

屏東縣第 60 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：物理科

組 別：國小組

作品名稱：vuvu 的抗「摩」大作戰

關 鍵 詞：搬運工具、排灣族、摩擦力

編號：

作品名稱：vuvu 的抗「摩」大作戰

摘要：

從文獻探討、參與體驗活動經驗分析及實驗活動後，我們得到了以下的結論：

- 一、排灣族傳統的搬運知識有temuqul 頂上搬運技巧、枕木搬運法、製造搬運容器及搬運工具等。
- 二、akumakuma 搬運托架的科學概念有：(一)改變施力方向，讓施力更方便及省力。(二)利用斜面原理，達到省力。(三)木頭材質及前端削成船頭狀減少摩擦力，以能省力。
- 三、akumakuma 搬運托架的改良建議有：(一)增加扶手木棍，減緩衝力，增加安全性，並能方便轉彎。(二)底部接觸面用鐵片包起來，較不容易磨損，且能減少摩擦力，更能省力。

從這個研究我們得到很好的驗證，其實我們很多的排灣族傳統知識是很有價值的，所以我們要接納並深入的瞭解自己的文化，它可能解決你當前面臨的不同問題。

壹、研究動機

在五年級上學期自科課程中的第四單元力與運動，學到了「摩擦力」，想到了今年的暑假，學校舉辦的第三學期課程，跟著部落的耆老 vuvu 們一同生活了一個星期的時間，vuvu 們教了我很多在山上生活所需要的技能，還有學到了不一樣知識，跟以往在學校的學習差很多，例如，vuvu 帶我去認識了部落附近的植物，其實它們都有不一樣的用途，對生活很有幫助，還有教我們製作生活用具及玩具，而這些材料也都在附近採集的。其中有一實作課程-製作搬運工具，vuvu 利用山上的材料就做出兩種的簡單的搬運工作，其中一種叫 akumakuma 的搬運工具，是 vuvu 在斜坡上搬運農作物及木材，最厲害的幫手，而且後來我們利用它讓我們玩得很開心。

vuvu 說，我們自稱「kacalisiyan」，「kacalisiyan」在傳統語的意思就是「斜坡」，因為我們生活環境的地形大都是斜坡，應該要懂得去運用斜坡的優勢，讓生活更便利，所以我們的祖先創作了 kuruma 這個工具，並傳承下來，雖然目前被更先進的搬運工具取代，但是它利用天

然的材料，而且不用能源、不排放廢氣的環保工具，付合現代的環保概念，覺得有必要瞭解它，它是如何在斜坡上運作？有什麼科學原理？

所以我們根據以上的疑問，想要做這個研究。

貳、研究目的

我們主要是要瞭解排灣族灣族傳統搬運工具的傳統知識，分析它的科學原理，證明它並能提出改良建議。所以主要目的有下列三點：

- 一、瞭解排灣族傳統搬運工具的傳統知識。
- 二、分析排灣族傳統搬運工具 akumakuma 之科學原理。
- 三、提出傳統搬運工具 akumakuma 改良建議。

參、研究設備及器材



一、行李電子秤



二、30 公分直尺



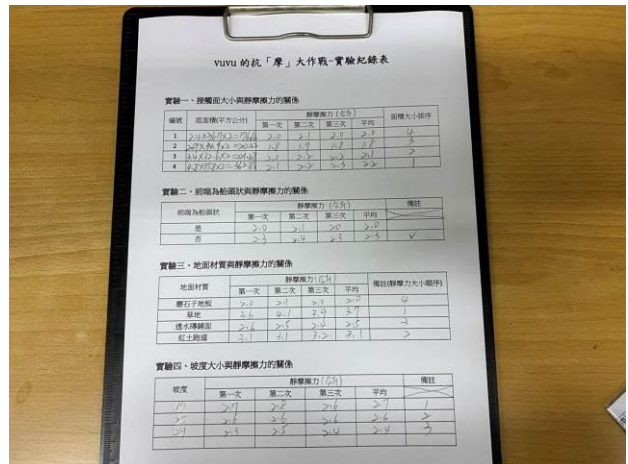
三、捲尺



四、akumakuma 搬運托架*4 台



五、坡度測量 APP



六、記錄表

肆、研究過程或方法

一、研究方法

本研究首先搜集排灣族傳統搬運工具相關文獻，並與記錄參與民族體驗課程從部落長者取得之排灣族傳統搬運工具知識，最後整理為排灣族傳統搬運工具之傳統知識，再來製作 kuruma 搬運工具，並設計實驗活動驗證其中的摩擦力概念，並希望找出改良之方法。

