

屏東縣第 66 屆國民中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：物理

組 別：國小組

作品名稱：用力一擊~飛翔吧！Batu

關 鍵 詞： 力 、 力臂 、 力矩 （最多三個）

編號：A2020

用力一擊~飛翔吧！Batu

摘要

近年來學校規展民族實驗教育，課堂教學中多出了一些傳統童玩器具，其中，有一項傳統童玩和現代棒球很像-魯凱族稱之為「Batu」，不同現代棒球的是以前沒有「球」這種圓形物品，而是用小木棍當作球來打擊，為了能打得又高又遠，此一童玩器具引起了研究的興趣。一看到「Batu」這個童玩的設計時，除了能了解傳統文化與族群歷史沿革外，更是從中看到好玩的科學原理，因此，心中出現許多~「為什麼」，進而湧現想要探求一切的動力。透過訪問耆老關於「Batu」的球該如何製作，斜面角度該如何拿捏，才能精確的擊中球呢？此一問題耆老皆無法清楚說明，都說從以前玩就大概切這樣的斜面，角度大概就是這樣，我們只是繼續沿用而已。之後，透過針對「Batu」的球切出多少角度的斜面進行探究，雖因實驗器材簡陋之故，只能發現「球~小木棍的斜面長度」以及「球~小木棍的長短」是造成球「飛高」以及「飛遠」進而影響打擊的關鍵因素，但無法確切分辨出「撞擊點的位置」對打擊的影響。未來若有足夠的經費，可以採購更好的材料來做實驗並確實測量，這樣產生的數據來直接說明會更為精確。

壹、研究動機

「Batu」是魯凱族孩子喜愛的童玩之一，依據相關田野調查，早在日據時期就有這樣的遊戲。小木棍平放於地面或桌面，孩子手握木板或木棍向下垂直用力敲打小木棍一端(擁有斜面切角)，當小木棍彈起的時候，再用手中的木板或木棍揮打小木棍，揮打的動作就如同棒球揮棒一樣，孩子嘗試要將小木棍打得又高又遠。仔細觀察 Batu 的小木棍時，會很好奇古人如何決定「小木棍的形狀與長短」，不同的人所製作出來的小木棍在「斜面角度」以及「小木棍長度」都略有不同，有人製作出斜面角度較大的小木棍；有人製作出長度較長的小木棍，但是，仔細去比較，會發現斜面角度和長度大概都趨近某的數字。遊戲的過程中會發現某幾個小木棍特別容易被打擊出去，再仔細觀察的時候，便會對「小木棍的形狀與長短」感到好奇，斜面角度多少時？長度多少時？更容易將小木棍打擊出去，因此，我們要探究小木棍在「斜面角度」以及「長度」對於 Batu 這一項童玩來說有什麼樣的影響？

研究目的

從學校民族文化課程中可以了解魯凱族傳統生活方式，從中可以發現魯凱生活中所使用的一些

生活器具以及童玩。仔細觀察使用木板或是木棍敲擊小木棍時，發現不同斜面及長度的小木棍被敲擊時，彈起的「高度」以及「距離」為直接影響成功揮擊出去的原因，因此，透過觀察我們大膽提出不同的想法，提出假設如下：

