

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 物理科

第一名

080104

鄒族獵人的槓桿原理

學校名稱：嘉義縣阿里山鄉新美國民小學

作者： 小六 業心怡 小五 洋佳馨 小四 方庭弘	指導老師： 鐘嘉順 張麗芬
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：陷阱、槓桿原理、摩擦力

得獎感言

用科學的精神發揚原住民文化

沒想到參加第 53 屆全國科展會得到這麼好的成績，到現在我們都還不敢相信。這一切都要歸功於我們的指導老師，首先我們要感謝鐘嘉順老師和張麗芬老師耐心的陪伴與指導，我們才能完整的把每個實驗完成，我們也要感謝蘇旺昌老師，由於您幫助我們釐清槓桿原理中角度改變時力臂也會改變的問題，讓我們的研究沒有誤入歧途，最後也要感謝洋俊銘叔叔和洋慶輝老師，由於你們示範石板陷阱的操作方法，我們才找到這個主題贏得比賽。

剛開始大家都懵懵懂懂，也不知道如何開始，從找竹子削竹片就讓我們吃足了苦頭，一直到研究的尾聲才發現我們找的竹子不一樣，獵人留給我們的是比較薄比較細的石篙竹，而我們削的是又厚又粗的麻竹，這些麻竹好像蛀蟲又特別愛吃，每天啃食我們做實驗的竹片，讓我們不勝其擾，雖然它不影響實驗的正確性，卻增加了陷阱架設的困難度，常常發生木板不小心砸下來，痛得哇哇大叫的事件。由於自己有切身之痛，後來參加縣內科展時，評審老師要親手操作陷阱的時候，伙伴們就會小心翼翼的撐住木板，以免陷阱壓到評審老師的手，沒想到獲得評審老師的讚賞，說我們很貼心。

到了全國賽，看到各路來的高手，大家的研究器材非常先進，而我們來自原住民學校，研究的是族人傳統的陷阱，實驗的器材只是二片木板和一些竹片，還真有一點難為情，感謝評審教授並沒有因此看輕我們，仍然給我們高度的肯定，也給我們很多精闢的意見，原來全國賽的評審教授這麼親切，跟我們想像的都不一樣。

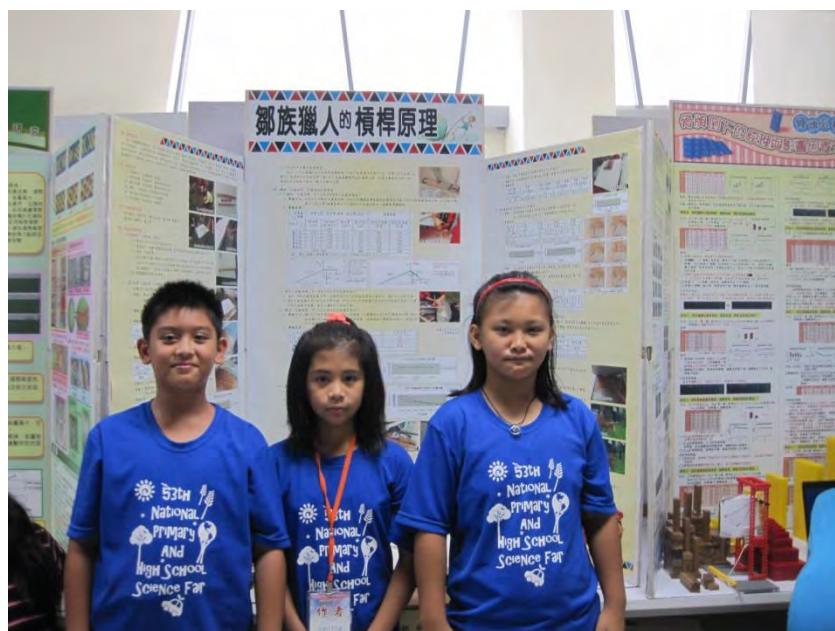
我們覺得原住民生活中有許多的工具或器材，就像石板陷阱一樣，有一些神秘感也令人感到好奇，這些都是科展的好題材，值得更多人一起來探索，用科學的精神把我們原住民的文化發揚光大。



我們在練習操作陷阱，這是整個研究的第一步。



我們參加科學之旅，在科學主題樂園體驗各種新奇的科學遊戲。



科展比賽之後，一起留下美好的回憶。

鄒族獵人的槓桿原理

摘要

學校辦理挑戰營的課程，讓我們有機會學習操作一種抓老鼠的陷阱，這種陷阱非常簡單，只要一塊石板和三根竹片就可以了，活動結束之後我們把這個陷阱的竹片帶回學校不斷的練習與實驗。

現在我們不但成為架設陷阱的高手，也深入了解影響陷阱操作成功的因素以及科學原理。並且我們用二個小方法成功改良傳統陷阱的缺點。

壹、研究動機

在一次挑戰營的課程中，有一位當獵人的家長教我們做一種抓松鼠（老鼠）的陷阱，獵人示範用一塊扁平的石板和三支長短不一的竹片，就架起一個陷阱，我們稱它為「石板陷阱」，陷阱做好之後，輕輕觸動其中一支竹片，厚重的石板瞬間掉下來，大家都嚇了一大跳。

後來小朋友輪流練習操作這個陷阱，操作的過程中，許多人都失敗了，看起來簡單的陷阱，操作起來卻不容易，為什麼常常失敗呢？

活動結束之後我們請獵人叔叔把那三支竹片送給我們，我們帶回學校經過很多次的練習，希望能成為操作「石板陷阱」的高手，也從中找出「石板陷阱」所應用的科學原理。

註：「石板陷阱」是我們為了這次科展所取的名子，這種陷阱一般稱為抓老鼠的陷阱，並沒有特別的名子，主要用途是捕抓老鼠、松鼠、鳥類等小型動物。

貳、研究目的

- 一、熟練操作「石板陷阱」的技巧。
- 二、探討影響「石板陷阱」成功架設的因素。
- 三、探討影響「石板陷阱」順利掉落的因素。
- 四、解析「石板陷阱」所利用的科學原理。
- 五、探討施力方向與施力大小的關係。
- 六、改良傳統「石板陷阱」的缺點。

參、研究設備及器材

陷阱模型、ABC 竹片、電子拉力秤、電子秤、彈簧秤、量角器、游標尺、籠子等。

肆、研究過程與結果

一、熟練操作「石板陷阱」的技巧。

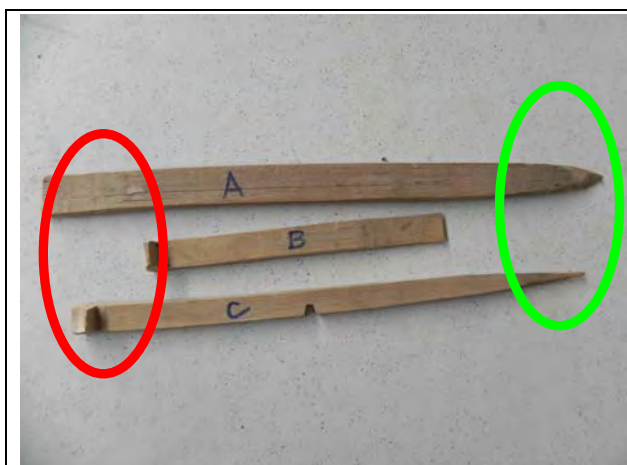
在獵人叔叔的指導下，我們學習到「石板陷阱」的操作方法如下：

(一) 製作三支不同長度的竹片：

	長度	寬度	厚度	特徵
A 竹片	28 cm	1.5 cm	0.5 cm	整支竹片削平，尾端削尖以便插入土裡面。
B 竹片	14 cm	1 cm	0.5 cm	竹片削平，頭端保留竹節，尾端削薄一點。
C 竹片	25 cm	1.5 cm	0.5 cm	竹片削平，頭端保留竹節，尾端削尖，為了插住食物（如地瓜、香蕉等），中間切出一個缺口，這個缺口約 0.5 cm。
說明	1、以上是獵人叔叔留給我們三支竹片的尺寸和特徵。 2、我們根據這些尺寸削出許多竹片，作為實驗的材料。			

(二) 挑選扁平、面積和重量適當的石板，或是採用堅固的木板上面壓石頭也可以。

（因為現在石板不容易取得，所以本研究是採用木板來做陷阱）。



獵人叔叔把用來架設陷阱的
三支竹片送給我們



在學校石板不容易取得，
我們改用木板做實驗

(三) 架設「石板陷阱」：

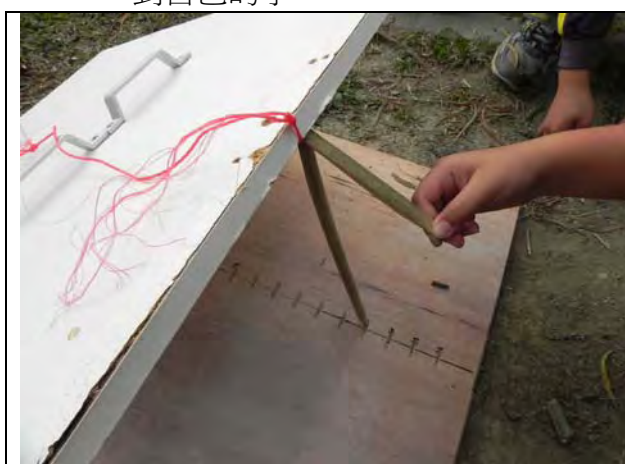
- 1、首先抬起木板（石板），取適當的位置，把 A 竹片插入土裡。
- 2、將 B 竹片的竹節卡在 A 竹片的頂端，輕輕放下木板（石板）壓住 B 竹片的竹節上方。
- 3、將 C 竹片的尾端插好食物後，把 C 竹片的缺口卡住 A 竹片的邊邊，再把 B 竹片的尾端和 C 竹片的竹節內側接在一起。
- 4、輕輕放手，三支竹片就會組成一個撐住木板（石板）的機關，「石板陷阱」就完成了。

(四) 動物觸動陷阱使石板掉落：

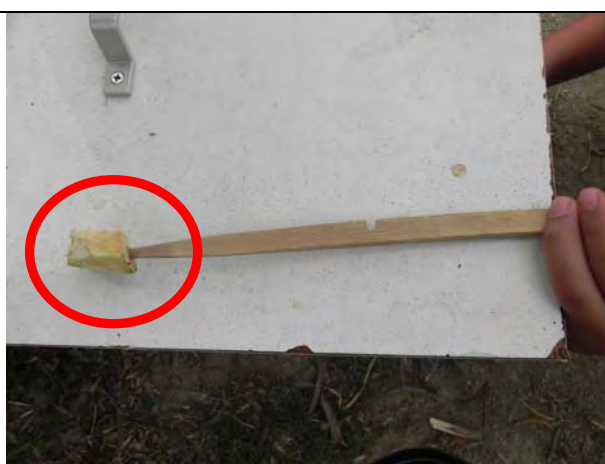
當老鼠（或松鼠）來吃食物時，會觸動 C 竹片的尾端，讓 C 竹片失去平衡，連鎖反應讓 B 竹片、木板（石板）通通掉下來，就可以抓到老鼠了。