二、研究過程

- (一) 確定主題、研究目的與方法。
- (二) 文獻蒐集。
- (三) 彙整資料。
- (四) 設計實驗。

(五) 製作實驗材料。

(六) 實驗及結果探討。

(七) 結論與建議。

三、實驗前準備

(一) 準備實施場地及器材

1. 搜集已製作完成的 akumakuma 搬運托架-共四台，如下表。。

	
第 1 台 akumakuma 搬運托架-編號 1	第 2 台 akumakuma 搬運托架-編號 2
	
第 3 台 akumakuma 搬運托架-編號 3	第 4 台 akumakuma 搬運托架-編號 4

2. 選定校園現有之不同的地面當作搬運托架搬運接觸面，如下表。



1.磨石子地磚



2.草地



3.紅土跑道



4.透水磚鋪面

3.選定校園小土丘不同坡度草地當作實驗場地，如上表 3 之草地土丘。

四、實驗過程與方法

(一)探討 akumakuma 搬運托架接觸面面積大小不同對靜摩擦力的影響。

1.控制變因：kumakuma 搬運托架重量、前端為船頭狀、接觸地面材質。

2.操縱變因：接觸面面積大小

3.應變變因：施力重

(二)探討 akumakuma 搬運托架前端為船頭狀對靜摩擦力的影響。

1.控制變因：kumakuma 搬運托架重量、接觸地面材質、接觸面面積大小。

2.操縱變因：前端是否處理為船頭狀

3.應變變因：施力重

(三)探討 akumakuma 搬運托架接觸之地面材質不同對靜摩擦力的影響。

- 1.控制變因：kumakuma 搬運托架重量、前端為船頭狀、接觸面面積大小。
- 2.操縱變因：地面材質
- 3.應變變因：施力重

(四)探討 akumakuma 搬運托架接觸之地面角度不同對靜摩擦力的影響。

- 1.控制變因：kumakuma 搬運托架重量、前端為船頭狀、接觸面面積大小。
- 2.操縱變因：地面角度
- 3.應變變因：施力重

伍、研究結果

一、文獻探討：

(一)排灣族的傳統工具及搬運技巧

1.temuqul 頂上搬運技巧

是排灣族人利用頭頂著東西搬運技巧。由於排灣族自古以農為業,山田燒墾,靠山吃山,農產以小米、地瓜、芋頭、花主等維生。由於故居深山,交通不便,羊腸小徑迴繞山巒,上坡下行巔跛難行,加上自古無車代行負載搬運或背或扛或頂,自然就以人力運輸為其主要工具和方式了。過去男仕們搬運東西的方式隨其所欲,但女性可能為顧及身為人母,於田野工作,上田下工時,常有背負孩童的習慣,因比,載負東西為方便之故,則都以頭頂式見之,而婦女頂上功夫的習慣也因此傳及後代成為女性攜帶東西的最佳方式。因此,過去在排灣族當中不會頂上功夫的婦女簡直是不可思議的事情。但是,就排灣族歷史顯示,排灣族婦女個個都是頂上功夫的高手,她們能在崎嶇不平的山路上,手不扶頂上之物,就能愉快而健步地穿梭山野之間。因此舉凡竹籃、甕、鍋子、木材、小米等物都可行之。頭頂東西時切記一些要領,頭要平直挺立,木可斜頭避免傷及頸部和脊椎。初學者最好用雙手扶持兩邊不可晃動,行走時保持上身挺直,待穩定後即可試著放手。如比反覆練習並配合雙腳穩健的步伐,不過多時就可練得一頭好功夫。但是,要學像婦女走跑自如不但需要一些時間學習其熟練,頸、背、腳和腿的功力亦需要一段時間的鍛練才可練就一身的好功夫。

