

# 屏東縣第66屆國民中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：物理科

組 別：國小組

作品名稱：翻動巨石的「神力小手」－  
探討排灣族龜甲屋建築中的槓桿省力祕密

關 鍵 詞：龜甲屋、槓桿原理、就地取材

編號：A2019

## 摘要

去年，我們看到學長姐研究「龜甲屋的屋頂怎麼防水」，覺得 vuvu（祖先）蓋房子的智慧真的好神奇！這讓我們想到一個問題：在沒有吊車和卡車的年代，vuvu 是怎麼把那麼重的砂岩搬上山，還把它們疊得這麼穩的呢？我們猜，這一定跟我們自然課學到的「槓桿原理」有關！

為了找出答案，我們模擬建築情境，將石塊重量與阻力臂固定，以「施力臂長度」作為變因，測量所需的施力大小。實驗發現，施力臂越長，所需力量越小；當施力臂為阻力臂的 1.5 倍時，力量約可省下 30%。數據證實施力與施力臂成反比，力矩乘積接近定值。這證明了槓桿原理確實能達到顯著省力效果，也讓我們體會到 vuvu（祖先）結合生活需求與物理科學的建築智慧。

這次的研究讓我們發現，原來課本裡的物理公式不是死板的符號，而是 vuvu 生活中真實的「魔法」。他們就地取材利用砂岩蓋房子，再用槓桿原理把笨重的石頭變成輕巧的積木。這次實驗讓我們不僅學會了怎麼計算力矩，更重要的是，我們透過科學，重新認識了 vuvu（祖先）蓋房子時的超強腦袋，也更佩服他們和大自然共處的智慧！

# 壹、前言

## 一、研究動機

我們一開始對龜甲屋的認識，大多來自文獻與學長姐的報告。直到我們親自參訪了傳統龜甲屋建築文化復振工作坊成果展，並來到龜甲屋的實體現場，看著那些比我們巨大砂岩，我們才深刻感受到：『哇，這些石頭如果是我們去搬，真的搬得動嗎？』這份親眼所見的震撼，成為我們今年想要解開搬運密碼的動力。

在沒有現代機械的年代，採集和搬運巨石是建築最困難的第一步。這時，我們聯想到在自然課學習到「槓桿原理」可達到省力效果，我們推測，除了人力，vuvu 們一定也運用了類似「槓桿」的原理。於是，我們決定化身為小小科學家，透過實驗來驗證長木棍是否真的能成為祖先搬動巨石的「神力小手」。

圖 1-1：實地參訪內文式龜甲屋（半棟家屋）



## 二、目的

- （一）傳承與延續：延續去年對龜甲屋的研究精神，從屋頂結構深入到基石搬運的力學。
- （二）驗證省力效果：測試手按的位置（施力臂）越遠，是否真的越輕鬆。
- （三）定量數據發現：找出施力大小與距離之間的數學規律。
- （四）文化科學結合：透過物理實驗解釋排灣族龜甲屋搭建過程中的力學智慧。

### 三、文獻回顧

#### （一）南排灣龜甲屋（內文式）的建築祕密

排灣族的家屋不只是房子，更是我們部落祖先留下的「建築教科書」。而其中最特別的，就是我們南排灣部落常見的「龜甲屋」。

##### 1. 為什麼叫它「龜甲屋」？

大家看過烏龜背上的殼嗎？龜甲屋的屋頂就是長那樣！這種彎彎的弧形屋頂，不僅看起來像龜殼，還是個超級厲害的「導水系統」。去年，我們學長姐透過實驗發現，當屋頂的斜度維持在 40 度時，雨水流下來的速度最剛好，既不會滴得滿屋子都是，也不會讓茅草被雨水泡爛。這證明了 vuvu（祖先）其實就是最厲害的排水工程師！