(五) 注意事項：

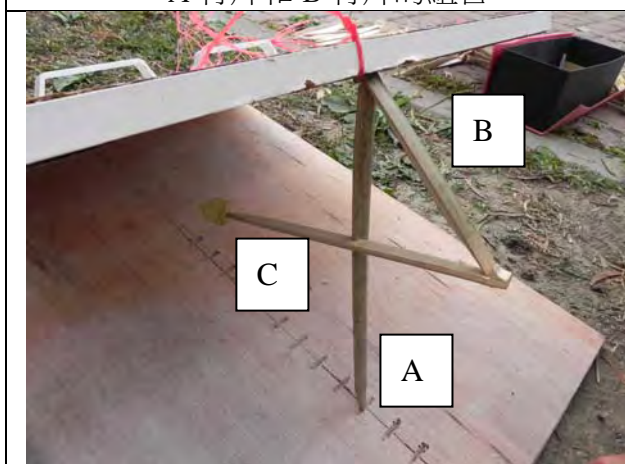
- 1、操作時要特別注意安全，因為架設陷阱常常失敗，一不小心就會壓到自己的手和腳。
- 2、C 竹片要先插好食物，千萬不可以架好陷阱才放食物，因為木板（石板）掉下來會壓到自己的手。



A 竹片和 B 竹片的組合



一小塊地瓜插在 C 竹片的尾端



架設完成的陷阱模型



觸動 C 竹片，陷阱掉下來

二、 探討影響「石板陷阱」成功架設的因素

其實在操作「石板陷阱」的過程並不順利，有時候根本架設不起來，有時候還會砸到手，除了多加練習讓自己的技術純熟之外，也要探討到底有哪些因素影響陷阱的架設。

(一) 影響 A 竹片成功架設的因素

- 1、實驗一：將 A 竹片分別插在木板外緣的下方、內側、外側，架設完成後，再以彈簧秤測量 C 竹片掉落時施力的大小。
- 2、實驗二：與實驗一相同的位置，A 竹片輕輕立在地上，所立的位置是否影響陷阱的架設？

3、實驗結果：(參閱附表 1)

A 竹片 位置 次數	外緣的內側		外緣的下方		外緣的外側	
	插入土裡	輕輕立著	插入土裡	輕輕立著	插入土	輕輕立著
10 次平均 (gw)	失敗 10 次	失敗 10 次	12	10	12	10
備 註	1、保持不變的變因：A 竹片 (A1)、B 竹片 (B3-14-1)、C 竹片 (C-10-1)。 2、測量 12 次，扣除最高 (或最低) 不正常數據 2 次，以 10 次進行統計。 【以下實驗均如此】					

4、實驗三：取三支 A 竹片，C 竹片缺口分別卡在「竹膜面」和「竹青面」，觀察陷阱是否成功，並測量施力大小。

5、實驗結果：(參閱附表 2)

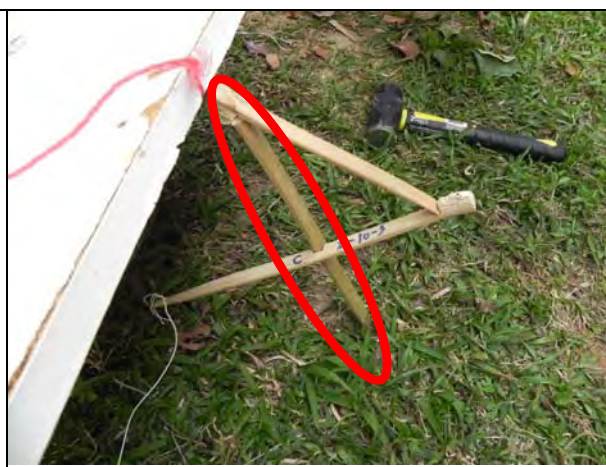
A 竹片 次數	A1		A2		A3	
	竹膜面	竹青面	竹膜面	竹青面	竹膜面	竹青面
10 次平均 (gw)	12	失敗 10 次	12	失敗 9 次	12	失敗 9 次
備註	1、保持不變的變因：C 竹片 (C3)、B 竹片 (B3-14-3)					

6、討論：

- (1) 不管把 A 竹片插入土裡或是輕輕立在地上，陷阱都可以成功。要注意的是所立的位置都不可以在木板 (石板) 外緣之內，否則陷阱無法架設。
- (2) A 竹片所立的位置，可以在木板外緣的下方，也可以在木板外緣的外側。
- (3) A 竹片的「竹青面」比較光滑，C 竹片卡上去幾乎都滑掉，所以架設陷阱一定要將比較粗糙的「竹膜面」朝內，陷阱架設才會成功。



A 竹片插在木板外緣的下方



A 竹片插在木板外緣的外側



A 竹片的竹青面比較光滑

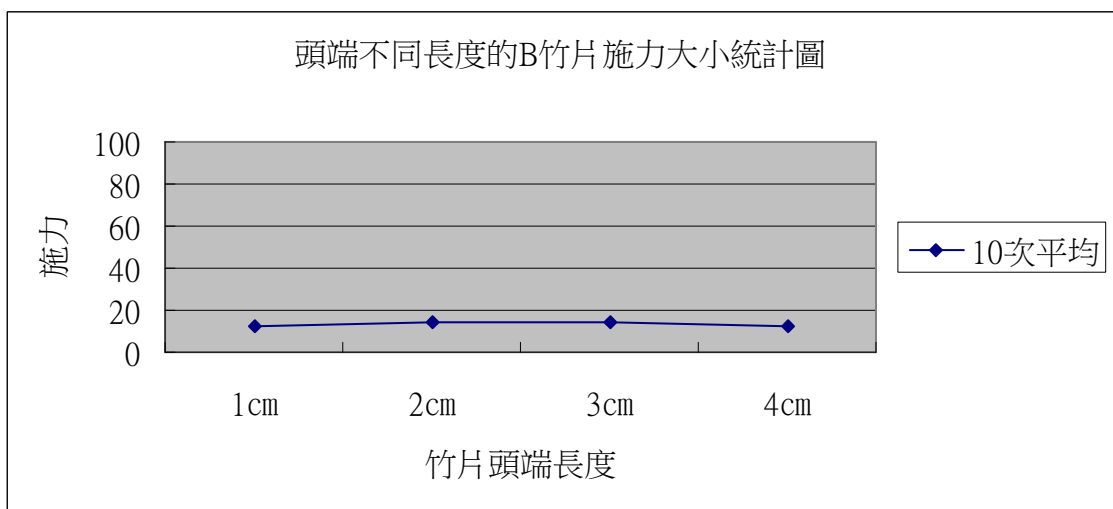


A 竹片的竹膜面比較粗糙

(二) 影響 B 竹片成功架設的因素

- 1、實驗一：觀察頭端不同長度的 B 竹片，是否可以順利連接 C 竹片。再以彈簧秤測量 C 竹片掉落時施力的大小。
- 2、實驗結果：(參閱附表 3)

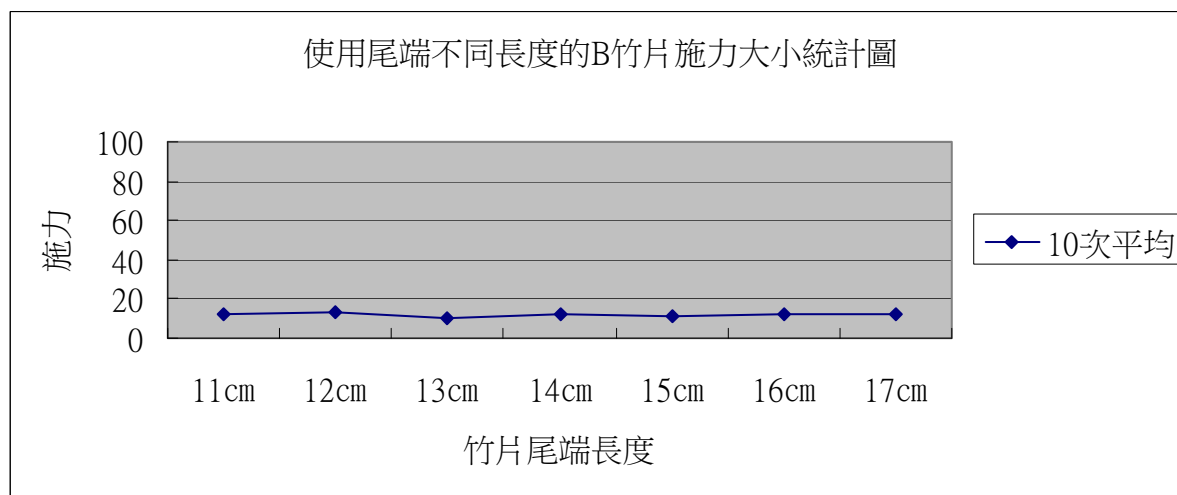
B 竹片 次數	頭端 1 cm	頭端 2 cm	頭端 3 cm	頭端 4 cm
成功率	50%	83%	100%	100%
10 次平均 (gw)	12	14	14	12
備 註	1、保持不變的變因：A 竹片 (A 長老)、C 竹片 (C1-10-1) 2、(A 長老) 代表使用長老留給我們的 A 竹片操作。			



- 3、實驗二：觀察尾端不同長度的 B 竹片，是否可以順利連接 C 竹片。再以彈簧秤測量 C 竹片掉落時施力的大小。

4、實驗結果：(參閱附表 4)

B 竹片 次數	尾端 11 cm	尾端 12 cm	尾端 13 cm	尾端 14 cm	尾端 15 cm	尾端 16 cm	尾端 17 cm
距離地面 (cm)	21.5	19	16.5	15.5	14.5	12.5	12
10 次平均 (gw)	12	13	10	12	11	12	12
備註	1、「距離」是指陷阱架設成功後，C 竹片缺口處與地面的距離。 2、保持不變的變因：C 竹片 (C3)、A 竹片 (A1)						



5、討論：

- (1) 頭端長度 1 公分的 B 竹片，操作 20 次才得到 10 次數據，成功率只有 50%；頭端長度 2 公分的 B 竹片，操作 12 次得到 10 次數據，成功率 83%。
- (2) 頭端長度 3 公分和 4 公分的 B 竹片，操作起來比較順手成功率都是 100%。但是當木板（石板）壓在 4 公分的 B 竹片上端時，有一點不穩的現象。因此得知頭端 3 公分的 B 竹片最適合陷阱操作。
- (3) 實驗一，四種長度的 B 竹片所架設的陷阱，都只要 10 公克重左右的施力，就可以讓木板掉下來，所以 B 竹片頭端的長度對這種陷阱的施力不會有太大的影響。
- (4) B 竹片尾端從 11 公分至 17 公分，都可以成功架設陷阱，同樣都只要 10 公克重左右的施力，就可以讓木板掉下來。
- (5) B 竹片尾端如果愈長，架好之後 C 竹片會愈靠近地面，B 竹片尾端愈短架好之後 C 竹片會愈高，小動物就不容易吃到食物。
- (6) 綜合以上討論，得知 B 竹片尾端的長短雖然不影響陷阱操作。但是考量小動物的體型，本實驗建議 B 竹片的尾端以 14 公分至 17 公分比較好。