		
<p>temuqul 頂上搬運技巧-直接將農作物裝袋。</p>	<p>利用竹籃裝作物</p>	<p>dradrakuyan/cepeng 竹籃-搬運田間作物的容器</p>

2.枕木搬運法

由於大武山的頁岩發達，造就了排灣族傲人的石板屋自然工法及文化。在沒有起重機的時代，排灣族人如何搬運巨大石板，石柱呢？他們利用斜面改變了施力方向而得到省力的搬運方式，即在立起石柱時，先在地面挖好可以容納石板底座大小的洞，利用枕木減少摩擦力，把石板搬運至立碑處，再利用斜面原理把石柱立起來。

3.排灣族傳統搬運工具，有 karai 竹簍、raraquyan 竹籃、sikau 網袋、tjuljung 竹筒、cusu 運粟桿、rutuk 肩擔器等。

二、民族課程體驗活動：

(一)rutuk 肩擔器

肩上搬運架是族人在山上利用身邊隨手可得的材料，很快可以製作好的工具，主要是方便並快速將採集的樹枝等長條狀物品整理，搬運較為穩定安全，而且上下搬運物較為省力方便。以下說明製作材料、流程及使用方法。

1.製作材料：二枝Y字形樹枝、一枝竹子。

2.製作方法：將二枝Y字形樹枝上部頂端兩兩綁住，再將竹子的兩端各綁在Y字形樹枝凹部即完成，如右圖。

3.使用方法：





(1)找一枝適當長且頂端有分枝的木棍，並利用三角架原理讓肩擔器站立，將收集好的木材平放推疊在上。



(2)人蹲在下方，要負重的肩膀頂住竹子部份，找到重心後，一隻手抓住前方搬運架，另一隻手抓木棍，並撐住，順勢站立起來將肩擔器扛在肩上。



(3)行走時手抓緊搬運架，以防止滑動，另一隻手抓木棍，可當作拐杖，幫助行走。



3.vuvu 的提醒：

- (1)製作的木材以較為密實的樹木，較不容易損壞。
- (2)要確實綁緊，以免搖晃，影響搬運安全及舒適性。
- (3)連接Y字形樹枝凹部的木頭要平整，通常以竹子剖半為材料，而且接觸肩膀面積越大越平整，搬運時較為舒適。
- (4)木材要堆疊整齊並卡緊，重心才不會隨著木材移動改變，而影響搬運安全及舒適性。
- (5)堆疊木材或停下休息時可利用木杖支撐，搬運架上肩較為省力省時。

(二)akumakuma 搬運托架

akumakuma 搬運托架是族人利用斜面原理而達到省力省時的搬運工具，傳統的排灣族部落都座落在山坡上，農田等生活環境也大都是在山坡上，所以排灣族自稱是 kacalisiyan，意思是山坡上的人，所以發展出很多適應在山坡上生活的技巧，其中 kuluma 就是很好的例子。akumakuma 外形像雪橇，也是族人利用山上自然的材料製成的，它可以節省搬運的力，尤其是從山坡上往下搬運時更為省力，而且可載的物品更多，亦可達到省時的功能。以下說明製作材料、流程及使用方法。

1.製作步驟：



(1)將大木頭鋸成長片狀，取出兩片鋸成等長且寬度及厚一樣。



(2)將一端削尖如船頭狀。



(3)量出兩木片適當的距離-依要使用地點的山徑寬度為準。



(4)尖端朝同一方向，利用橫木釘在兩木片上固定，需要釘三根以上的橫木。

2.使用方式：



(1)利用綁繩以手拉的方式搬運。



(2)利用綁繩從肩膀繞過身體以身體支撐往前拉的方式搬運。

3.vuvu 的提醒：

- (1)製作的木材以較為密實的樹木，較不容易損壞。
- (2)前端需處理為如船狀，較不容易卡到且能更省力。
- (3) akumakum 搬運托架的寬度要以使用山路的寬度小一點，較不容易卡到且轉彎較順暢。
- (4)若搬運物較重，需要多人時，前方可在綁繩一起拉，而且後方也可以幫忙推。