圖 2-1：參訪「傳統龜甲屋建築文化復振工作坊成果展」



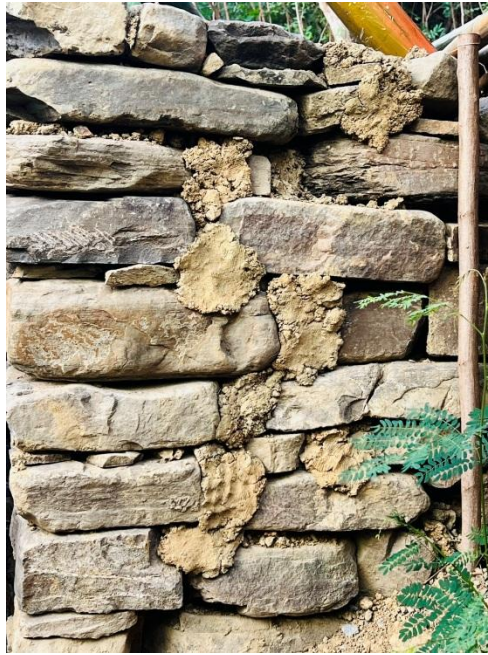
##### 2. 支撐屋頂的「超級英雄」：砂岩與石板/石塊

雖然屋頂很厲害，但如果沒有堅固的牆壁和基石，房子馬上就會倒。在許勝發的研究中（2016）說到，在屏東的土文溪以南，我們的 vuvu（祖先）發現這裡不像北部山區，到處都能找到平整的「板岩」或「頁岩」。取而代之的是，山林間更多的是「砂岩」。



- (1) 砂岩的特點：它不像板岩那麼容易劈成薄薄的石板，但它的體積紮實、重量感十足。對於我們的龜甲屋來說，這些砂岩就是最好的「基石英雄」。
- (2) 為什麼選它？：因為它是部落周圍最容易取得的材料！vuvu（祖先）們因地制宜，發揮了「風土適應」的智慧，利用當地隨處可見的砂岩，堆疊出穩固的牆面與地基。

圖 2-2：實地參訪內文式龜甲屋（砂岩）



- (3) 稀有的貴賓：雖然板岩在當地較少，但 vuvu（祖先）還是會將它留給最重要的部位使用，例如鋪設前庭地面，或是搭建放置灶台的高台，以及需要精細雕琢的「頭骨架」。

### 3. 搬運巨石的難題：如果沒有吊車怎麼辦？

這就是我們今年最想研究的部分。大家試想一下：如果是你，要搬動一塊跟自己一樣重、甚至比自己還大的石板，你會怎麼辦？

- (1) 建築的「第一哩路」：在那個沒有卡車、沒有吊車的年代，vuvu（祖先）要從溪邊把這些基石搬上山坡，再精準地疊進牆面裡。
- (2) 科學連結：去年我們研究屋頂怎麼「導水」，今年我們要研究基石怎麼「移動」。其實，建築龜甲屋就像是拼圖加上力學競賽。我們發現，vuvu（祖先）在搬動這些巨大石塊時，一定運用了自然課學過的「槓桿原理」。只要選對木棍長度、找好支點，巨大的石頭也能變成聽話的玩具。

#### （二）槓桿原理的應用—建築裡的「力學放大鏡」

槓桿原理是人類歷史上最簡單，卻也最偉大的發明之一。在自然課中，我們學到槓桿是一種繞著固定點轉動的硬棒，它就像是一個「力學放大鏡」，能幫助我們將微小的施力，轉化為移動巨物的能量。

##### 1. 槓桿的三個關鍵「夥伴」要讓槓桿運作，必須具備三個要素，缺一不可：

- (1) 支點：這是槓桿轉動的中心，也是支撐所有重量的關鍵。
- (2) 施力點：這是我們手握木棍用力的地方。
- (3) 阻力點：這是木棍接觸巨石、需要被移動的位置。