假設：小木棍一端切出斜面，當斜面受力時，會因受力「斜面角度」及木棍「長度」不同，而造成小木棍「彈起高度」以及「彈起落地距離」的不同。

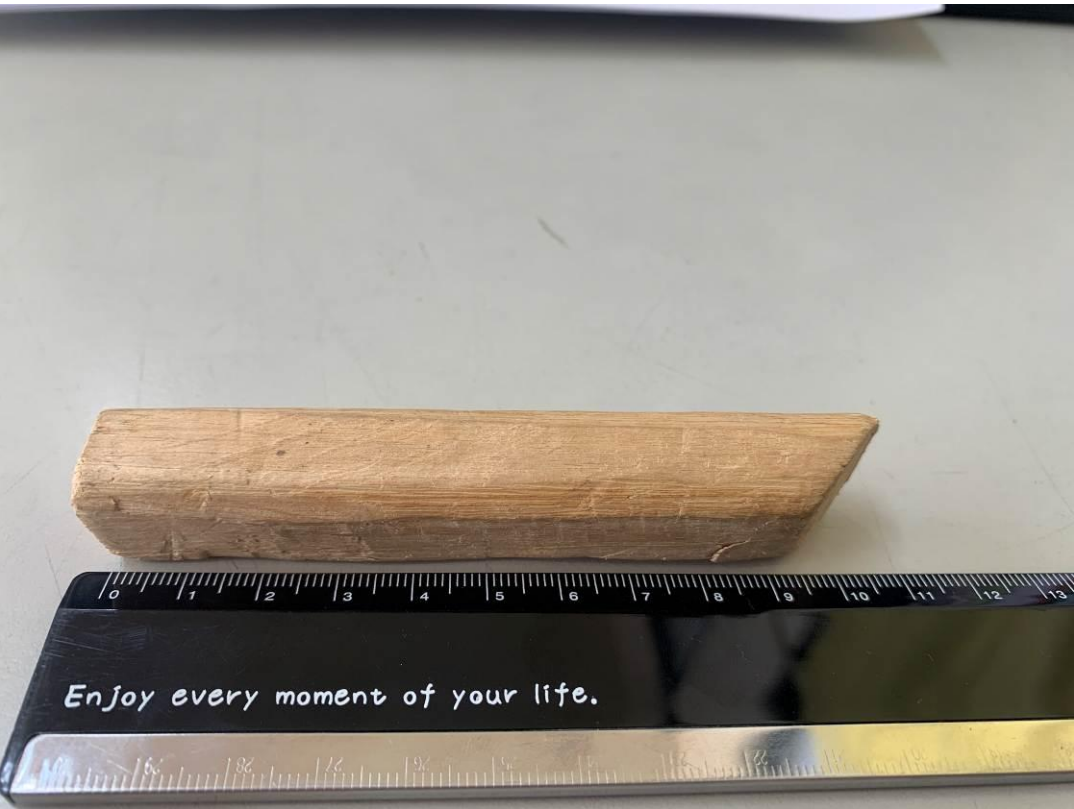
本研究透過敲擊三種斜面角度(30 度、45 度、60 度)以及三種長度(11 公分、14 公分、17 公分)的小木棍，觀察小木棍敲擊後飛行的高度以及距離形，來探究不同斜面角度以及長度是否影響揮擊出去的成功率。

下列為本研究待答問題：

- 一、當小木棍斜面角度越小(30 度、45 度、60 度)，在固定受力點及受力大小時，彈起高度是否越高？
- 二、當小木棍斜面角度越小(30 度、45 度、60 度)，在固定受力點及受力大小時，彈起落地距離是否越遠？
- 三、當小木棍長度越小(11 公分、14 公分、17 公分)，在固定受力點及受力大小時，彈起高度是否越高？
- 四、當小木棍長度越小(11 公分、14 公分、17 公分)，在固定受力點及受力大小時，彈起落地距離是否越遠？

貳、研究設備及器材

一、所需器材：

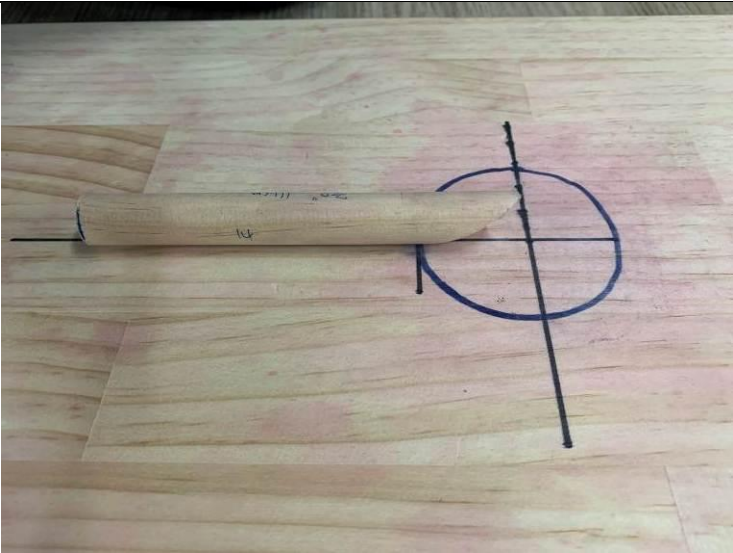
編號	名稱	照片
1	Batu 的球- 小木 棍 (學生 認為 最好 的小 木棍 其長 度為 11 公 分。)	 