用頭端 1 公分的 B 竹片架設陷阱。



頭端 1 公分和 2 公分的 B 竹片，會產生這種自然平衡的現象。



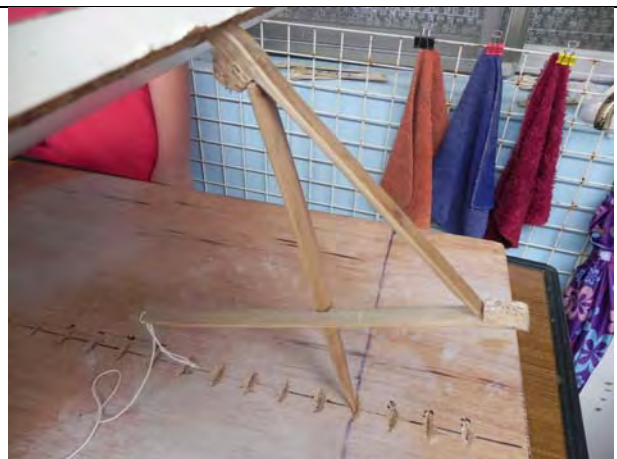
用頭端 3 公分的 B 竹片架設陷阱最適當。



用頭端 4 公分的 B 竹片會有一點不穩。



使用尾端 11 cm 的 B 竹片，C 竹片距離地面較高。小動物不容易吃到食物。



使用尾端 17 cm 的 B 竹片，C 竹片距離地面較低。小動物比較容易吃到食物。

(三) 影響 C 竹片架設成功的因素

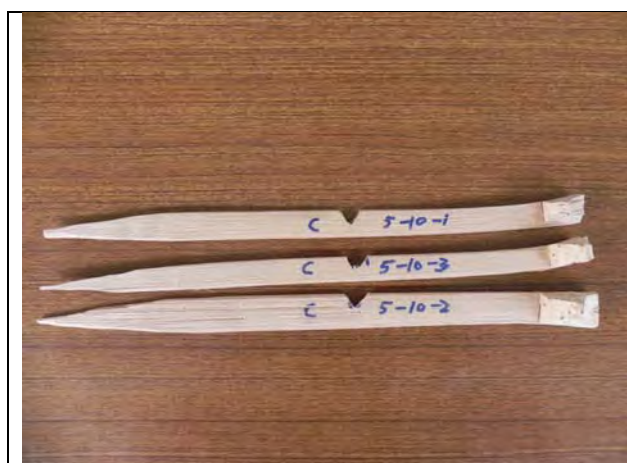
1、實驗一：將 C 竹片的缺口切成「三角形」、「方形」、「梯形」三種不同形狀進行實驗，測量 C 竹片掉落時施力的大小。

2、實驗結果：(參閱附表 5)

缺口形狀 及大小	三角形 1 cm			方形缺口 0.5 cm			方形缺口 1 cm			梯形缺口 0.5 cm			梯形缺口 1 cm		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
C 竹片 編號															
10 次平均 (gw)	全部失敗			20	22	60	20	18	14	46	42	38	42	48	42
總平均 (gw)	—			34			17			42			44		
備註	1、保持不變的變因：A 竹片 (A 長老)、B 竹片 (B3-14-3)。														

3、討論：

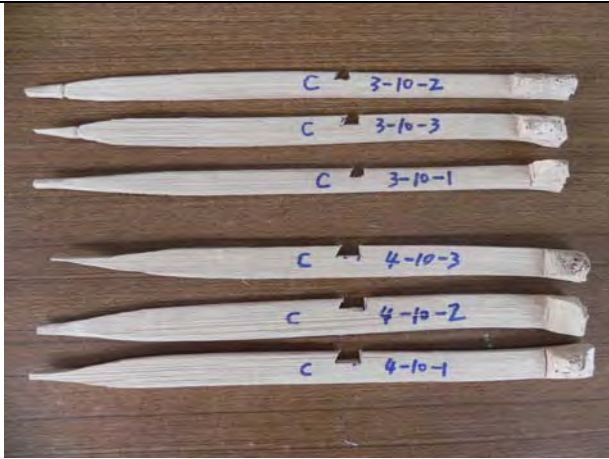
- (1) C 竹片如果是三角形的缺口，一放手竹片就滑掉，根本無法架設陷阱。
- (2) 方形缺口的 C 竹片，操作時每一次都可以成功，大缺口的竹片得到的數據比較穩定，平均施力最小只要 17 公克重；小缺口的竹片得到的數據比較不穩定，有四次卡太緊要用超過 100 公克重的力才能使陷阱掉落，因此平均施力反而要 34 公克重。
- (3) 梯形缺口的 C 竹片，操作時也是每一次都可以成功，但是梯形缺口的竹片，不論是大缺口或小缺口得到的數據都比方形缺口的竹片還要大。
- (4) 綜合以上發現，C 竹片缺口的形狀以方形缺口最好，缺口大比較好。



三角形缺口的 C 竹片



方形缺口的 C 竹片



梯形缺口的 C 竹片



三支竹片組合的樣子

三、 探討影響「石板陷阱」掉落的因素

(一) A 竹片插在土裡的位置是否會阻礙石板掉落？

- 1、實驗方法：測試 A 竹片插在土裡和輕輕立著，對木板（石板）掉落的影響。
- 2、實驗結果：

A 竹片 位置 次數	外緣的內側	外緣的下方		外緣的外側	
		插在土裡	輕輕立著	插在土裡	輕輕立著
第一次	無法操作	×	○	○	○
第二次	無法操作	○	○	○	○
第三次	無法操作	○	○	○	○
第四次	無法操作	×	○	○	○
第五次	無法操作	○	○	○	○
備 註	1、○ 代表木板順利掉落 × 代表木板無法順利掉落 2、保持不變的變因：A 竹片（A 長老）、B 竹片（B3-14-3）、 C 竹片（C2-10-1）。				

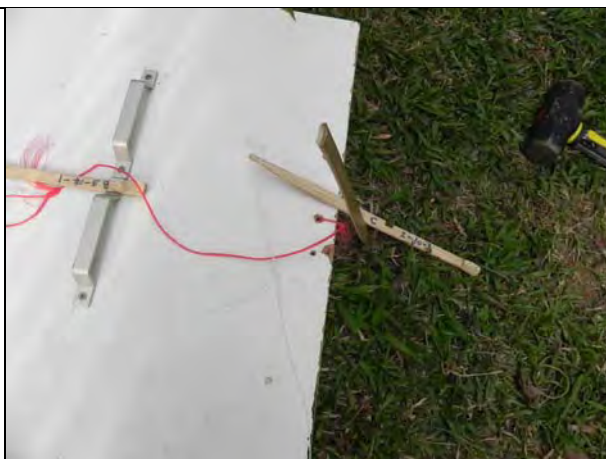
- 3、討論：獵人架設石板，為了讓陷阱穩固，通常會把 A 竹片插入土中，這個動作要特別注意插竹片的位置，避免木板（石板）掉落時被 A 竹片撐住，陷阱就會失敗。

(二) C 竹片卡太緊不容易掉落

從二~（三）有關 C 竹片的研究結果發現，A 竹片的厚度大約是 0.5 cm，如果 C 竹片的缺口比較小，容易和 A 竹片夾太緊，當 C 竹片尾端被觸動時，也不會掉下來，或是力量很大才掉下來。因此 C 竹片的缺口要大一點才不會卡太緊。



A 竹片插在木板外緣的正下方，
會阻礙木板（石板）的掉落



A 竹片插在木板外緣的外面，
木板（石板）才可以順利掉落



C 竹片的缺口不能和 A 竹片卡太緊。



如果卡太緊，C 竹片不容易脫落。

四、解析「石板陷阱」所應用的科學原理。

(一) 探討「石板陷阱」中，A 竹片和 B 竹片的關係為何？

1、插在地上的 A 竹片支撐 B 竹片竹節的位置。B 竹片的頭端支撐木板（石板）的重量。此時 B 竹片的尾端如果沒有任何施力，B 竹片的尾端就會往上翹，然後 B 竹片和木板（石板）一起掉下來。

2、實驗方法：

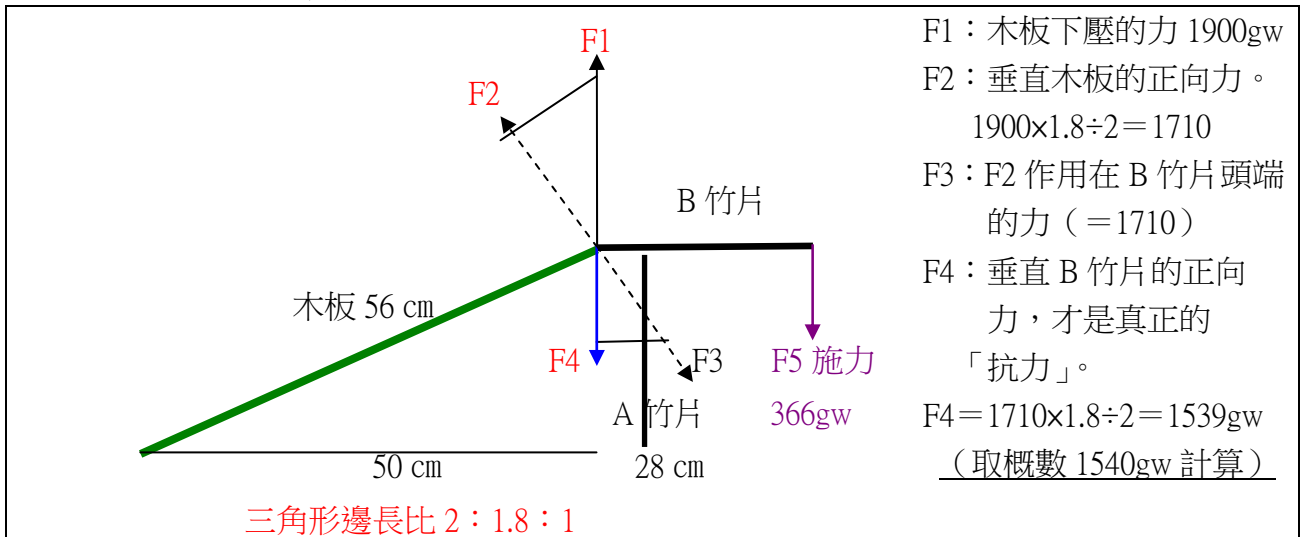
A 竹片支撐 B 竹片的關係，是單純的「第一型槓桿」，因此以 B 竹片竹節的位置為支點，B 竹片的頭端支撐木板的位置為抗力點，B 竹片的尾端為施力點，以【 $\text{施力臂} \times \text{施力} = \text{抗力臂} \times \text{物重}$ 】的公式計算 B 竹片尾端的施力，並實際測量驗證。