##### 2. 第一類槓桿的祕密：為什麼會變輕鬆？

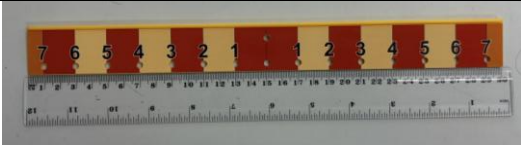
在我們搬運龜甲屋基石的過程中，使用的是最經典的「第一類槓桿」，也就是支點在施力點與阻力點中間的設計。為什麼木棍可以幫我們搬動沈重的砂岩？關鍵在於「力矩」的平衡：

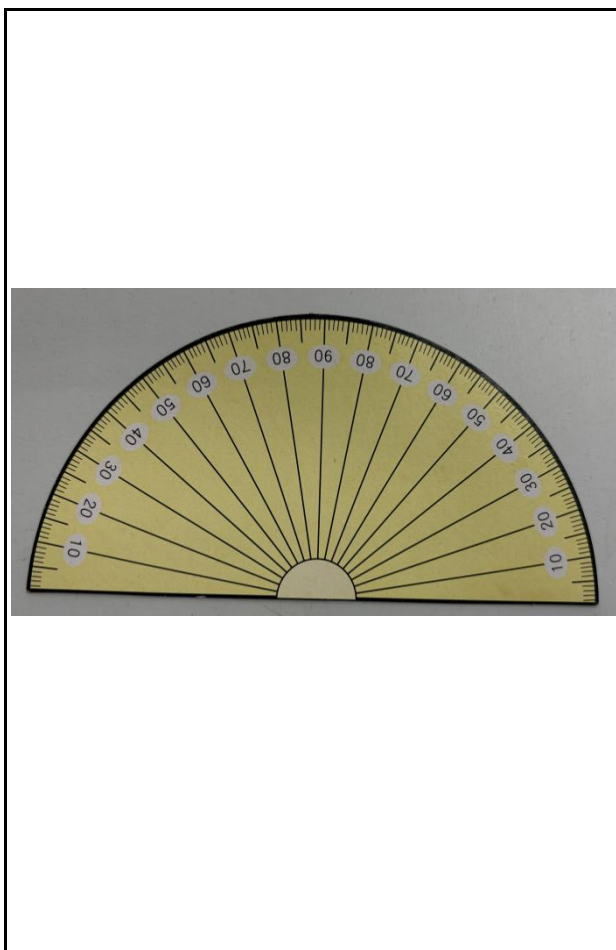
當槓桿達到平衡時，滿足以下物理公式：施力臂 $\times$ 施力=抗力臂 $\times$ 抗力

這代表：如果我們將「施力臂」（手握木棍的位置到支點的距離）拉得越長，我們需要的「施力」就會按比例大幅下降。這就是為什麼 vuvu（祖先）只要增加木棍的長度，即使是百公斤重的巨石，也能靠單人力量輕易撬起。

對於 vuvu（祖先）而言，槓桿原理並不是課本上的公式，而是每天的生存智慧。在搬運粗糙、沈重的砂岩時，vuvu（祖先）會先在地面挖出小洞或放置小石塊作為「支點」，再將長木棍深入基石底部。龜甲屋的每一個角落，從地底下的基石到最上方的屋頂，都充滿了「物理科學」與「部落智慧」。這些建築過程中的物理科學，不僅讓房子蓋得起來，更讓龜甲屋成為一座由物理學與毅力共同堆疊而成的科學堡壘。

## 貳、研究設備及器材

|                                                                                     |                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <br> |
| 砂岩                                                                                  | 木棍                                                                                                                                                                       |
|    |                                                                                        |
| 30公分長尺（模擬族人的長木棍）                                                                    | 支架（當作支點）                                                                                                                                                                 |
|  |                                                                                      |
| 立座（固定支架）                                                                            | 彈簧秤（測量我們用了幾克的力量）                                                                                                                                                         |
|  |                                                                                      |
| 砝碼（當作龜甲屋的基石）                                                                        | 磅秤（確認砝碼重量）                                                                                                                                                               |