四、akumakuma 搬運托架實驗活動：

(一)探討 akumakuma 搬運托架接觸面面積大小不同對靜摩擦力的影響。

1.實驗照片



計算每台接觸面面積



量測每台 akumakuma 的重量



測量靜摩擦力

2.實驗紀錄

編號	底面積(平方公分)	靜摩擦力				面積大小排序
		第一次	第二次	第三次	平均	
1	$2.4 \times 36.7 \times 2 = 176.16$	2.0	2.1	2.0	2.0	4

2	$2.9 \times 34.9 \times 2 = 202.42$	1.8	1.9	1.8	1.8	3
3	$3.4 \times 32.6 \times 2 = 221.68$	2.0	2.2	2.2	2.1	2
4	$4.8 \times 37.8 \times 2 = 362.88$	2.1	2.2	2.3	2.2	1

3.我們的發現：

(1)靜摩擦力由大到小為：編號 4>編號 3>編號 1 >編號 2。

(2) akumakuma 搬運托架接觸面面積的大小對靜摩擦力大小沒有影響。

(二) 探討 akumakuma 搬運托架前端為船頭狀對靜摩擦力的影響。

1.實驗照片

	
<p>利用同一台 akumakuma 的前後測量</p>	<p>往前測量靜摩擦力(前端為船頭狀)</p>

2.實驗紀錄

前端為船頭狀	靜摩擦力				備註
	第一次	第二次	第三次	平均	
是	2.0	2.1	2.0	2.0	
否	2.3	2.4	2.3	2.3	

3.我們的發現：

(1)靜摩擦力由大到小為： 前端不是船頭狀>前端為船頭狀。

(2) akumakuma 搬運托架前端為船頭狀靜摩擦力比較小。

(三) 探討 akumakuma 搬運托架接觸之地面材質不同對靜摩擦力的影響。

1.實驗照片

		
草地上測量靜摩擦力	紅土跑道上測量靜摩擦力	透水磚鋪面上測量靜摩擦力

2. 實驗紀錄

地面材質	靜摩擦力				備註(靜摩力大小順序)
	第一次	第二次	第三次	平均	
磨石子地板	2.0	2.1	2.0	2.0	4
草地	3.6	4.1	3.9	3.7	1
透水磚鋪面	2.6	2.5	2.4	2.5	3
紅土跑道	3.1	3.1	3.2	3.1	2

3. 我們的發現：

- (1) 靜摩擦力由大到小為：草地>紅土跑道>透水磚鋪面>磨石子地板。
 - (2) akumakuma 搬運托架在越平整的地面靜摩擦力比越小，如磨石子地板及透水磚鋪面。
 - (3) akumakuma 搬運托架在越在不平整的地面每次量測的靜摩擦力差距較大。
- (三) 探討 akumakuma 搬運托架接觸之地面材質不同對靜摩擦力的影響。

1. 實驗照片

		
坡度為 17 度時測量靜摩擦力	坡度為 25 度時測量靜摩擦力	坡度為 29 度時測量靜摩擦力

2.實驗紀錄

地面坡度	靜摩擦力				備註(靜摩力大小順序)
	第一次	第二次	第三次	平均	
17	2.7	2.8	2.6	2.7	1
25	2.6	2.6	2.6	2.6	2
29	2.3	2.5	2.4	2.4	3

3.我們的發現：

(1)靜摩擦力由大到小為：坡度 17 度>坡度 25 度>坡度 29 度。

(2) akumakuma 搬運托架在越陡的地面靜摩擦力比越小。

陸、討論

一、為什麼會設計實驗一的實驗主題？

上學期上摩擦力單元活動時，學到接觸面的材質會影響摩擦力的大小，就會同學想到接觸面的面積大小也會影響到摩擦力的大小嗎？老師說「不會」，但是想到雪橇的雪板有大小之分，是不是跟摩擦力有關？所以設計這個實驗，經過實驗得到的結果也確實接觸面積大小與摩擦力大小沒有關係。

