

嘉義縣國民中小學 科學展覽會作品說明書

屆 別：65

科 別：物理

組 別：國小組

作品名稱：強弩之末—弩弓射箭原理探究

關 鍵 詞：弩弓模型 弓片 飛行距離

編 號：A102

題目：強弩之木—弩弓射箭原理探究

壹、 研究動機：

有一次老師跟我們介紹鄒族文化，其中有一項現在沒有使用的獵具，叫做弩弓。我們覺得這種獵具很有趣，除了利用卡榫固定箭以外，還有弩弓本身是用好幾片的竹片綁在一起做成的。我們很好奇這種獵具的發射原理，所以就拿它來做探討。

貳、 研究目的：

- 一、不同弓片數量與木棍發射距離的關係。
- 二、不同弓片寬度與木棍發射距離的關係。
- 三、不同長短的弓片組合，與木棍發射距離的關係。
- 四、弓片結構斜度與木棍發射距離的關係。
- 五、不同結構斜度的弓片組合排列，與木棍發射距離的關係。
- 六、固定弓片的膠帶距離不同與木棍發射距離的關係。

參、 研究設備與器材：

中空塑膠瓦楞板、直尺、捲尺、三角板、木棍、麻繩、電子拉力秤、相機

肆、 研究過程：

一、不同弓片數量與木棍發射距離的關係。

(一) 實驗步驟：

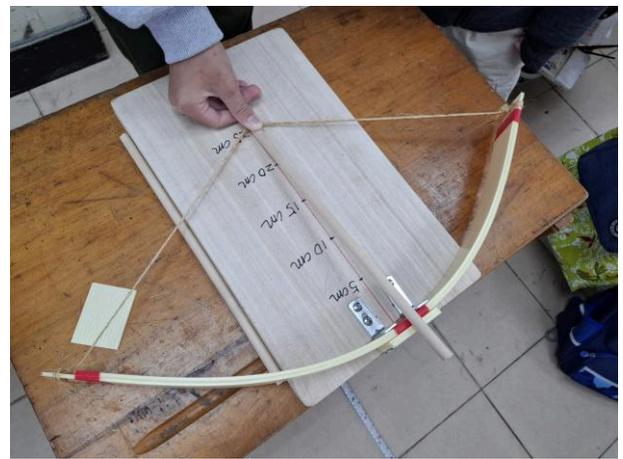
1. 我們把中空塑膠板裁切長 60 公分、寬 4 公分的長條當做弩弓的弓片。
2. 在弓片兩側鑽孔後穿上麻繩當弓弦，麻繩長度與鑽孔之間的長度相同。
3. 將弓固定在發射台上，發射台中間畫一條直線並標示出長度。
4. 放上木棍並把弦拉開至 25 公分的地方。
5. 把弦放開，觀察木棍落地的位置，之後測量木頭的前端離發射台的距離。
6. 再拿兩條弓片，一條長 60 公分、另一條長 55 公分。
7. 將短的弓片綁在長弓片的中間，之後拿出木棍、拉弦到 25 公分後射出木棍。
8. 記錄下木棍飛行距離後再拿出 60 公分、55 公分、50 公分的弓片，再依短到長從中間用膠帶固定，之後拉弓弦到 25 公分後射出木棍並測量飛行距離。
9. 最後拿出 60 公分、55 公分、50 公分、45 公分的弓片，依上述的方式固定弓片後再做實驗。

(二) 實驗結果：

1. 一片弓片木棍飛行的平均距離是 123.5 公分；兩片弓片木棍飛行的平均距離是 147.7 公分；三片弓片木棍飛行的平均距離是 194.6 公分；四片弓片木棍飛行的平均距離是 212.6 公分；。
2. 弓片越多，木棍飛行的距離越遠。