量角器（確定槓桿達到平衡）

# 翻動巨石的「神力小手」－ 探討排灣族龜甲屋建築中的槓桿省力祕密



根據槓桿實驗的探究結果，完成紀錄表。

1

操作變因：\_\_\_\_\_

控制變因：\_\_\_\_\_

2

| 施力臂<br>(cm) | 第1次<br>(g) | 第2次<br>(g) | 第3次<br>(g) | 第4次<br>(g) | 第5次<br>(g) | 平均施<br>力(g) | 省力比<br>例(%) |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
|             |            |            |            |            |            |             |             |
|             |            |            |            |            |            |             |             |
|             |            |            |            |            |            |             |             |
|             |            |            |            |            |            |             |             |
|             |            |            |            |            |            |             |             |

3

結論：\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

紀錄工具（手機、學習單）



## 參、研究過程或方法

### 一、第一階段：田野觀察與情境設定

我們針對龜甲屋的砂岩石材進行現場田野觀察，重點如下：

#### （一）徒手搬運：

我們嘗試徒手移動砂岩。在沒有任何工具的狀態下，記錄我們需要花多少力氣，以及身體會感受到多大的阻力。這幫助我們理解：在完全沒有工具輔助時，搬運石材的生理極限在哪裡，並以此作為衡量後續實驗「省力程度」的基準點。