二、實驗一中如何控制 akumakuma 搬運托架重量相同？

現有的四台 akumakuma 搬運托架大小不同，重量每一台不一樣，因為物體重量與摩擦力有關係，物體重量越重，產生的摩擦力也越大，所以進行這個實驗前，先確認每台 akumakuma 搬運托架的重量，經過討論後以最重的編號 3 重量為準，將重量較輕的三台以增加重量方式，讓四台 akumakuma 搬運托架的重量相同，再進行實驗活動，如下圖。



三、實驗一中如何控制接觸地面材質相同？

雖然四台 akumakuma 搬運托架材質都是木材，但是表面密實度及摸起來的觸感不一樣，產生的摩擦力會有不同。所以經過討論後，為了減少誤差，選擇在較為光滑的磨石子鋪面地板進行實驗。

四、實驗二中如何設計操縱變因？

在參與體驗活動時，vuvu 特別提醒前端要削成船頭狀，拉的時候會比較省力，想到如果要馬上削成船頭狀較為麻煩，而且重量會有所差異。經過討論後想到用同一台來操作，只要前後對調就可以了，從後端拉時就是沒有削成船頭狀當前端。

五、實驗三中如何選擇不同的接觸地面坡度？

在參與體驗活動時，vuvu 也特別強調 akumakuma 搬運托架在斜坡上最為省力，所以想要測量在不同坡度的山坡摩擦力的大小關係。要製造三個不同斜度的坡面較為困難，所以經過討論後，以現有學校環境來找不同的斜坡，而選在本校校園小土丘上，並利用手機 app 程式，量出坡度來進行實驗活動。



六、分析出 akumakuma 搬運托架有哪些科學概念？

依照設實驗結果可以知道 akumakuma 搬運托架使用方式與摩擦力概念有關，也就是排灣族祖先懂得利用斜面會讓物體往低處移動的現象，設計出 akumakuma 搬運托架，除了能載更多東西外，並能減少磨擦力，如將木頭削的平整及前端做成船頭狀，達到省時省力的效。再來是利用綁繩子來拉動，改變了施力的方向，也達到了省力的效果。

七、提出 akumakuma 搬運托架改良建議？

從參與體驗活動及實驗活動中，發現 akumakuma 搬運托架有兩個缺點，第一是安全的顧

慮，在平地拉還可以，但是如果是下坡時，可能會衝撞前面拉的人，所以必需要有剎車裝置，作法是前端綁一根木棍往斜上延伸，長度與拉繩一樣長，讓人邊拉也能扶著木棍，當往下坡時可抓著木棍往後施力，就可減緩衝力，也可以當作方向盤來控制方向。

第二是耐久性，若要減少磨擦損壞的速度，可以在底部接觸面釘上鐵片包起來，就可以減少磨損，而且因為鐵片較光滑，所以會減少摩擦力，就更省力了。

雖然現代機械化的搬運工具更省力更方便快速，但是會造成污染及破壞環境生態，而我們祖先用智慧製作的 akumakuma 搬運托架不會有這個問題，值得我們去研究改良。

柒、結論

從文獻探討、參與體驗活動經驗分析及實驗活動後，我們得到了以下的結論，如下說明：

- 一、排灣族傳統的搬運知識有temuqul 頂上搬運技巧、枕木搬運法、製造搬運容器及搬運工具等。
- 二、akumakuma 搬運托架的科學概念有：(一)改變施力方向，讓施力更方便及省力。(二)利用斜面原理，達到省力。(三)木頭材質及前端削成船頭狀減少摩擦力，以能省力。
- 三、akumakuma 搬運托架的改良建議有：(一)增加扶手木棍，可以減緩衝力，增加安全性，並能方便轉彎。(二)底部接觸面用鐵片包起來，較不容易磨損，且能減少摩擦力，更能省力。

從這個研究我們得到很好的驗證，其實我們很多的排灣族傳統知識是很有價值的，所以我們要接納並深入的瞭解自己的文化，它可能解決你當前面臨的不同問題。

捌、參考資料及其他

一、參考資料

民族教育教材 四上 第三單元 行旅與搬運工具。屏東縣○○國民小學。

自然與生活科技 五上 第四單元 力與運動。康軒文教事業。

高慧蓮、張祈良、朱志強、林梅君(2014)。大武山部落的科學智慧。科學發展，503，64-67。