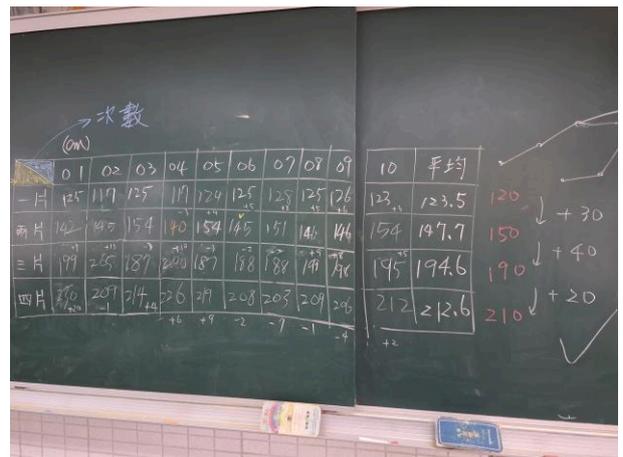
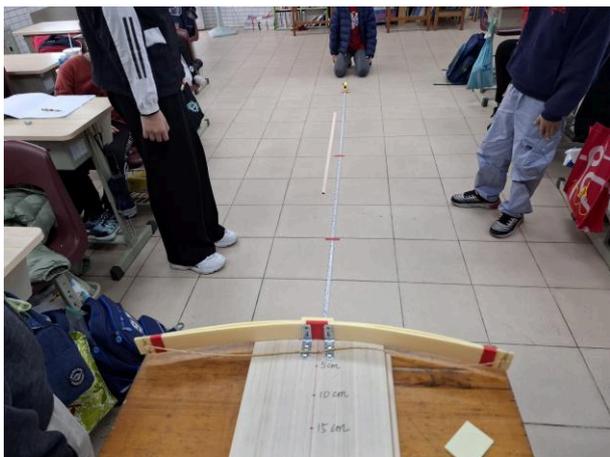
表一：不同弓片數，木棍射擊的距離

次數 距離 片數	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平均
1	125	117	125	117	124	125	128	125	126	123	123.5
2	142	145	154	140	154	145	151	146	146	154	147.7
3	199	205	187	200	187	188	188	198	198	195	194.6
4	230	209	214	226	219	208	203	209	206	212	212.6



討論要實驗的題目

將弓弦拉開 25 公分 (兩片弓片)



木棍正朝向前方飛行

把實驗數據記錄在黑板上

二、不同弓片寬度與木棍發射距離的關係。

(一) 實驗步驟：

1. 將弓片的寬度分成 2 公分、4 公分、6 公分寬。

2. 把弓片的長度切成 60 公分、55 公分、50 公分、45 公分的長度，在每片弓片中間做記號後用膠帶固定起來，弓片的兩邊再用膠帶和其他弓片固定在一起。
3. 考量弓片的寬度會影響到木棍發射的仰角，所以我們會墊高弓和木棍，讓寬度 6 公分的弓片和寬度 4 公分的弓片，都和寬度 2 公分的弓片射擊仰角相同。
4. 用弓寬 6 公分的做實驗，在木棍發射處先墊高 4 公分再發射實驗。之後在發射台上墊高 2 公分再拿出寬度 4 公分的弓片，按照上面的方式做實驗。
5. 做完弓寬 4 公分的實驗後，再拿出弓寬 2 公分的弓來做實驗，在發射台上墊高 4 公分，之後再按照前面的方式操作。

(二) 實驗結果：

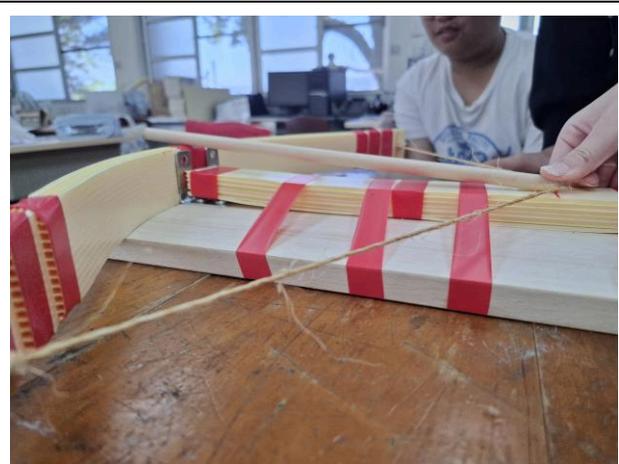
1. 弓寬 2 公分的弓，木棍平均飛行距離是 171.4 公分；弓寬 4 公分的弓，木棍平均飛行距離是 213.6 公分；弓寬 6 公分的弓，木棍平均飛行距離是 250.2 公分。
2. 弓片越寬，木棍飛行的距離越遠。