3、實驗結果：

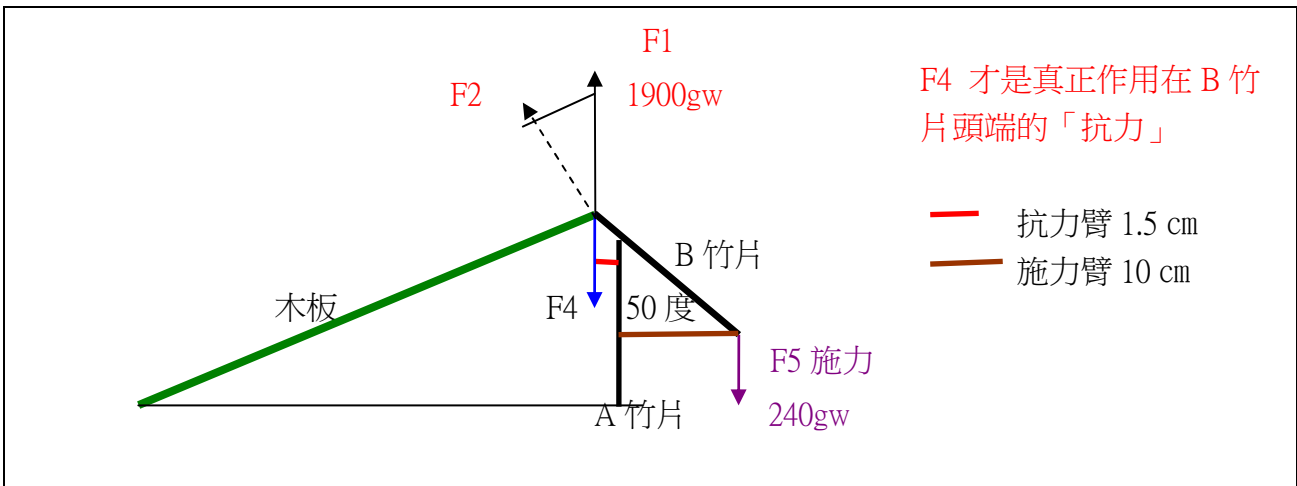
計算與測量 B 竹片	計算公式：抗力臂×物重＝施力臂×施力				測量驗證	
	抗力臂 (cm)	木板外緣垂直下壓的力 (gw)	施力臂 (cm)	施力大小 (gw)	AB 竹片夾角 90 度	AB 竹片夾角 50 度
第一支	3.0	1900	14.4	396	380	250
第二支	3.1	1900	14.2	415	340	240
第三支	3.1	1900	14.5	406	350	230
第四支	3.0	1900	14.3	397	370	240
第五支	3.0	1900	14.4	396	390	240
平均 (gw)				402	366	240
說明	保持不變的變因：A 竹片 (A2)、方形缺口 C 竹片 (C 2-10-1)。					

4、討論：

- (1) 木板外緣下壓的力量約 1900gw，以公式計算 B 竹片尾端的施力平均約 402gw，實際測量的結果，只需要大約 366gw 的施力就可以保持平衡。
- (2) 我們從力圖來分析，木板 F1 的力 1900gw，實際作用在 B 竹片頭端的「抗力 (F4)」經過計算大約只剩 1540gw，抗力矩 = $1540 \times 3 = 4620$ ，施力應該 = $4620 \div 14 = 330$ ，與測量的數據是接近的。



- (3) 當整個陷阱架設好之後，A、B 竹片的夾角大約是 50 度，所以也測量夾角保持 50 度時，B 竹片尾端的施力，結果發現平均大約 240 公克就可以平衡，也就是說在 B 竹片尾端只要被 240 公克的力量拉住，就可以支撐上端的木板。
- (4) 再以力圖分析，B 竹片與 A 竹片夾角 50 度時，抗力臂和施力臂長度會改變，實際測量出來的抗力臂約 1.5 cm、施力臂約 10 cm，抗力矩 = $1540 \times 1.5 = 2310$ ，施力應該 = $2310 \div 10 = 231$ (gw)，與測量的數據非常接近。



A 竹片撐住 B 竹片的竹節，木板壓住 B 竹片的竹節上端



B 竹片的尾端會往上翹，需要力量壓住或拉住才會平衡



測量 B 竹片尾端的拉力。



以 50 度夾角測量 B 竹片尾端的拉力。

(二) 探討「石板陷阱」中，B 竹片和 C 竹片的關係為何？

- 1、在 A、B 竹片關係的探討中，已經明白 B 竹片的尾端需要力量拉住，讓 B 竹片保持平衡。

2、「石板陷阱」裝置中，B 竹片的尾端卡在 C 竹片的竹節內側，所以 C 竹片正好就擔任拉住 B 竹片尾端的角色。只要 C 竹片的拉力足夠，就可以讓 B 竹片保持平衡。

(三) 探討「石板陷阱」中，C 竹片和 A 竹片的關係為何？

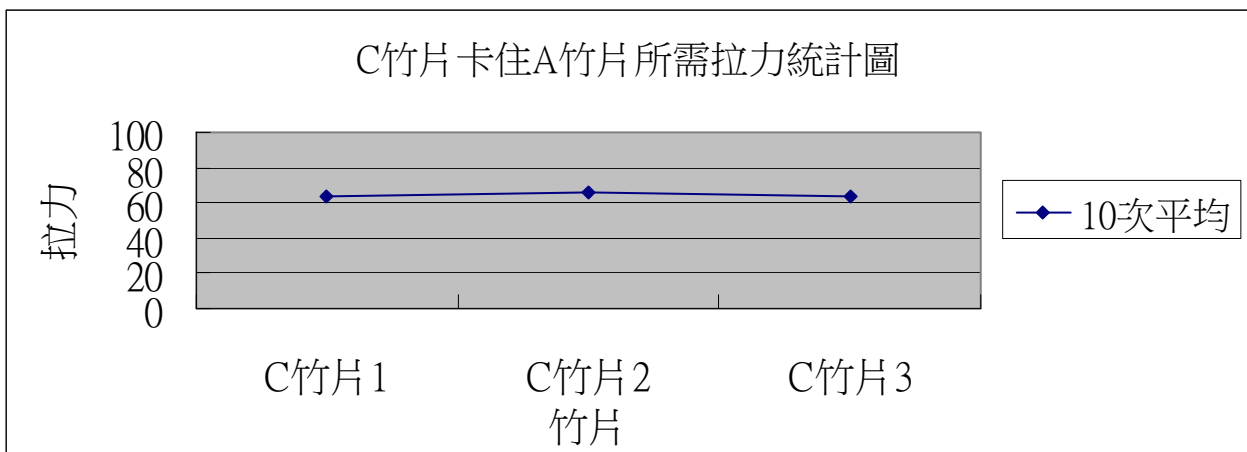
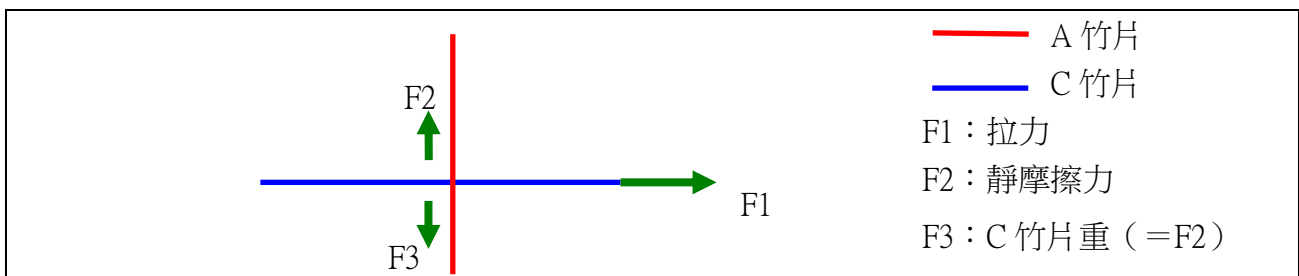
1、在 B、C 竹片關係的探討中，已經明白 C 竹片擔任的就是拉住 B 竹片尾端的角色。C 竹片的尾端插著食物，中間有一個缺口，這個缺口卡住 A 竹片的邊邊，為什麼放手之後 C 竹片就可以卡住 A 竹片而不會往下滑呢？是不是 B 竹片往上翹的力量也剛好拉住 C 竹片呢？

2、實驗方法：

- (1) 將 A 竹片固定好之後，將 C 竹片的中間缺口卡在 A 竹片的邊邊。
- (2) 以彈簧秤勾住 C 竹片頭端的竹節，用力拉住讓 C 竹片缺口保持卡住 A 竹片的狀態。
- (3) 緩慢減少彈簧秤的拉力，直到 C 竹片下滑為止。

3、實驗結果：(參閱附表 6)

C 竹片編號	C 竹片 1	C 竹片 2	C 竹片 3
C 竹片重 (g)	17	17	19
10 次平均 (gw)	64	66	64
靜摩擦係數	0.27	0.26	0.3
摩擦係數平均	0.28		
說 明	保持不變的變因：A 竹片 (A 長老) 靜摩擦係數 = 靜摩擦力 (C 竹片重) ÷ 拉力		



4、討論：

- (1) 經過前後多次實驗，發現大約只要有 65 公克重的力量，就足夠拉住 C 竹片，不會讓 C 竹片從 A 竹片上滑下來。
- (2) 本實驗中的 C 竹片重量=C 竹片缺口和 A 竹片的靜摩擦力，以「靜摩擦係數=靜摩擦力 (C 竹片重) ÷ 施力」的公式計算，靜摩擦係數大約是 0.28。
- (3) 根據 四~(一) 探討 A、B 竹片關係的實驗，已經得知 B 竹片往上翹的力量大約 240 公克重，這個力量足夠拉住 C 竹片不會讓它往下滑。以「靜摩擦力=靜摩擦係數×施力」的公式計算 $240 \times 0.28 = 67.2$ (gw)，推論 B 竹片 240gw 的拉力應該可以支撐大約 67gw 的 C 竹片。