圖 3-1 模擬徒手移動砂岩



#### （二）木棍槓桿模擬：

在同樣的負載下，我們改用木棍進行槓桿輔助。透過觀察支點的變換與槓桿長度的調整，感受施力的變化。這讓我們能直接比較「徒手」與「槓桿」在實際操作上的差異。

圖 3-2 模擬以木棍移動砂岩



## 二、第二階段：模擬實驗

### （一）實驗變因設定：

本實驗採用「單一變因法」。為了模擬排灣族先民在建造龜甲屋搬運基石的情境，我們將複雜的建築現場簡化為「物理槓桿模型」。

#### 1. 操作變因（改變的）：施力臂長度。

我們設定了五個級距：4cm、6cm、8cm、10 cm、12cm。

#### 2. 控制變因（不變的）：

（1）阻力物（石塊）重量：固定為100g（採用標準砝碼，模擬重量恆定的基石）。

（2）阻力臂長度：固定為8cm（重物中心到支點的距離）。

（3）支點高度：固定使用塑膠支架。

（4）槓桿材質：全程使用同一把 30cm 塑膠長尺，避免因尺身彎曲造成誤差。

#### 3. 應變變因（觀察的）：彈簧秤顯示的施力大小。

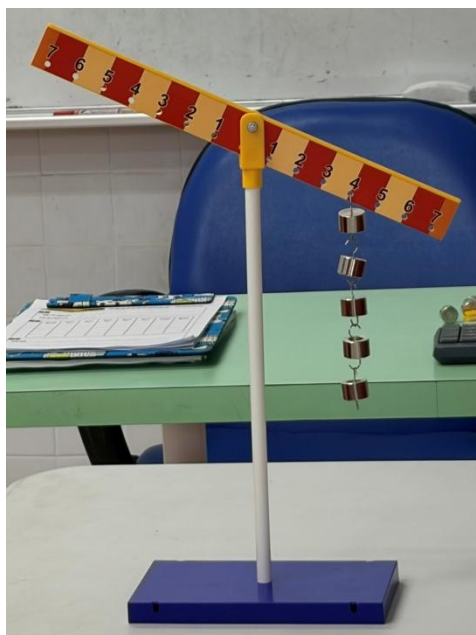
### （二）詳細實驗步驟

本研究分為四個主要步驟循環：

#### 1. 第一步：建立基準點（模擬石頭入位）

將支點置於中央，30公分長尺置於其上。在尺的左端6cm 處固定掛上 100g 的砝碼。此時尺會傾斜向左方。

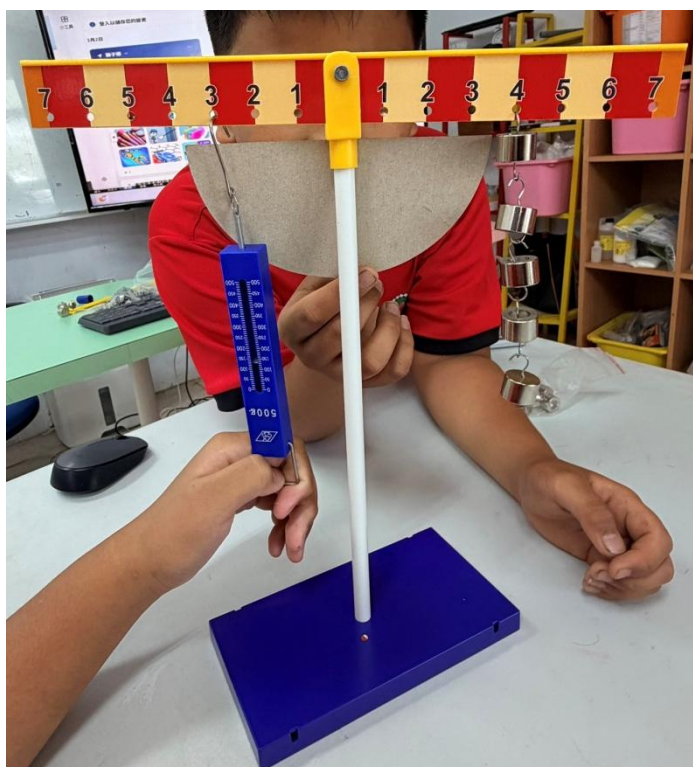
圖 3-2 建立基準點（模擬石頭入位）



## 2. 第二步：分段階梯式測量（模擬搬運距離）

- (1) 短臂測量 (4cm)：將彈簧秤掛在支點右方 4cm 處，緩慢垂直向下勾拉。
- (2) 定點讀數：當尺被拉起，達到「水平平衡」且靜止的一瞬間，讀取彈簧秤上的讀數。
- (3) 延伸測量：依序將彈簧秤移動至 6cm、8cm、10cm、12cm 處，重複上述拉動動作。

圖 3-3 達水平平衡且靜止時讀取數據



## 3. 第三步：五次循環法（減少人為誤差）

每組長度我們都會連續做 5 次測量。

- (1) 雲生負責控制彈簧秤。
- (2) 朱生負責觀察尺是否達到水平。
- (3) 蘇生負責讀取數據並報數。
- (4) 李生負責在紀錄表上記錄。

## 4. 第四步：力矩換算與驗證（數學科學驗證）

將得到的每一組「施力 $\times$ 施力臂」數值進行計算，看看是否與「阻力 $\times$ 阻力臂 ( $100 \times 8 = 800$ )」相近。