Batu
的木
板



木架

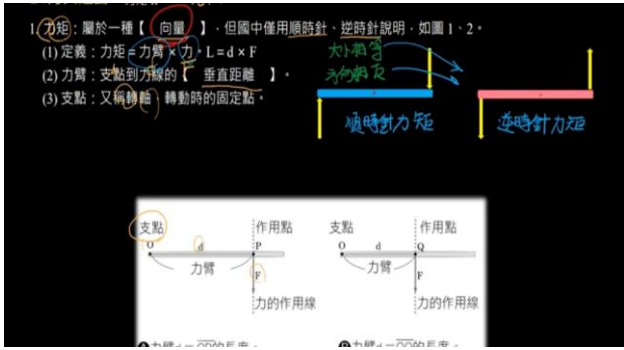


		
	裝水 寶特 瓶	
	定位 板	

	皮尺	
	直尺	

參、研究過程或方法

- 一、 透過觀察以及聆聽耆老述說 Batu 的球-小木棍的設計原理來擬定研究方向：觀察校園中的 Batu 的球-小木棍的形狀與長度以及上網搜查「力與力矩」的相關資料，發現小木棍的斜面角度及長度的不同，將影響成功打擊的效率。因此，小木棍的形狀與長度該是多少？這引起了我們研究上的興趣。

	
上網搜尋力以及力矩的資料(資料來源：均一教育平台)	透過透過彈力與壓力的簡易實驗了解力的大小及方向

- 二、 提出自己的疑問並與老師進行口語對話，探究小木棍在敲擊之後會彈起的原因。

	
對話討論過程：學生之間彼此說服對方接受自己覺得設計最好的小木棍，並利用課餘時間透過其他遊戲或實驗設計了解力的概念。	

- 三、 收集文獻資料：

- (一) 回家訪問家中長輩 Batu 的小木棍要怎樣設計，其斜面角度是多少？長度是多少？為什麼要如此設計呢？大部分的長輩的答案都說以前就是這樣設計，他們看過的也都是這樣的形體，至於為什麼要設計成這種形體，他們並不清楚。
- (二) 總結所有詢問過的耆老故事以及仔細觀察 Batu 的小木棍的外型後，我們覺得小木棍在敲擊之後會彈起的原因應該是和敲擊的斜面有關，因為斜面形成了支點和力臂。
- (三) 上網搜尋資料：在經過討論之後，提出有關「力矩與旋轉 vs 敲擊後彈起」的想法，針對「力矩與旋轉的概念」上網搜尋資料來了解相關知識。



四、 提出假設：

小木棍一端切出斜面，當斜面受力時，會因受力「斜面角度」及木棍「長度」不同，而造成小木棍「彈起高度」以及「彈起落地距離」的不同。透過敲擊三種斜面角度(30 度、45 度、60 度)以及三種長度(11 公分、14 公分、17 公分)的小木棍，觀察小木棍敲擊後飛行的高度以及距離形，來探究不同斜面角度以及長度是否影響揮擊出去的成功率。

五、 提出實驗設計：

- (一) 使用對照組和實驗組的方式進行比較：

1. 解決問題：

- (1).當小木棍斜面角度越小(30 度、45 度、60 度)，在固定受力點及受力大小時，彈起高度是否越高？
- (2).當小木棍斜面角度越小(30 度、45 度、60 度)，在固定受力點及受力大小時，彈起落地距離是否越遠？
- (3).當小木棍長度越小(11 公分、14 公分、17 公分)，在固定受力點及受力大小時，彈起高度是否越高？