測量 C 竹片需要多大的拉力
才會卡在 A 竹片上



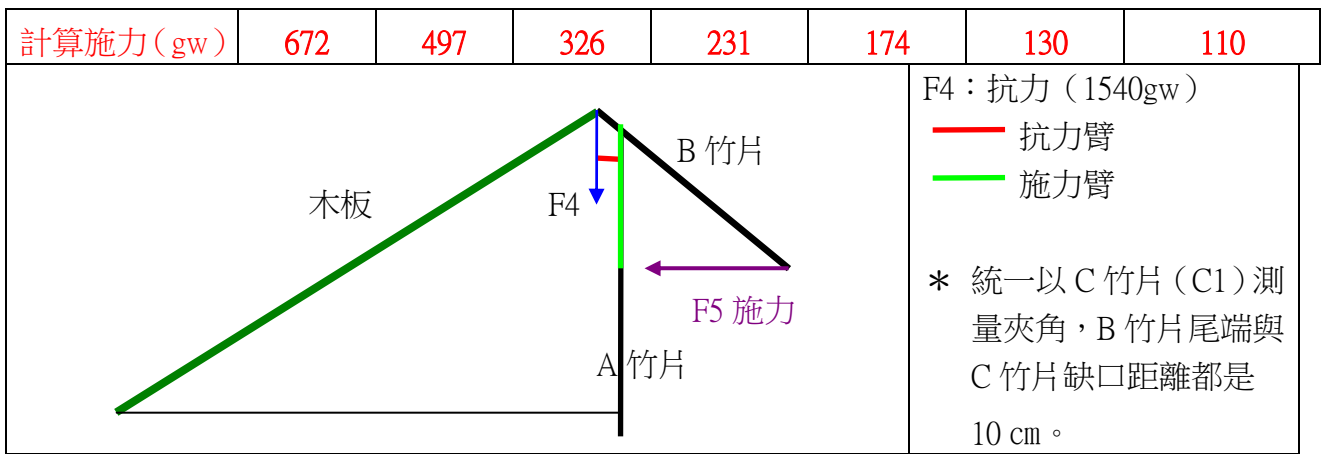
只要被大約 65 公克重的力量拉住，
C 竹片就不會往下滑

(四) 探討 B 竹片的尾端長度不同與拉力的關係。

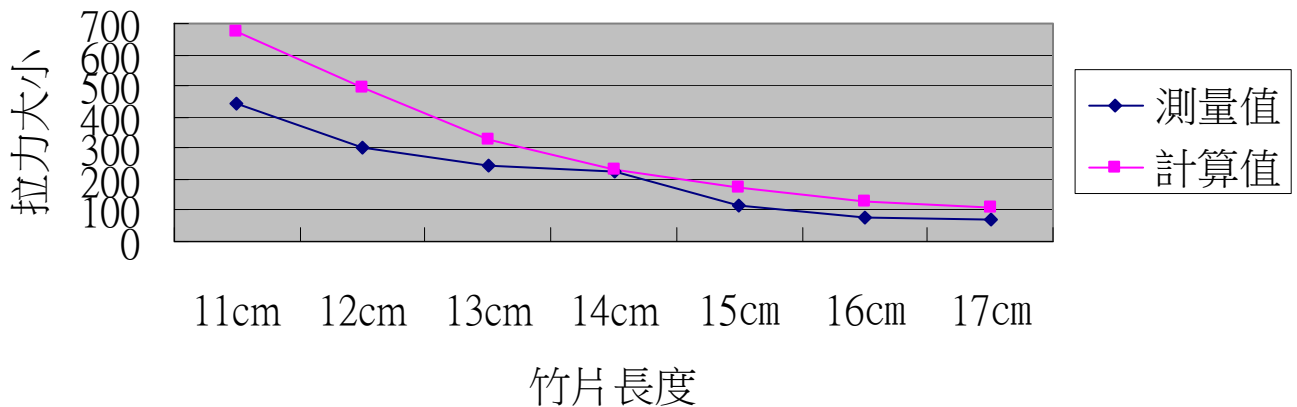
- 1、實驗方法：使用尾端不同長度的 B 竹片架設陷阱，先測量 AB 竹片間的夾角，再測量不同 B 竹片往上翹時產生的拉力大小。

2、研究結果：

B 竹片尾端	11 cm	12 cm	13 cm	14 cm	15 cm	16 cm	17 cm
AB 竹片夾角	70 度	60 度	55 度	50 度	40 度	35 度	30 度
第 1 支	430	300	230	210	120	70	60
第 2 支	440	290	250	220	120	90	70
第 3 支	440	310	250	240	110	70	90
第 4 支	460	320	240	220	120	80	70
第 5 支	450	290	240	230	120	90	70
測量平均 (gw)	444	302	242	224	118	80	72
抗力臂 (cm)	2.4	2.1	1.8	1.5	1.3	1.1	1.0
施力臂 (cm)	5.5	6.5	8.5	10	11.5	13	14



B竹片尾端長度不同與拉力的關係圖



3、討論：

- (1) 實驗發現，當 B 竹片尾端愈長，A 竹片和 B 竹片的夾角愈小，「抗力臂會變短，施力臂會變長」，當木板壓下來時，B 竹片尾端所產生向上的拉力就愈小。
- (2) 本實驗除了測量拉力之外，同時也以公式計算，從關係圖可以看出尾端長度在「14 公分」時，測量值與計算值誤差最小，其他均有明顯誤差，而且長度愈短誤差愈大。這個現象的原因令人不解，還有待探討。



(五) 動物觸動 C 竹片的尾端，使 C 竹片失去平衡時，究竟 C 竹片是屬於支點在中間的第一型槓桿？還是抗力點在中間的第二型槓桿？

1、實驗一：假設 C 竹片中間缺口卡住 A 竹片的位置是支點，就是屬於第一型槓桿。

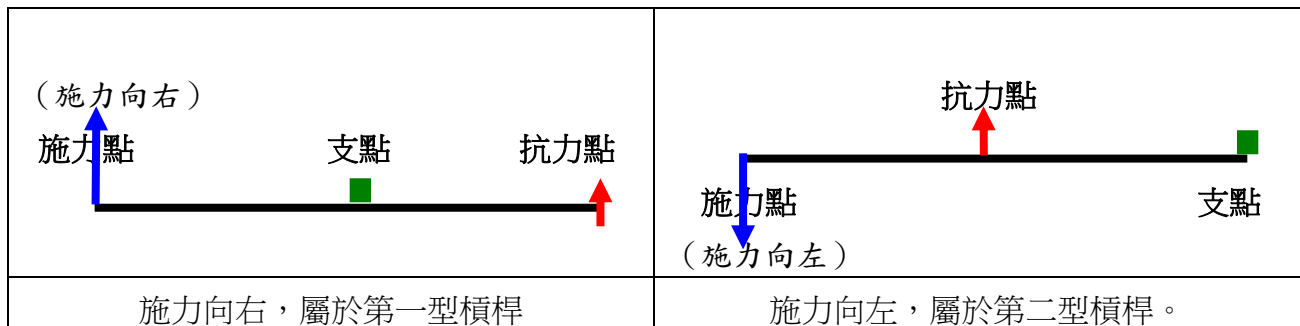
2、實驗方法：用橡皮筋綁在 C 竹片缺口卡住 A 竹片的位置，讓 C 竹片和 A 竹片不會脫落但可以轉動。以彈簧秤測量 C 竹片尾端被觸動掉落時施力的大小。(包含施力向左與施力向右)

3、實驗二：假設 C 竹片中間缺口卡住 A 竹片的位置是抗力點，就是屬於第二型槓桿

4、實驗方法：用膠帶黏住 C 竹片頭端與 B 竹片尾端連接的位置，讓 C 竹片和 B 竹片不會脫落但可以轉動。以彈簧秤測量 C 竹片尾端被觸動掉落時施力的大小。(包含施力向左與施力向右)

5、實驗結果：(參閱附表 7)

類型 次數	實驗一 第一型槓桿		實驗二 第二型槓桿		對照組 (正常陷阱)	
	向左	向右	向左	向右	向左	向右
10 次平均 (gw)	120	46	14	>250	12	44
備註	保持不變的變因：A 竹片 (A3)、B 竹片 (B 3-14-2)、C 竹片 (C-10-3)。					



6、討論：

(1) 從對照組 (正常陷阱) 的數據，可以看出如果施力向左，C 竹片的尾端只要被大約 12 公克重的力量碰觸，木板就會掉下來。如果施力向右，C 竹片的尾端被 44 公克重的力量碰觸，木板會掉下來。所以當動物咬到食物時，向左邊跑比較容易觸動陷阱，如果動物向右邊跑，比較不容易觸動陷阱。

(2) 實驗一，把 C 竹片當成第一型槓桿測試時，施力向左彈簧秤要拉到大約 120 公克重，木板才會掉下來。施力向右彈簧秤只要拉到大約 46 公克重，木板就會掉下來，與正常陷阱 (對照組) 相近。

(3) 實驗二，把 C 竹片當成第二型槓桿測試時，施力向左彈簧秤只要拉大約 14 公克重，木板就會掉下來，這個數據和對照組 (正常陷阱) 非常接近。施力向右彈簧秤拉

到極限 (>250 公克重)，木板還是不會掉下來。

(4) 綜合以上的討論發現，如果動物施力向左觸動 C 竹片的尾端，C 竹片這個裝置是屬於抗力點在中間的第二型槓桿，動物的施力只要能克服 C 竹片中間缺口和 A 竹片間的摩擦力，就可以使 C 竹片掉落。如果動物施力向右觸動 C 竹片的尾端，C 竹片這個裝置會變成是支點在中間的第一型槓桿，動物的施力要克服 C 竹片頭端與 B 竹片尾端的摩擦力，才能使 C 竹片掉落。



第一型槓桿：

C 竹片中間缺口卡住 A 竹片的位置是支點



第二型槓桿：

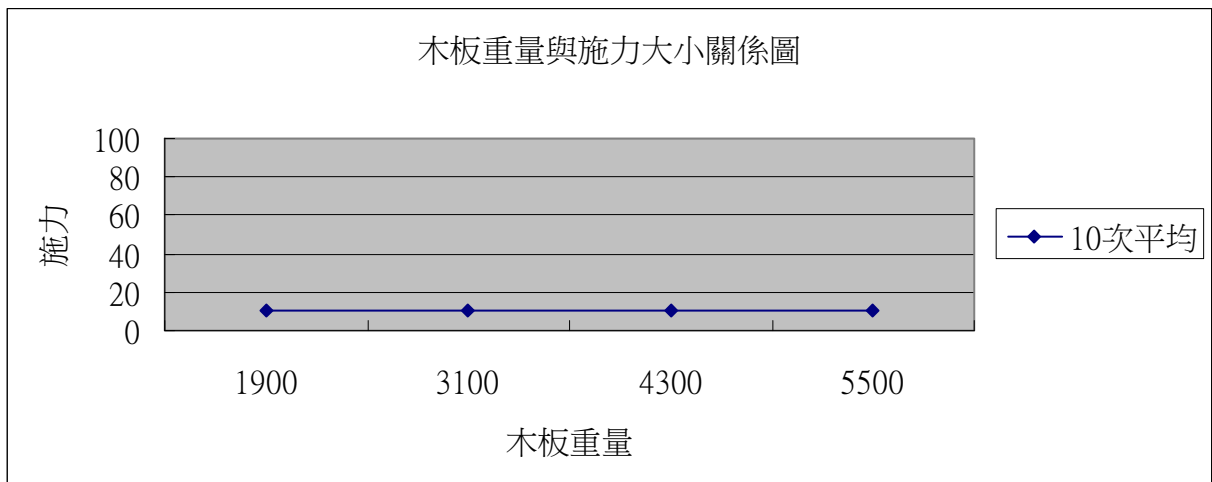
C 竹片和 B 竹片連接的位置是支點

(六) 木板 (石板) 的重量會不會影響老鼠在 C 竹片的施力？

1、實驗方法：用加磚塊的方式改變木板的重量，測量 C 竹片掉落時施力的大小。

2、實驗結果：(參閱附表 8)

