥為三角形組十次射擊散佈圖

座標 次數	X	Y
1	16	27
2	20.25	25
3	14	21.5
4	18	17.4
5	7.5	16.5
6	13.3	15.5
7	6.1	14.5
8	4	13.6

9	21	13.2
10	5.5	12
中心點	12.565	17.62

**標準差：24.60053**

(三)組別：彈藥為子彈形



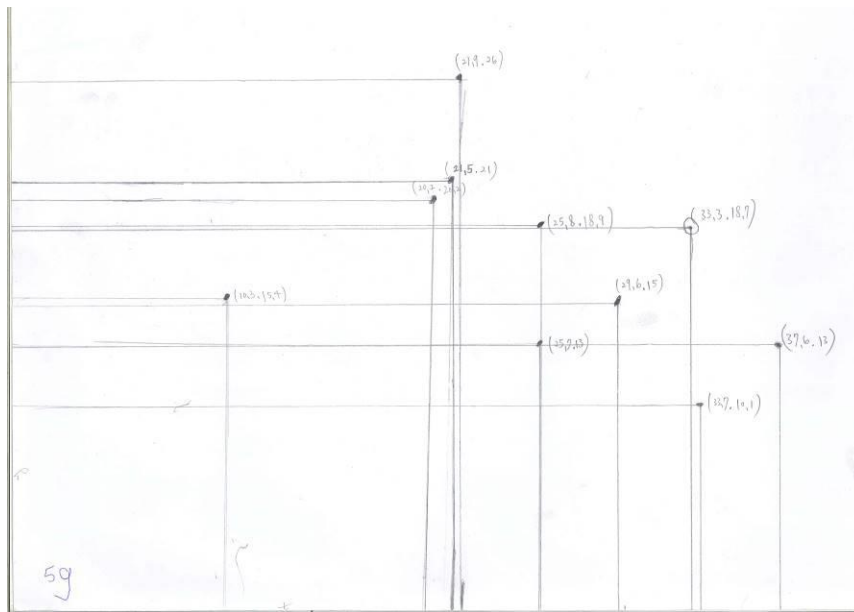
圖十二、彈藥為子彈形組十次射擊散佈圖

座標 次數	X	Y
1	30.3	36.4
2	30.9	34.8
3	24.7	23.3
4	14.3	22.4
5	11.8	21.6
6	4.3	16.5
7	37	14.1
8	23.7	10.4

9	22.4	4.1
10	22.1	2.6
中心點	22.15	18.62

標準差：45.19736

(四)組別：彈藥為圓形



圖十三、彈藥為圓形組十次射擊散佈圖

座標 次數	X	Y
1	21.9	26
2	21.5	21
3	20.2	20.2
4	25.8	18.9
5	33.3	18.7
6	10.3	15.4
7	29.6	15

8	25.7	13
9	37.6	13
10	33.7	10.1
中心點	25.96	17.13

**標準差：27.87732**

#### 討論：

- (一) 從上面的表格可知:正方形組的標準差為 22.6934；三角形組的標準差為 24.60053；子彈形組的標準差為 45.19736；圓形組的標準差為 27.87732。由此可知，因為標準差越小越集中，越大則越分散，所以正方形組的 10 次射擊是最集中的；三角形組的 10 次射擊為第 2；圓形組的 10 次射擊為第 3；10 次射擊最分散的則是子彈形組的。集中程度依大小排列為：正方形>三角形>圓形>子彈形。
- (二) 我們認為子彈型的彈藥集中程度最低的原因如下：子彈形的彈藥較狹長所以不容易放正，**可能會有彈藥射出時上偏或是下偏的狀況發生**，而且這樣的誤差將會隨著射擊的距離增加而加大。我們認為這樣的誤差是造成子彈型的彈藥在 10 次射擊中為最分散的主要原因(這個跟槍枝的原理是類似的:通常射擊距離越遠的(如狙擊槍)，槍管必須要越長，因為我們必需要能確保子彈能筆直地射出)。
- (三) 在另一方面，我們認為圓形的彈藥集中程度之所以會小於三角形和正方形的原因在於；圓形表面**較圓滑**，所以較難降低空氣阻力與氣流的影響；但，相反的，三角形和正方形都有**菱有角**，因此在降低空氣阻力與氣流的影響上效果較大。

## 柒、結論

- 一、在研究問題一「彈藥重量是否會對射出距離產生影響？」上，我們發現彈藥的重量確實會對射出的距離產生影響。越重的子彈射出的距離越近，越輕的子彈射出的距離越遠。這與地球引力和彈藥在空中停留的時間有關。
- 二、在研究問題二「彈藥形狀是否會對射出距離產生影響？」上，我們發現射出距離的遠近依序為：子彈形>正方形>三角形>圓形。導致此一結果的主要原因在於「彈藥的形狀所造成的降低空氣阻力的效果不同」所致。
- 三、在研究問題三：「彈弓開口的距離是否會對射出距離產生影響？」上，我們發現開口距離並不會對射出的距離產生影響。
- 四、在研究問題四：「彈弓開口的距離是否會對射出後的集中程度產生影響？」上，我們所得出的實驗結果是：20 公分>30 公分>10 公分。但這與我們所預測的有所出入(我們認為應該不會造成影響)。雖然在刪除極端值後，三者的分散狀況大致相同，但我們認為此一問題仍有待進一步的確認與探討。
- 五、在研究問題五：「彈藥重量是否會對射出後的集中程度產生影響？」上，我們發現彈藥的重量確實會影響射出後的集中程度。越重的彈藥越能克服氣流的影響，讓彈藥更集中；但，當彈藥大到一定的程度後，因為體積過大的緣故，每次射擊時彈藥放置在皮革上的位置將會有些許的偏移，這將會導致集中程度下降。
- 六、在研究問題六：「彈藥形狀是否會對射出後的集中程度產生影響？」上，我們發現有菱有角的彈藥(如正方形、三角形)，能憑藉這著這些菱角來降低氣流對其所造成的影響，因此在集中度上比無菱角的彈藥(圓形)來的集中。然而，值得一提的是，子彈形的彈藥雖然在降低氣流影響上表現良好，但因為它較為狹長的緣故，射出去後較容易上偏或下偏，因此在集中度的表現上是最差的。
- 七、綜上所述，針對研究目的一與二，彈藥的重量與彈藥的形狀同時是影響彈弓射出距離與射出後的穩定度的因素。若要配合實際的需求，讓彈弓打的又遠又準，我們應選擇重量中等(如本實驗中的 10 公克)且在形狀上是短且有

菱角的彈藥。

## 捌、參考資料

- 1、國小自然與生活科技六下，翰林出版公司。