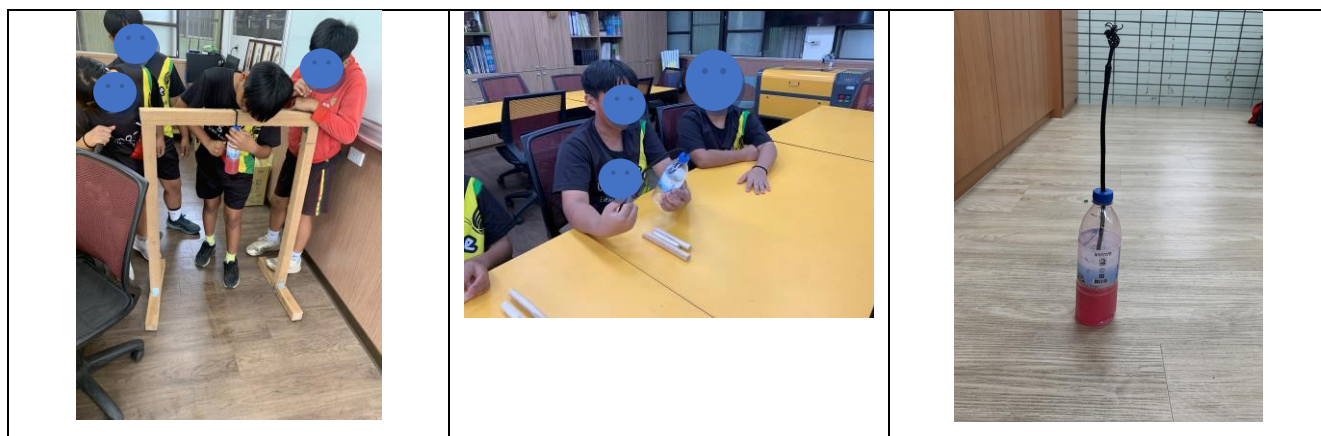
(4).當小木棍長度越小(11 公分、14 公分、17 公分)，在固定受力點及受力大小時，彈起落地距離是否越遠？

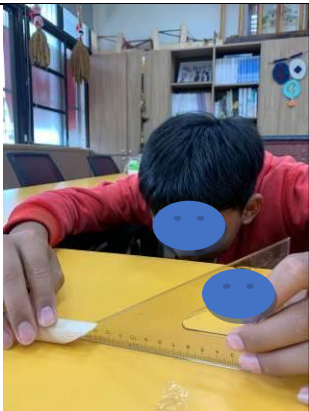
2. 設計實驗模型：設計三種斜面角度(30 度、45 度、60 度)以及三種長度(11 公分、14 公分、17 公分)的小木棍，總計 9 個。

3. 原始 Batu 童玩器具組，如下圖形：

		
不同長度小木棍	不同斜面角度小木棍	打擊用木板
		
學生認定設計最好的小木棍，測量之後約 11 公分。		

4. 模型圖如下：(1).支架、(2).水瓶、(3).定位板、(4)三種斜面角度(30 度、45 度、60 度)以及三種長度(11 公分、14 公分、17 公分)的小木棍，總計 9 個。



支架	水瓶	水瓶(含繩子)
		
定位板	定位板與小木棍：定位	60 度斜面小木棍
		
30 度斜面小木棍	45 度斜面小木棍	

5. 實驗過程：

- (1).使用支架固定水瓶，當水瓶往下掉落時，會撞擊到小木棍，此一設計代替用手握木板敲擊小木棍。
- (2).當小木棍被水瓶擊中後，有可能出現彈起的情形：我們用皮尺測量彈起、飛行後落地與原點的距離。高度的部分因為沒有適當的測量工具，因此，我們將 100 公分的直尺綁在支架上，兩位學生用目測的方式進行彈起後高度的估測。
- (3). 三種斜面角度(30 度、45 度、60 度)以及三種長度(11 公分、14 公分、17 公分)的小木棍，總計 9 個小木棍，每一個小木棍撞擊各 12 次。
- (4).因測量彈起高度的設備較為簡陋，彈起高度超過 100 公分者，皆以 100 公分紀錄。