木板外緣 下壓的重力	木板 (約 1900gw)	木板+1 塊磚 (約 3100gw)	木板+2 塊磚 (約 4300gw)	木板+3 塊磚 (約 5500gw)
10次平均(gw)	10	10	10	10
說 明	改變的變因：木板的重量 (加磚塊)。 保持不變的變因：A 竹片 (A4)、B 竹片 (B-3-14-3)、C 竹片 (C-10-3)。			



3、討論：本實驗看出這四種不同重量的木板，C 竹片被觸動掉落時的施力大約都是 10 公克重。研究四-(五)已經得知向左施力時 B 竹片尾端連接 C 竹片竹節的地方是「支點」，雖然木板重量增加，但是力量沿著 B 竹片作用在支點上，不影響 C 竹片的力矩。因此就算石板很重，老鼠還是可以輕易觸動陷阱。



木板上面押二塊磚頭大約有 4300 公克



木板上面押三塊磚頭大約有 5500 公克

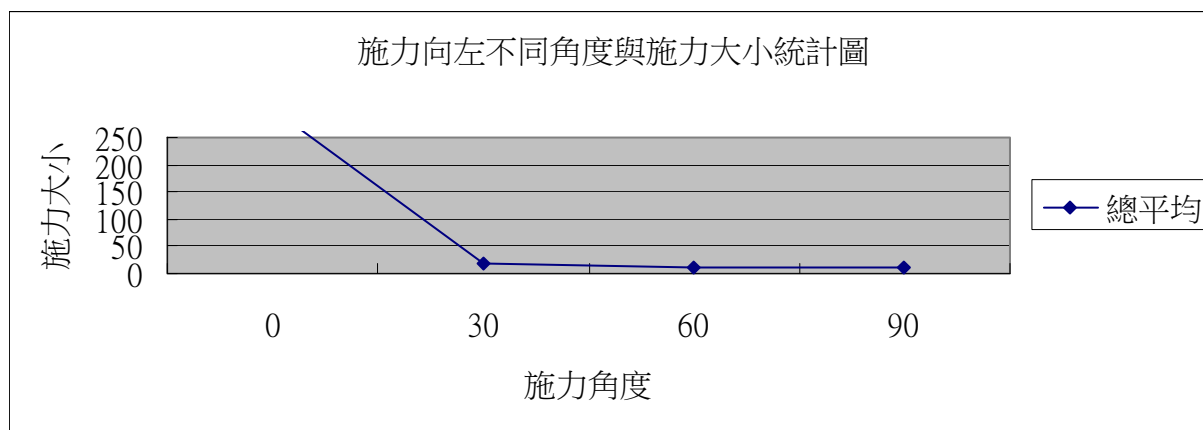
五、探討動物施力方向與施力大小的關係。

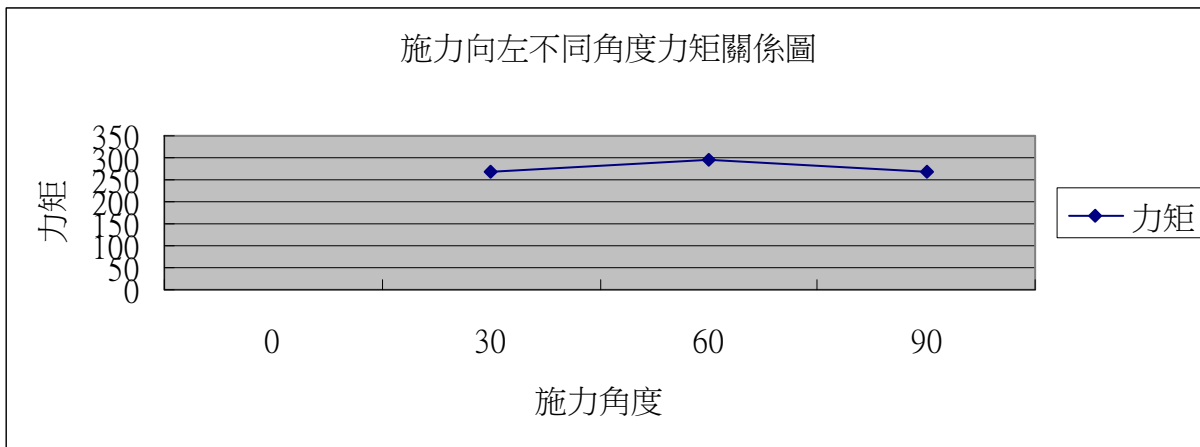
(一) 原本 C 竹片的缺口設計，從左邊卡住 A 竹片，動物向左施力可以非常輕易觸動陷阱。但是動物咬到食物之後真的會乖乖的向左邊走嗎？應該不會吧！動物施力的方向不同時，是否還能順利觸動 C 竹片？

(二) 實驗一：在陷阱模型上刻劃出向左施力的四個角度，分別是 90 度、60 度、30 度以及 0 度（正前方），測量觸動 C 竹片時施力的大小。

(三) 實驗結果：(參閱附表 9)

施力向左	0 度			30 度			60 度			90 度		
施力臂	0 cm			14 cm			24 cm			27 cm		
C 竹片編號	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
10 次平均 (gw)	>250	>250	>250	21	19	18	12	13	12	10	10	10
總平均 (gw)	—			19.3			12.3			10		
力矩計算 (gw-cm)	—			$19.3 \times 14 = 270.2$			$12.3 \times 24 = 295.2$			$10 \times 27 = 270$		





(四) 實驗二：在陷阱模型上刻劃出向右施力的三個角度，分別是 90 度、60 度、30 度，測量觸動 C 竹片時施力的大小。(0 度在實驗一已經做過，所以省略)

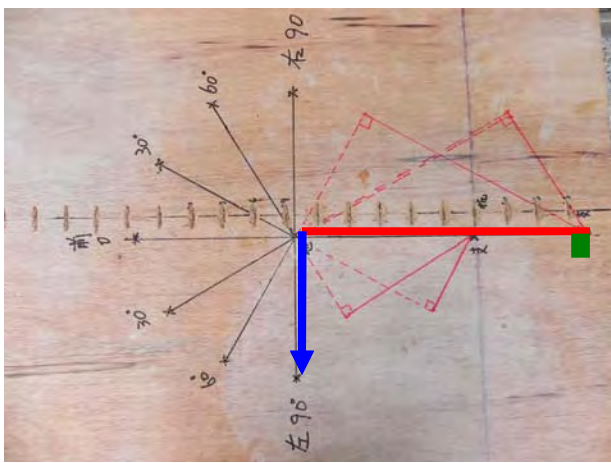
(五) 實驗三：除了動物向左、向右的施力之外，鳥類覓食的動作是向下啄，所以要測試動物向下施力的大小。

(六) 實驗結果：(參閱附表 10)

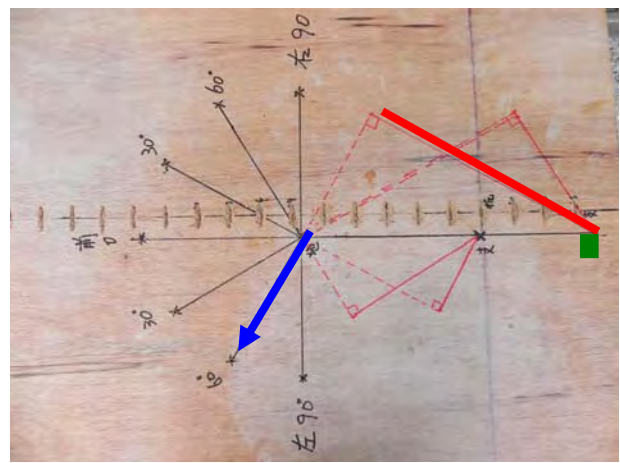
施力方向	90 度			60 度			30 度			施力向下		
施力臂	16.5 cm			14.5 cm			8 cm					
C 竹片	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
平均 (gw)	44	47	46	57	61	54	失敗率超過一半 不統計			29	21	24
總平均 (gw)	45.7			57.3			—			24.6		
力矩計算 (gw-cm)	45.7×16.5=754			57.3×14.5=830.8			—			—		

(七) 討論：

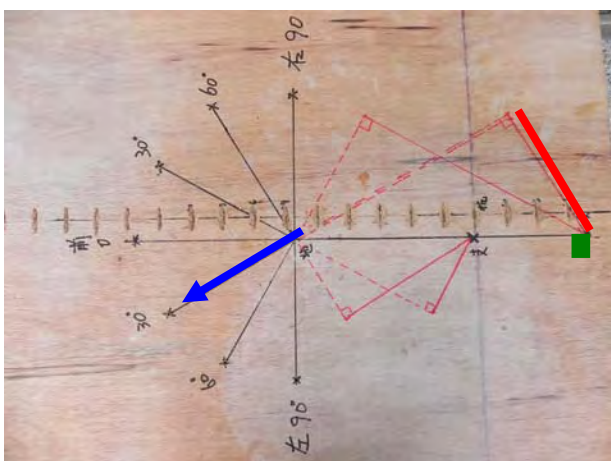
- 1、向左施力 90 度時施力約 10 公克重、60 度時施力約 12.3 公克重、30 度時施力約 19.3 公克重，以「力矩=施力×力臂」的公式計算，三種施力的力矩是相近的。
- 2、0 度的施力其實是向正前方施力，每一次彈簧秤拉到極限，C 竹片都不會掉落。
- 3、向右施力 90 度時施力約 45.7 公克重、60 度時施力約 57.3 公克重，這二者力矩計算結果相差較大，表示有其他影響因素。
- 4、向右施力 30 度時，有 57% 的機率實驗失敗，彈簧秤拉到極限，C 竹片都不會掉落。
- 5、模仿鳥類啄食的向下施力，實驗發現大約 24.6 公克重的力量才能觸動 C 竹片，所以鳥類啄食比較不容易觸動陷阱。