表二：不同弓片寬，木棍射擊的距離

次數 弓寬 (cm)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平均
2	229	163	182	170	158	177	192	184	182	177	171.4
4	194	242	240	200	216	208	215	222	209	190	213.6
6	264	264	243	236	256	254	247	249	259	244	250.2



弓寬 6 公分還沒有墊高時，木棍會向上翹起



墊高木棍的位置，讓木棍射擊角度和弓寬 2 公分的弓相同



不同弓寬的弓



大家輪流做實驗

三、不同長短的弓片組合，與木棍發射距離的關係。

(一) 實驗步驟：

1. 準備寬度 4 公分的弓片做實驗。
2. 將 4 片的弓片按照長度 60 公分、55 公分、50 公分、45 公分切好，之後把四片弓片依長短排好，之後把中間固定，最後再把弓片的兩端和其他弓片固定在一起。
3. 將弦拉開 25 公分後把木棒射出，之後再測量距離。
4. 拿出 4 片弓片，長度分別是 60 公分、50 公分、40 公分、30 公分，之後按照上面的方式把弓片固定好後，將弓弦拉開 25 公分後測量距離。
5. 拿出 4 片弓片，長度分別是 60 公分、45 公分、30 公分、15 公分，之後按照上面的方式把弓片固定好後，將弓弦拉開 25 公分後測量距離。

(二) 實驗結果：

1. 弓片長度組合為 60 公分、55 公分、50 公分、45 公分的弓，木棍平均飛行距離為 275.9 公分；片長度組合為 60 公分、50 公分、40 公分、30 公分的弓，木棍平均飛行距離為 248.1 公分；片長度組合為 60 公分、45 公分、30 公分、15 公分的弓，木棍平均飛行距離為 212.1 公分。
2. 組合的弓片長度越長，木棍飛行的距離越遠。

表三、不同長短弓片，木棍射擊的距離

次數 長度組合 (cm)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平均
60、55、50、45	280	252	261	288	270	291	263	276	276	271	275.9
60、50、40、30	247	235	264	230	258	250	256	260	229	252	248.1
60、45、30、15	206	211	215	216	213	217	214	214	208	207	212.1

四、弓片結構斜度與與木棍發射距離的關係。

中空塑膠瓦楞板裡面的結構呈規則的排列，我們平常射擊的弓片較長的那邊與裡面的結構呈水平，我們想知道如果切下的弓片結構斜度不同會有什麼影響，就設計這個實驗。

(一) 實驗步驟：

1. 準備寬度 4 公分、斜度 0 度（也就是之前在用的切法）的弓片做實驗。
2. 將 4 片的弓片按照長度 60 公分、55 公分、50 公分、45 公分切好，把四片弓片依長短排好，之後把中間固定，最後再把弓片的兩端和其他弓片固定在一起。
2. 將弓弦拉開 25 公分後把木棍射出再測量距離。
3. 把中空塑膠片以斜度 45 度的方式切開，並準備 60 公分、55 公分、50 公分、45 公分的長度，之後把這些弓片固定好再開始做實驗。
4. 把中空塑膠片以斜度 90 度的方式切開，並準備 60 公分、55 公分、50 公分、45 公分的長度，之後把這些弓片固定好再開始做實驗。
5. 把觀測到的數據記錄下來。

(二) 實驗結果：

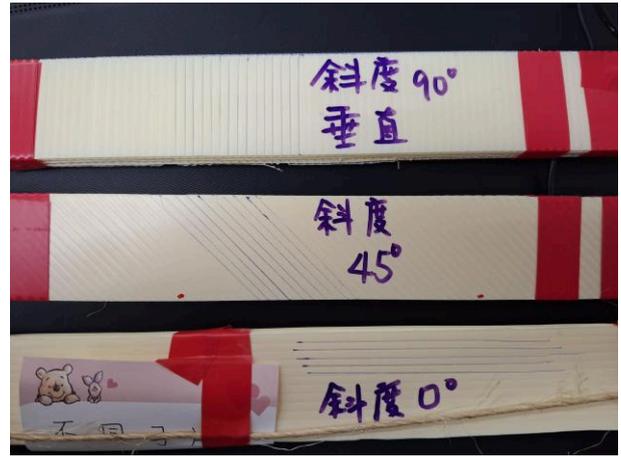
1. 弓片斜度為 0 度，木棍平均飛行距離是 275.9 公分；弓片斜度為 45 度，木棍平均飛行距離是 244.8 公分；弓片斜度為 90 度，測試到第六次時弓片就彎折變形，無法完成後面的實驗。
2. 以斜度 0 度和 45 度來看，結構斜度 0 度、木棍平均飛行距離比斜度 45 度來得遠。