1、小木棍放置在定位板上



2、水瓶落地撞擊小木棍



3、小木棍彈起後往後方飛，支架邊學生測量高度，令懷有學生使用皮尺測量飛行距離。



4、再次將小木棍定位放置好

肆、研究結果

Batu 的球：斜面角度及長度變化~ 撞擊後飛行的高度以及彈起落地距離(cm)					
小木棍長度 11 公分					
斜面 30 度		斜面 45 度		斜面 60 度	
高度	距離	高度	距離	高度	距離
70.5	55.4	82	90.2	30	57.75
小木棍長度 14 公分					
斜面 30 度		斜面 45 度		斜面 60 度	
高度	距離	高度	距離	高度	距離
76.75	37.167	49.167	31.917	22.429	39
小木棍長度 17 公分					
斜面 30 度		斜面 45 度		斜面 60 度	
高度	距離	高度	距離	高度	距離
74.75	51.917	36.27	19.1	30.5	42.6

圖一

圖二

Batu 的球：斜面角度及長度變化~撞擊後飛行的高度以及彈起落地距離(com)																	
長度 11 公分						長度 14 公分						長度 17 公分					
斜面 30 度		斜面 45 度		斜面 60 度		斜面 30 度		斜面 45 度		斜面 60 度		斜面 30 度		斜面 45 度		斜面 60 度	
高度	距離	高度	距離	高度	距離	高度	距離	高度	距離	高度	距離	高度	距離	高度	距離	高度	距離
8	20	100	73	X	X	80	6	40	1	33	-77	45	65	54	-16	13	-10
13	27	93	55	13	-6	60	17	45	8	X	X	87	67	39	-61	10	-44
100	-26	63	31	X	X	100	100	39	25	32	-43	47	60	54	-35	12	-45
90	-30	X	X	X	X	86	53	21	12	38	-42	57	57	72	-15	59	-29
85	-68	39	25	79	-74	62	41	96	-55	15	-16	68	71	X	X	X	X
100	82	31	-56	9	-115	95	46	23	9	X	X	87	76	20	-9	X	X
X	X	X	X	X	X	100	58	25	12	X	X	74	62	15	-33	X	X
63	-76	100	-188	X	X	34	-23	100	-128	X	X	84	48	24	-6	31	-21
84	-126	94	-140	19	-36	42	20	64	-12	11	18	100	36	20	-14	19	-26
100	-77	100	-215	X	X	87	15	52	-37	12	-50	70	9	30	5	43	-62
X	X	100	70	X	X	91	-40	32	-20	16	-27	78	15	27	6	X	X
62	-22	100	49	X	X	84	-27	53	-64	X	X	100	57	44	-10	57	-104

圖三

結果一、

回應待答問題(1).當小木棍斜面角度越小(30 度、45 度、60 度)，在固定受力點及受力大小時，彈起高度是否越高？與待答問題(2).當小木棍斜面角度越小(30 度、45 度、60 度)，在固定

受力點及受力大小時，彈起落地距離是否越遠？

上圖一為不同長度、不同斜面角度的小木棍，各歷經 12 次的敲擊後「彈起高度」與「落地距離」的平均數值。

從量化數據中可以看出斜面角度越小的木棍基本上「彈起的高度」與「飛行落地的距離」會優於角度較大的木棍。

從質性的角度來分析可以發現木棍的斜面角度越小，斜面長度會越大，與支點之間的距離也會越大，因此，力臂也會較大，從上圖二便可以清楚看出。所以，在固定受力點及受力大小的狀態下，受力力矩也會造成木棍旋轉以及彈起的效果更好，從數據也看出斜面角度越小，基本上「彈起的高度」與「飛行落地的距離」會優於斜面 45 度及 60 度的木棍。