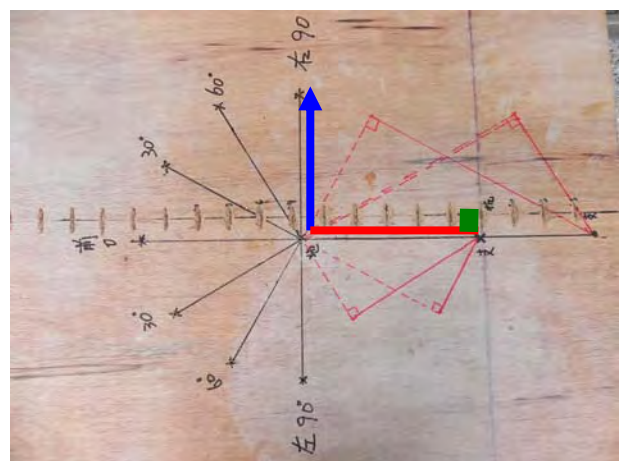
施力向左 90 度的力臂圖



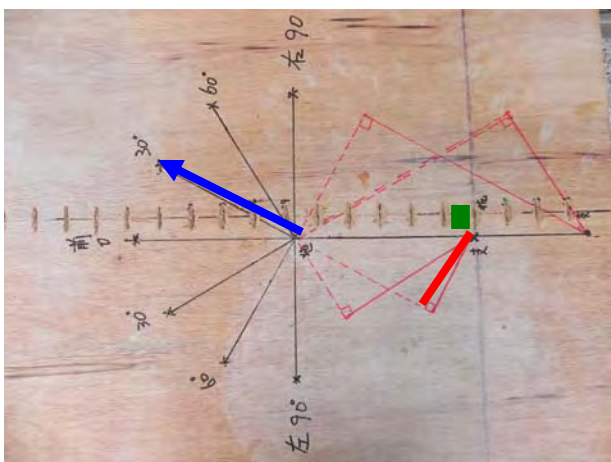
施力向左 60 度的力臂圖



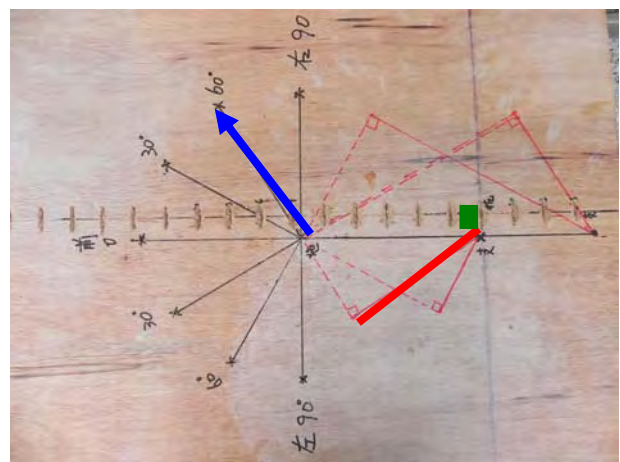
施力向左 30 度的力臂圖



施力向右 90 度的力臂圖



施力向右 30 度的力臂圖



施力向右 60 度的力臂圖

圖例： ■ 代表支點。 — 代表施力臂。 ← 代表施力方向。

六、改良傳統陷阱的缺點，成為能控制方向又不會傷害小動物的陷阱。

實驗證實，小動物咬到食物之後最容易觸動石板陷阱的方向是「向左邊跑」，但是食物周圍任何方向都能跑，要怎麼做才能讓小動物只朝同一個方向施力？另外傳統使用石板陷阱是為了取得獵物，石板掉下來時，小動物一定非死即傷，這樣的陷阱並不符合現在社會的需求，因此我們需要加以改良。

(一) 實驗一：在木板上固定二個吊鉤，利用吊鉤改變施力方向，繩子的一端綁住食物，另一端穿過吊鉤綁在 C 竹片的尾端，測試不同方向觸動 C 竹片的成功率以及施力大小。

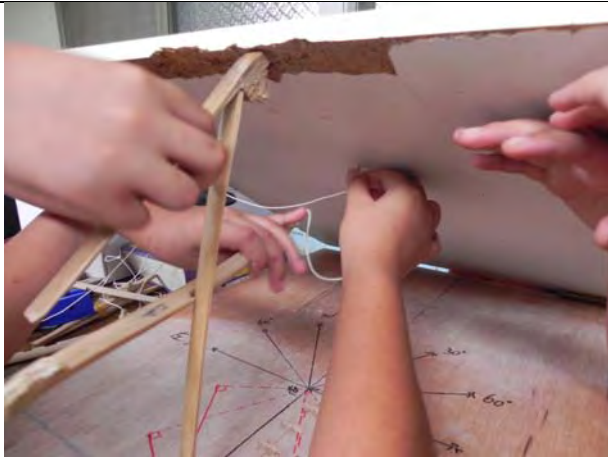
(二) 實驗二：用籠子取代石板，架設陷阱，測量觸動 C 竹片讓籠子掉落的成功率以及施力大小。

(三) 實驗結果：(參閱附表 11)

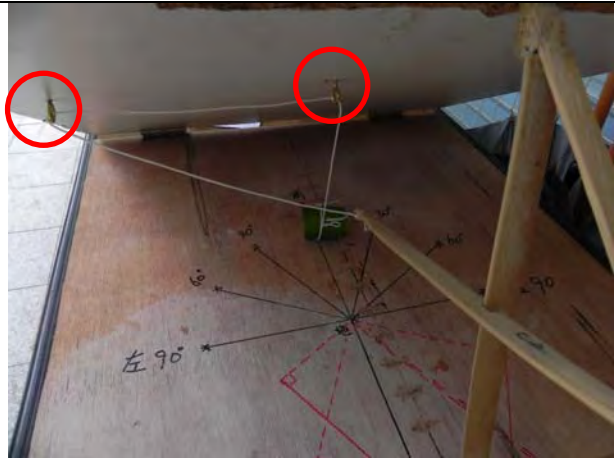
改良方式 次數	改用籠子	增加吊鉤		
		施力向左	施力向右	施力向後
成功率	100%	100%	100%	100%
10 次平均 (gw)	10	13	11	13
備註	保持不變的變因：A 竹片 (A4)、B 竹片 (B-3-14-3)、C 竹片 (C-10-3)。			

(四) 討論：

- 1、利用木板上的吊鉤和繩子搭配，確實達到改變施力方向的目的，不管小動物向哪一個方向跑，都會變成向左施力把 C 竹片拉下來，成功率 100%。雖然增加二個吊鉤的摩擦力，但是觸動 C 竹片的施力仍維持在大約 13 公克重，力道非常輕微，所以我們設計的改良方式可以克服傳統陷阱的缺點。
- 2、使用籠子取代石板來做陷阱，觸動 C 竹片的力量一樣很輕只要大約 10 公克重，成功率也是 100%。
- 3、將以上二種方法結合起來，可以做一個很好的陷阱，實際以小狗做實驗，小狗真的被籠子罩住，而且沒有受傷，所以改良的籠子陷阱確實適合用在野外做生態調查。



改良方法一：設計吊鉤的位置



改良方法一：用吊鉤改變施力方向



改良方法二：用籠子取代石板



改良方法二：
小狗真的被陷阱困住而且沒有受傷

伍、結 論

一、「石板陷阱」在鄒族已經流傳很久，用一塊石板（或木板）和三支竹片組合而成的陷阱，主要用來補抓松鼠、老鼠、鳥類等小型動物，按照順序操作熟練，大家都可以成為小獵人。

二、為了讓「石板陷阱」可以成功的架設起來，竹片的設計應該：

- （一）A 竹片必須插在木板（石板）外緣的下方或外側，A 竹片的方向要注意，竹膜面朝內、竹青面朝外，陷阱才能架設成功。
- （二）B 竹片頭端最好保留 3 cm 左右的長度，架設陷阱時比較容易成功。B 竹片尾端的長度以 14 cm - 17 cm 較恰當，架設起來食物比較低，小動物容易吃的到
- （三）C 竹片的缺口最好切成方形的缺口，架設陷阱時比較容易成功。

三、為了讓「石板陷阱」可以順利掉落，竹片的設計應該：

- （一）A 竹片最好插在木板（石板）外緣的外側，避免陷阱掉下來時被 A 竹片撐住。
- （二）C 竹片的缺口寬度以 1 cm 左右最好，避免跟 A 竹片卡太緊，影響「石板」的掉落。

四、鄒族「石板陷阱」所利用的科學原理如下：

- (一) A 竹片支撐 B 竹片的關係，是單純的「第一型槓桿」，抗力臂：施力臂=3：14，這本來就是省力的槓桿。同時因為陷阱架設後 B 竹片傾斜，讓力臂變小，抗力臂：施力臂=1.5：10，要拉住 B 竹片保持平衡就更省力了。
- (二) B 竹片的尾端需要大約 240gw 的施力，讓 B 竹片保持平衡，B 竹片的尾端卡在 C 竹片的竹節內側，利用 C 竹片缺口卡住 A 竹片的設計，正好拉住 B 竹片的尾端。
- (三) C 竹片的缺口要卡在 A 竹片上，靜摩擦力必須大於（或等於）C 竹片的重力，C 竹片才不會滑下來，陷阱中 B 竹片往上翹的力量足夠拉住 C 竹片。所以石板與 A、B、C 三根竹片之間就形成一個非常巧妙的平衡。
- (四) B 竹片尾端的長度會影響 A、B 竹片的夾角，改變抗力臂和施力臂的長度，也影響 B 竹片的拉力。
- (五) 當動物向左施力觸動 C 竹片是屬於第二型槓桿，B 竹片和 C 竹片連接處是支點，C 竹片缺口卡住 A 竹片的地方是抗力點，C 竹片的尾端是施力點。動物的施力只要能克服 C 竹片缺口和 A 竹片間的最大靜摩擦力，就可以使 C 竹片掉落下來。
如果動物向右施力觸動 C 竹片是屬於第一型槓桿，B 竹片和 C 竹片連接處是抗力點，C 竹片缺口卡住 A 竹片的地方是支點，C 竹片的尾端是施力點。動物的施力必須克服 B 竹片和 C 竹片連接處的最大靜摩擦力，C 竹片才會掉落下來。
- (六) 當木板（石板）的重量增加時，增加的力沿著 B 竹片作用在「支點」上面，力矩不會改變，因此不影響 C 竹片被觸動的施力，證實老鼠雖然力氣小，還是可以輕易觸動石板陷阱。
- 五、小動物施力方向不同，要觸動 C 竹片的力量也不同，向左方 30 度 60 度 90 度都比較容易觸動 C 竹片，三種施力的力矩是相近的。如果小動物向右方施力，60 度和 90 度要多用一點力才可以觸動 C 竹片，但是小於 30 度就很困難了。
- 六、改良二種方法，成功克服傳統陷阱的缺點，第一種用二個吊鉤改變動物的施力方向，讓動物無處可逃；第二種用籠子取代石板不會傷害小動物，將這二種方法結合起來的陷阱是一種很完美的陷阱，適合用來做野生動物的生態調查。