表四：不同結構斜度的弓片組合排列，木棍射擊的距離

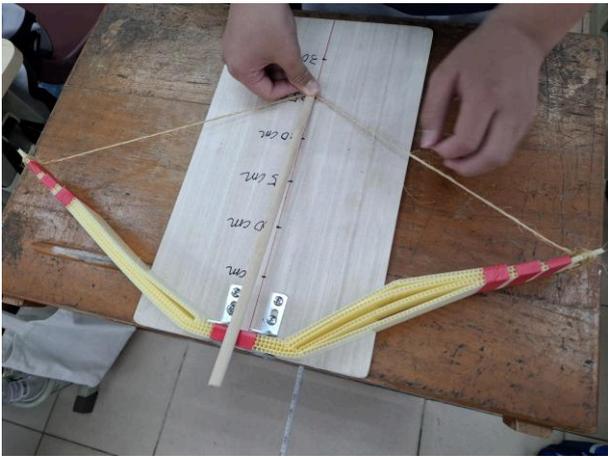
次數 斜度 (°)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平均
0	280	252	261	288	270	291	263	276	276	271	275.9
45	240	254	242	248	246	247	239	236	235	251	244.8
90	170	149	147	142	135	斷了	斷了	斷了	斷了	斷了	



利用三角板切出斜度 45 度的弓片



三種不同斜度的弓片



斜度 90 度的弓射到第 6 次就損壞了



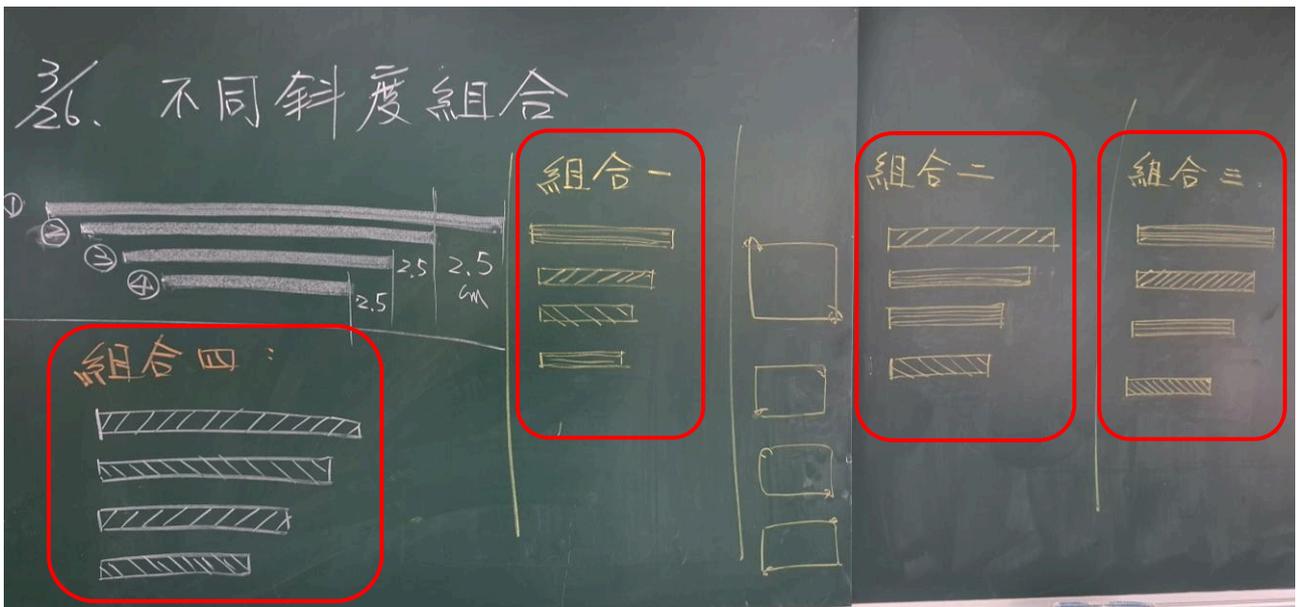
壞掉的弓會從中間裂開

五、不同斜度的弓片組合排列，與木棍發射距離的關係。

因為這些中空塑膠片的結構固定，我們想說，如果用不同斜度的弓片，依不一樣的組合方式來做實驗，不知道會產生什麼效果，所以我們就設計以下的實驗。

(一) 實驗步驟：

1. 我們把弓片分成斜度 45 度、斜度 0 度兩種。
2. 實驗的弓片長度定為 60 公分、55 公分、50 公分、45 公分。
3. 把不同斜度的弓片組合起來，如下面的照片：