依據上述說法，為何木棍 11 公分長時，唯獨斜面角度 30 度的「彈起的高度」與「飛行落地的距離」為什麼會低於斜面角度 45 度呢？從實驗設計的角度來看，因為實驗器具較為簡陋，操作者一開始比較不熟悉，例如：操作水瓶垂直落下時，有時水瓶還未靜止就落下或是木棍的定位有些微的落差等。因為 11 公分長斜面角度 30 度的木棍撞擊實驗室第一個進行的，因此，操作者還未能熟悉一切動作，因此，才会有數據上的差異。

結果二、

回應待答問題(3).當木棍長度越小(11 公分、14 公分、17 公分)，在固定受力點及受力大小時，彈起高度是否越高？與待答問題(4).當木棍長度越小(11 公分、14 公分、17 公分)，在固定受力點及受力大小時，彈起落地距離是否越遠？

上圖一為不同長度、不同斜面角度的木棍，各歷經 12 次的敲擊後「彈起高度」與「落地距離」的平均數值。

從量化數據中較難直接看出長度越小的木棍「彈起的高度」與「飛行落地的距離」會優於長度較大的木棍。

但若是從質性的角度分析，我們依據圖三的數據可以先將斜面角度 60 度的木棍先剔除，原因是：成功率太低。不論木棍的長度多少，12 次的敲擊至少有三分之一的機率不成功，也就是說無法彈起，這樣也就無法打擊出去。因此依據圖一再仔細比較斜面 30 度與斜面 45 度的木棍，長度分別為 11 公分、14 公分及 17 公分之間的差異。我們知道成功揮擊出去需要「足夠的彈起高度」以及「落地距離不能太遠」，依據圖一量化數據，可以發現斜面 30 度的木棍無論長度如何，在彈起高度以及落地距離的差異並不大，但是斜面角度 45 度的木棍則是長度越短則彈起高度以及落地距離越大，這部分我們較為著重彈起高度，因為彈起高度越高，越有機會夠將木棍成功揮擊出去。因此，可以說 11 公分的木棍在成功打擊率

上會優於 14 公分以及 17 公分的小木棍。

伍、討論

一、此研究討論不同斜面角度與長度的小木棍，怎樣的設計能有較好的成功打擊率，彈起高度以及落點距離是打擊成功率的指標。彈起高度優先於落點距離，打擊成功有賴於：第一，要有足夠的高度，依據訪問多位使用過 Batu 的人所給的回饋，至少要 50 公分高會比較好打擊。第二，小木棍落點距離不能太遠，落點距離越遠，打擊者需移動的距離就會越遠，打擊成功率會越低，依據訪問多位使用過 Batu 的人所給的回饋，以打擊者一步距離為限最好。

二、當水瓶垂直落下撞擊到小木棍的時候，撞擊點的掌控雖然使用定位板減少誤差，但是，依據訪問多位使用過 Batu 的人所給的回饋，撞擊點與支點的距離仍然是影響打擊成功的因素。我們可以試想使用相同長度、相同斜面角度的小木棍，如果改變撞擊點，依然會改變力臂和力矩，造成不同的結果，所以，即便我們將小木棍定位減少誤差，依然會出現許多不同的狀況。若能有更精密的實驗器具，撞擊點的掌控是很重要的因素。

陸、結論

依據實驗結果，第一，當 Batu 的小木棍在固定受力點及受力大小，比較不同斜面角度時，成功將小木棍打擊出去的機率：斜面角度 30 度優於斜面角度 45 度；斜面角度 45 度優於斜面角度 60 度。斜面角度越小，斜面長度會越大，與支點之間的距離也會越大，因此，力臂也會較大，能彈起的高度則越大。除此之外，斜面角度 60 度的小木棍成功打擊出去的機率較小，因為，斜面長度太短，因此對於打擊者來說更需要較高超的技巧。第二、當 Batu 的小木棍在固定受力點及受力大小，比較不同長度時，成功將小木棍打擊出去的機率：長度 11 公分優於長度 14 公分；長度 14 公分優於長度 17 公分。因為實驗設備較為簡陋，無法分析出長度較短為何打擊成功率的條件會較優，但從實驗觀察中可以發現，撞擊點應該是影響的因素之一，未來，若有機會可以將撞擊點作為變因進行研究，應該會獲得其他的答案。