陸、參考資料

(一) 書籍資料：

- 1、國小自然與生活科技第 8 冊，翰林出版公司，102，P24~31

(二) 網頁資料：

- 1、槓桿原理

<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1005031902089>

- 2、摩擦力

<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1305100704137>

- 3、力矩

<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1608051606245>

柒、附錄

附表 1 A 竹片木板外緣的下方、內側、外側施力大小統計表 【單位 gw】

A 竹片 位置 次數	外緣的內側		外緣的下方		外緣的外側	
	插入土裡	輕輕立著	插入土裡	輕輕立著	插入土裡	輕輕立著
第 1 次	失敗	失敗	10	10	10	10
第 2 次	失敗	失敗	10	10	10	10
第 3 次	失敗	失敗	20	10	10	10
第 4 次	失敗	失敗	10	10	10	10
第 5 次	失敗	失敗	10	10	20	10
第 6 次	失敗	失敗	10	10	10	10
第 7 次	失敗	失敗	10	10	10	10
第 8 次	失敗	失敗	20	10	20	10
第 9 次	失敗	失敗	10	10	10	10
第 10 次	失敗	失敗	10	10	10	10
平 均	—	—	12	10	12	10
備 註	1、保持不變的變因：A 竹片 (A1)、B 竹片 (B3-14-1)、C 竹片 (C-10-1)。 2、測量 12 次，扣除最高 (或最低) 不正常數據 2 次，以 10 次進行統計。					

附表 2 C 竹片缺口卡在竹白面和竹青面的施力大小統計表 【單位 gw】

A 竹片 次數	A1		A2		A3	
	竹膜面	竹青面	竹膜面	竹青面	竹膜面	竹青面
第 1 次	10	失敗	10	失敗	10	失敗
第 2 次	10	失敗	10	失敗	10	失敗
第 3 次	10	失敗	20	失敗	10	失敗
第 4 次	10	失敗	10	10	10	失敗
第 5 次	20	失敗	10	失敗	20	10
第 6 次	10	失敗	10	失敗	10	失敗
第 7 次	10	失敗	10	失敗	10	失敗
第 8 次	20	失敗	20	失敗	10	失敗
第 9 次	10	失敗	10	失敗	10	失敗
第 10 次	10	失敗	10	失敗	20	失敗
平均	12	—	12	—	12	—
備註	1、保持不變的變因：C 竹片 (C3)、B 竹片 (B3-14-3)					

附表 3

使用頭端不同長度的 B 竹片施力大小統計表

【單位 gw】

B 竹片 次數	頭端 1 cm	頭端 2 cm	頭端 3 cm	頭端 4 cm
成功率	成功率 50%	成功率 83%	成功率 100%	成功率 100%
第 1 次	10	20	20	20
第 2 次	10	10	10	10
第 3 次	20	20	10	10
第 4 次	10	10	20	10
第 5 次	10	10	10	10
第 6 次	20	20	20	10
第 7 次	10	10	10	10
第 8 次	10	20	10	20
第 9 次	10	10	20	10
第 10 次	10	10	10	10
平均	12	14	14	12
備註	1、保持不變的變因：A 竹片（A 長老）、C 竹片（C-10-1） 2、測量 12 次，扣除最高（或最低）不正常數據 2 次，以 10 次進行統計。			

附表 4

使用尾端不同長度的 B 竹片施力大小統計表

【單位 gw】

B 竹片 次數	尾端 11 cm	尾端 12 cm	尾端 13 cm	尾端 14 cm	尾端 15 cm	尾端 16 cm	尾端 17 cm
距離地面	21.5 cm	19 cm	16.5 cm	15.5 cm	14.5 cm	12.5 cm	12 cm
第 1 次	10	10	10	20	20	10	10
第 2 次	20	10	10	10	10	10	10
第 3 次	10	10	10	10	10	10	20
第 4 次	10	10	10	10	10	10	10
第 5 次	10	10	10	10	10	10	10
第 6 次	10	10	10	10	10	10	10
第 7 次	20	20	10	10	10	20	10
第 8 次	10	20	10	20	10	10	20
第 9 次	10	20	10	10	10	10	10
第 10 次	10	10	10	10	10	20	10
平均	12	13	10	12	11	12	12
備註	1、保持不變的變因：C 竹片（C3）、A 竹片（A1） 2、測量 12 次，扣除最高（或最低）不正常數據 2 次，以 10 次進行統計。						

附表 5

使用不同缺口的 C 竹片施力大小統計表

【單位 gw】

缺口形狀 及大小	三角形 1 cm			方形缺口 0.5 cm			方形缺口 1 cm			梯形缺口 0.5 cm			梯形缺口 1 cm		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
C 竹片 編號															
第 1 次	×	×	×	10	10	130	10	20	10	40	60	40	50	50	40
第 2 次	×	×	×	20	10	110	10	20	20	30	30	30	30	60	50
第 3 次	×	×	×	50	30	40	20	10	10	80	40	70	50	40	30
第 4 次	×	×	×	10	10	10	30	20	20	30	50	30	50	30	40
第 5 次	×	×	×	10	50	10	30	20	10	50	30	20	30	60	50
第 6 次	×	×	×	10	20	120	10	20	10	40	50	40	50	50	40
第 7 次	×	×	×	10	10	100	10	20	20	40	30	30	30	50	50
第 8 次	×	×	×	50	20	60	20	10	10	70	50	70	50	40	30
第 9 次	×	×	×	20	40	10	30	20	20	30	50	40	50	40	40
第 10 次	×	×	×	10	20	10	30	20	10	50	30	10	30	60	50
平 均	—	—	—	20	22	60	20	18	14	46	42	38	42	48	42
總平均	—			34			17			42			44		
備註	1、保持不變的變因：A 竹片（A 長老）、C 竹片（C-10-1）。														

附表 6

C 竹片缺口卡住 A 竹片所需拉力測試統計表

【單位 gw】

C 竹片 次數	C 竹片 1 (gw)	C 竹片 2 (gw)	C 竹片 3 (gw)
第 1 次	70	80	80
第 2 次	70	30	60
第 3 次	50	80	60
第 4 次	60	80	50
第 5 次	70	60	70
第 6 次	70	80	80
第 7 次	70	30	60
第 8 次	50	80	60
第 9 次	60	80	50
第 10 次	70	60	70
平 均	64	66	64
說 明	改變的變因：C 竹片三支（方形缺口 1 cm 寬）。 保持不變的變因：A 竹片、		

附表 7

第一型槓桿與第二型槓桿實驗結果統計表

【單位 gw】

類型 次數	第一型槓桿		第二型槓桿		對照組 (正常陷阱)	
	向左 (gw)	向右 (gw)	向左 (gw)	向右 (gw)	向左 (gw)	向右 (gw)
第 1 次	130	50	10	>250	10	60
第 2 次	100	50	10	>250	10	30
第 3 次	120	50	20	>250	10	50
第 4 次	130	50	20	>250	20	50
第 5 次	120	30	10	>250	10	40
第 6 次	130	40	10	>250	10	30
第 7 次	100	50	10	>250	10	30
第 8 次	120	40	20	>250	10	30
第 9 次	130	50	20	>250	20	60
第 10 次	120	50	10	>250	10	60
平 均	120	46	14	>250	12	44
備 註	保持不變的變因：A 竹片 (A3)、B 竹片 (B 3-14-2)、C 竹片 (C-10-3)。					

附表 8

木板重力與施力大小統計表

【單位 gw】

木板垂直 下壓的重力	木板 (約 1900g)	木板+1 塊磚 (約 3100g)	木板+2 塊磚 (約 4300g)	木板+3 塊磚 (約 5500g)
第 1 次	10	10	10	10
第 2 次	10	10	10	10
第 3 次	10	10	10	10
第 4 次	10	10	10	10
第 5 次	10	10	10	10
第 6 次	10	10	10	10
第 7 次	10	10	10	10
第 8 次	10	10	10	10
第 9 次	10	10	10	10
第 10 次	10	10	10	10
平 均	10	10	10	10
說 明	改變的變因：木板的重量 (加磚塊)。 保持不變的變因：A 竹片 (A4)、B 竹片 (B-3-14-3)、C 竹片 (C-10-3)。			

附表 9

不同角度施力大小統計表 (1)

【單位 gw】

施力向左	0 度			30 度			60 度			90 度		
施力臂	0 cm			14 cm			24 cm			27 cm		
C 竹片編號	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
第 1 次	>250	>250	>250	10	30	20	20	30	10	10	10	10
第 2 次	>250	>250	>250	20	10	10	10	10	10	10	10	10
第 3 次	>250	>250	>250	20	10	20	10	10	10	10	10	10
第 4 次	>250	>250	>250	10	20	10	10	10	10	10	10	10
第 5 次	>250	>250	>250	20	10	40	20	10	20	10	10	10
第 6 次	>250	>250	>250	10	40	10	10	20	10	10	10	10
第 7 次	>250	>250	>250	10	10	30	10	10	10	10	10	10
第 8 次	>250	>250	>250	50	20	20	10	10	20	10	10	10
第 9 次	>250	>250	>250	10	20	10	10	10	10	10	10	10
第 10 次	>250	>250	>250	50	20	10	10	10	10	10	10	10
平 均	>250	>250	>250	21	19	18	12	13	12	10	10	10
總平均	—			19.3			12.3			10		
力矩(gw-cm)	—			19.3×14=270.2			12.3×24=295.2			10×27=270		

附表 10

不同角度施力大小統計表 (2)

【單位 gw】

施力向右	90 度			60 度			30 度			施力向下		
施力臂	16.5 cm			14.5 cm			8 cm					
C 竹片	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
第 1 次	60	60	50	50	80	20	90	>250	110	50	30	20
第 2 次	30	30	50	70	40	60	>250	>250	40	10	40	30
第 3 次	50	60	50	50	70	20	>250	>250	>250	10	10	50
第 4 次	50	60	50	70	50	80	140	50	100	10	10	10
第 5 次	40	50	30	40	80	50	>250	>250	120	50	40	10
第 6 次	30	40	40	60	50	100	160	150	>250	50	10	50
第 7 次	30	30	50	60	60	60	180	>250	170	20	10	30
第 8 次	30	40	40	50	50	50	>250	>250	80	20	20	20
第 9 次	60	60	50	70	60	50	>250	>250	>250	20	30	10
第 10 次	60	40	50	50	70	50	>250	>250	100	50	10	10
平 均	44	47	46	57	61	54	—	—	—	29	21	24
總平均	45.7			57.3			—			24.6		
力矩(gw-cm)	45.7×16.5=754			57.3×14.5=830.8			—			—		

附表 11

陷阱改良方式與施力大小統計表

【單位 gw】

改良方式 次數	改用籠子	增加吊鉤		
		施力向左	施力向右	施力向後
成功率	100%	100%	100%	100%
第 1 次	10	10	20	10
第 2 次	10	10	10	10
第 3 次	10	30	10	10
第 4 次	10	10	10	20
第 5 次	10	20	10	10
第 6 次	10	10	10	20
第 7 次	10	10	10	10
第 8 次	10	10	10	10
第 9 次	10	10	10	20
第 10 次	10	10	10	10
平 均 (gw)	10	13	11	13
備註	保持不變的變因：A 竹片 (A4)、B 竹片 (B-3-14-3)、C 竹片 (C-10-3)。			

【評語】 080104

本作品提出一個很有創意，符合國小小朋友程度的想法，改進鄒族獵人傳習下來的陷阱，並很清楚的解釋此一方法所隱含的物理原理，實為一優秀的作品。