4. 將 4 片的弓片按照上面大家討論的結果排列好，之後把中間固定，最後再把弓片的兩端和其他弓片固定在一起。
5. 將弓弦拉開 25 公分後把木棍射出再測量距離。
6. 把四種排列組合都按照上面的實驗步驟操作，並把木棍飛行的距離記錄下來。

(二) 實驗結果：

1. 組合一木棍平均飛行距離是 210.6 公分；組合二木棍平均飛行距離是 208.3 公分；組合三木棍平均飛行距離是 213 公分；組合四木棍平均飛行距離是 211.6 公分。
2. 組合一到組合四的木棍飛行距離差距不大。

表五：不同結構斜度的弓片組合排列，木棍射擊的距離

次數 排列 組合	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平均
組合一	214	210	210	204	215	219	205	206	219	204	210.6
組合二	205	217	214	209	206	208	203	213	206	202	208.3
組合三	205	222	226	211	213	205	216	217	209	206	213
組合四	214	205	214	215	207	215	209	219	211	205	211.6



討論用不同斜度的弓片可以組出幾種組合



把討論的結果記錄在黑板上



中空塑膠片裡面的結構呈規律排列



實驗的過程

六、固定弓片的膠帶距離不同與木棍發射距離的關係。

(一) 實驗步驟：

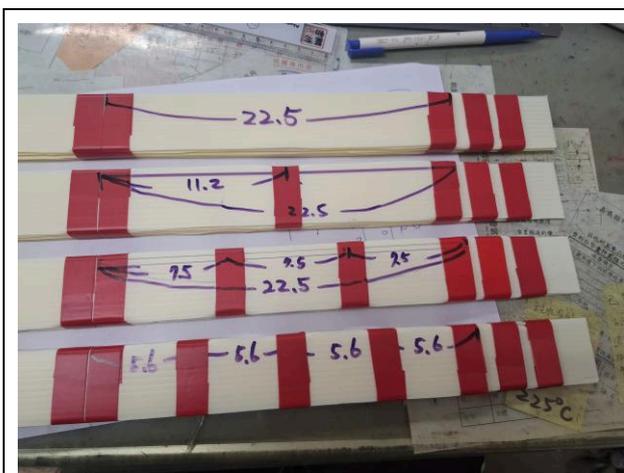
1. 我們取 60 公分、55 公分、50 公分、45 公分的弓片做實驗。
2. 把弓片兩端和中間黏上膠帶做固定。
3. 將弓弦拉開 25 公分後射出木棍並記錄飛行距離。
4. 接著我們拿出一樣的弓，計算最短的弓片到兩端的距離。
5. 經過測量後得知，弓片中間到一端的距離為 22.5 公分。
6. 我們把 22.5 公分除以 2、除以 3、除以 4，得到約 11.2 公分、7.5 公分、5.6 公分。
7. 依上述的距離分別做出三種膠帶距離不同的弓。
8. 之後按照之前的方式做實驗，並記下數據。

(二) 實驗結果：

1. 膠帶距離 22.5 公分的木棍平均飛行距離是 247.5 公分；膠帶距離 11.2 公分的木棍平均飛行距離是 259.0 公分；膠帶距離 7.5 公分的木棍平均飛行距離是 293.3 公分；膠帶距離 5.6 公分的木棍平均飛行距離是 321.5 公分。
2. 膠帶距離越短，越多地方會纏繞膠帶、木棍飛行的距離也越遠。