## 肆、研究結果

我們進行了 5 組長度測試，每組重複 5 次實驗，取平均值後結果如下：

### 一、 施力臂長度與省力效果之實驗數據

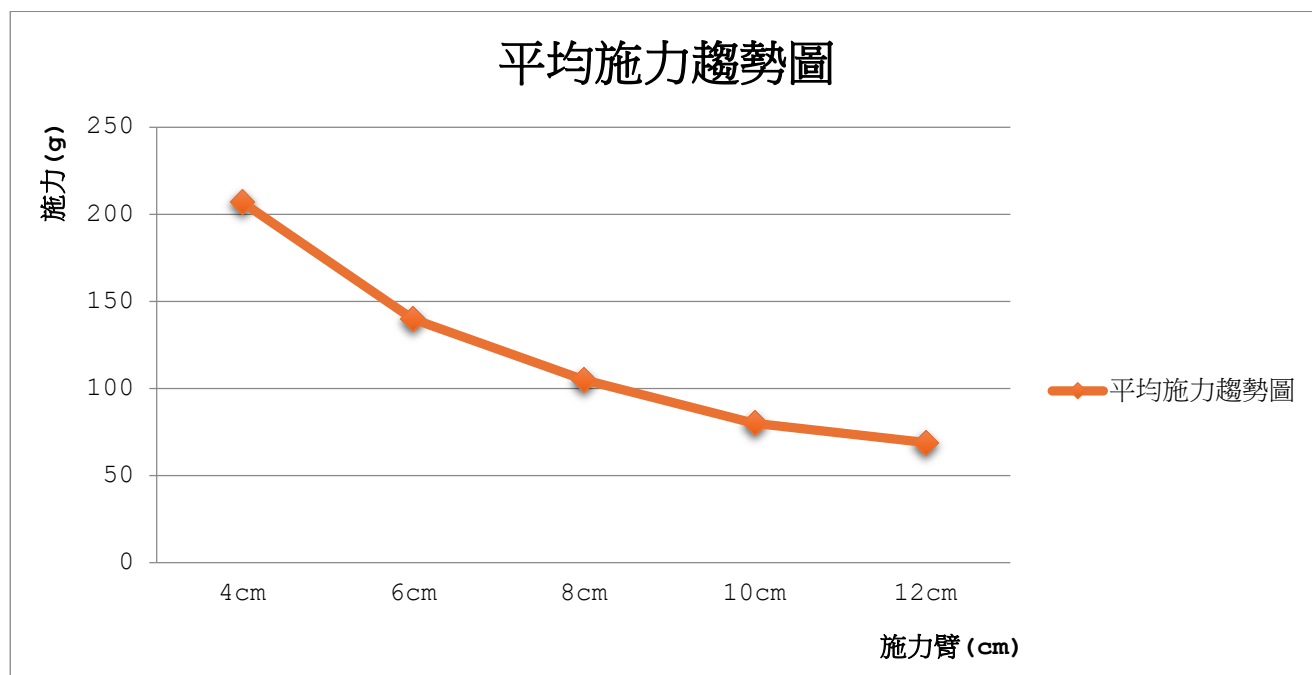
本實驗針對內文式龜甲屋之基石搬運情境，選取五種不同的施力臂長度進行測試。

實驗數據經五次重複測量，並取平均值後，詳細紀錄如下：

表 4-1：槓桿施力臂長度與施力關係對照表

| 施力臂<br>(cm) | 第 1 次<br>(g) | 第 2 次<br>(g) | 第 3 次<br>(g) | 第 4 次<br>(g) | 第 5 次<br>(g) | 平均施力<br>(g) | 省力比例 | 力矩 (F×L) |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|------|----------|
| 4 cm        | 200          | 200          | 200          | 230          | 205          | 207         | 270% | 828      |
| 6 cm        | 140          | 140          | 140          | 140          | 140          | 140         | 140% | 840      |
| 8 cm        | 110          | 110          | 100          | 100          | 105          | 105         | 105% | 840      |
| 10 cm       | 80           | 80           | 80           | 80           | 80           | 80          | 80%  | 800      |
| 12 cm       | 70           | 70           | 70           | 70           | 65           | 69          | 69%  | 828      |

圖 4-1：槓桿平均施力趨勢圖





## 二、 實驗數據趨勢分析

從上述數據及趨勢圖中，我們可以發現三個科學現象：

1. 力臂與施力之負相關性：隨著施力臂長度從 4cm 增加至 12cm，所需施力呈現顯著下降趨勢。
2. 省力效率遞減效應：由 4cm 增加至 8cm 時，平均施力降幅最為明顯（減少約 49%）；而在 10cm 至 12cm 區間，雖仍有省力效果，但邊際效益逐漸縮小。
3. 操作穩定性：五次測量之數值具備高度一致性，代表實驗器材之布置與操作程序具有良好的再現性。

## 三、 力矩平衡之科學驗證

為驗證實驗數據是否符合槓桿原理，我們利用力矩值 ( $F \times L$ ) 進行計算：

1. 計算結果：各組力矩數值皆落在 800~ 840g 之範圍內（平均值約為 827.2g）。
2. 誤差討論：數據間存在微小變異。此誤差主要歸因於實驗中彈簧秤在測量瞬間的人為視差。儘管存在微幅誤差，整體數據仍強烈支持「槓桿原理」在內文式建築基石搬運中的有效性。