表六：固定弓片的膠帶距離不同，木棍射擊的距離

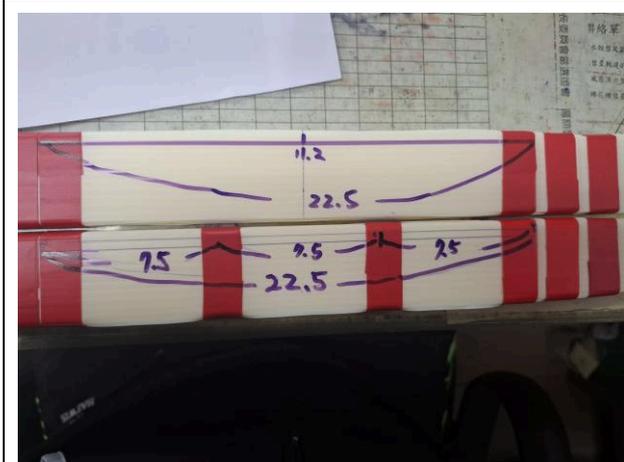
次數 膠帶 距離 (cm)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平均
22.5	242	250	252	255	251	245	249	241	248	242	247.5
11.2	265	255	255	261	264	267	257	260	254	252	259.0
7.5	302	289	282	289	287	290	304	305	295	290	293.3
5.6	330	320	323	320	309	319	324	316	320	334	321.5



四種距離不同的固定方式



以 11.2 公分為距離的弓



以 7.5 公分為距離的弓



以 5.6 公分為距離的弓

伍、 結論：

一、研究一裡我們用數量不同的弓片來做實驗，結果發現弓片數量多、射擊出去的木棍可以飛得更遠，因為在拉開相同弓弦距離的情形下，用比較多的弓片會產生更大的彈力，「……弓箭射擊是透過「力」拉緊弓弦，使弓臂彎曲，同時儲存彈力，然後鬆開弓弦，弓臂迅速恢復原狀並釋放能量，把扣在弦上的箭大力地彈射出去。……」

(<https://tpsci.phy.ntnu.edu.tw/exhibits/437>)。

二、我們想了解比較弓片寬窄對木棍飛行距離的影響，所以設計了研究二，結果看得出來，弓片愈寬，木棍飛行的距離愈遠，因為「……射手拉弓時，弓臂彎曲儲存能量。射手釋弦時，將位能變成動能，把箭“彈”射出去。彈性位能=箭的動能+弓的震盪能量……」

(<https://tpsci.phy.ntnu.edu.tw/exhibits/437>) 弓片寬，在拉弓時儲存的位能就比較大，射出木棍時能轉換的動能也會比較大。

三、在研究三之中我們討論弓片長短不同對木棍飛行距離的影響，我們可以知道，組成弓的弓片長度愈長，木棍飛行的距離愈遠。弓片長度比較長，就有比較多的地方儲存拉弓時的能量，另外，在弓的中間加上數片弓片，也能減少拉弓時對弓的破壞，「……弓體中央粗厚，除了易於掌握，拉弓時二端的形變大，中間的形變小，可使力被分散，使中央不容易斷裂。……」(<https://n.sfs.tw/content/index/12014?noframe=true>)，所以這種弓的耐用度很好，才能讓鄒族人架設好之後放在山上一段時間都不會因為彈性疲乏而無法射中獵物。

四、我們發現這次用來做實驗的中空塑膠板的結構是有規律的，為了了解內部結構對木棍飛行距離的影響，我們就用研究四來安排這三種不同斜度組合而成的弓，結果發現與弓形狀平行的弓所射出的木棍可以飛最遠，而且斜度 90 度的弓實驗到一半還折斷了。我們推論，平行的弓結構和拉力的方向呈垂直，所以可以承受比較大的力並且儲存在弓片裡面。

五、我們在研究四討論弓片（塑膠片）斜度，後來想一想，如果把它們排列組合，會不會有意外的效果？所以我們設計了研究五，實驗後發現，以斜度 0 度、斜度 45 度的弓片組合，在不同的排列組合下，木棍的飛行距離並沒有太多差異。

六、在研究六裡，我們討論相同弓片組合下，固定的膠帶會不會對木棍飛行距離有沒有影響，在實驗結果中我們可以看到，膠帶固定的愈多，木棍飛行距離就愈遠。這表示當我們把結構排列好之後再加以固定，的確可以加強弓片結構強度，結構強度增加，拉弓時能儲存的能量就能增加。

陸、 參考資料來源：

一、國立臺灣師範大學物理學系：<https://tpsci.phy.ntnu.edu.tw/exhibits/437>

二、zfang 之科學小玩意：<http://n.sfs.tw/content/index/12000?noframe=true>