## 四、 建築工藝之科學意義

本實驗證實，祖先在缺乏現代重型機械的環境下，僅需藉由增加施力臂長度（運用更長的木桿），即可將搬運阻力降低至原有的 33%（從 207g 降至 69g）。此科學發現成功解釋了內文式建築中，砂岩巨石雖然沉重，卻依然能透過簡單槓桿組合進行精準堆疊的建築奧秘。

## 伍、討論

做完實驗後，我們發現，實驗數據不只是數字，裡面藏著祖先蓋房子時的「物理小心機」：

### 一、數據為什麼會跳動？

在力矩實驗中，我們發現數值不是完美的固定數字（在 800~840 g 之間跳動）。這讓我們學到一件重要的事：實驗室裡的「完美公式」與真實世界的「崎嶇石頭」是不一樣的！

### 二、為什麼木棍長度不能無限延長？

實驗結果顯示，木棍越長越省力。那 vuvu（祖先）為什麼不乾脆用超級無敵長的棍子呢？我們實地考察內文式家屋時發現，房子是蓋在半地穴式的基座裡，空間其實很窄。如果木棍太長，在牆邊揮舞反而會卡住。而且 vuvu 選用的長度其實是在「省力」與「好操作」之間找到的黃金比例。這就像我們玩積木一樣，不僅要能搬動，還要能準確把石頭放在該放的位置。

### 三、動手做科學的感動

我們在自然課學槓桿，總覺得那是書本上的符號；但在這次研究中，但在這次研究中，當我們親手把長木棍壓下去，看著原本沉重的砂岩基石，輕易地被移動了，我們真的被槓桿的力量嚇到了！我們發現，vuvu（祖先）的智慧不是鎖在實驗室裡，而是實實在在地「握在手上」。我們不僅學會了怎麼計算力矩，更重要的是，我們透過科學，重新認識了自己住的這片土地，也重新體會了 vuvu（祖先）留給我們的智慧。

## 陸、結論

經過這次的研究，我們不僅驗證了物理課本裡的槓桿原理，更透過實地踏查與實驗，解開了內文式家屋的建築密碼。我們的結論如下：

### 一、槓桿原理是搬運巨石的最佳幫手：

實驗證實，只要增加木棍長度，就能有效降低砂岩搬運時的阻力。即使是在建材取得不易的內文地區，先民透過長木棍與精心挑選的支點，確實能以人力精準搬運沈重的基石。

### 二、建築形式是環境的智慧結晶：

我們發現內文式家屋之所以使用砂岩，並非隨意選材，而是「就地取材」與「環境適應」的結果。每一塊砂岩牆體能咬合穩固，靠的是石頭的重量與摩擦力，這解釋了為什麼這些房子在沒有現代建材的年代，依然能屹立不搖。

### 三、科學與文化的完美融合：

從槓桿實驗的數據中，我們看見了祖先對操作高度與施力力矩的深刻理解，這些發現與龜甲屋建築構造高度吻合。這證明了排灣族傳統建築不僅具有文化價值，更是一部精湛的物理科學史。

## 柒、參考資料及其他

Mata Taiwan (2019, JUN 5). 全台灣僅此一家！南排灣獨一無二的龜甲式茅葺頂建築. Mata Taiwan. <https://www.matataiwan.com/2019/06/05/southern-paiwan/>

原視新聞網 (2026, FEB 4). 南排灣「龜甲屋」再現 重建傳統家屋建築技術. 原視新聞網. <https://news.ipcf.org.tw/196035>

許勝發 (2016)。魯凱族與排灣族傳統石板建築形式起源與地方性差異探討〔博士論文，國立成功大學〕。

翰林出版事業股份有限公司 (2026)。國民小學自然科學六下課本（臺南市，翰林）。