

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生物科

030302

臺北縣立林口國民中學

指導老師姓名

鍾兆晉

許雅閔

作者姓名

許博凱

許淑媛

李淑靜

林芳而

中華民國第四十四屆全國科學展覽會  
作品說明書

科 別：生物科

組 別：國中組

作品名稱：叩頭蟲的彈跳力---生物力學

關 鍵 詞：叩頭蟲、生物力學、彈器

編 號:

# 叩頭蟲的彈跳力－生物力學

## 摘要

本研究目的在探討叩頭蟲彈跳的原理及影響彈跳的因素。研究中以機械模擬彈跳、環境影響彈跳高度以及所能承受的力等實驗來檢驗叩頭蟲彈跳的原理，並進一步探討其生態意義。根據實驗結果，叩頭蟲之所以能夠彈跳是運用了彈器造成反作用力，而溫度與地表等外在環境則會影響叩頭蟲的彈跳力，且叩頭蟲所能承受的力大約為自己重量的 100 倍。此外，我們也驚訝的發現，當牠受到威脅及壓力時，叩頭蟲可以正面彈跳，這在我們所查到的文獻中均未記載，而且成功率高達 53.65%。其主要的生態意義應與叩頭蟲的反面彈跳大致相同，是爲了逃避危險。

## 壹、研究動機

在一次郊遊中，我們意外的在一棵構樹上發現一群叩頭蟲。因身處文化與科技變遷快速的時代，這種昆蟲已經難以在人工化的環境中發現。

經過仔細的觀察，我們發現到一個有趣的現象：當牠翻倒、受到干擾或攻擊時，會利用瞬間磕頭的力量，快速翻轉。我們對於這個現象很感興趣，不曉得牠是運用什麼特殊的構造及原理，使自己可以如此彈跳。爲了了解這件事情，我們立刻參閱國中一年級下學期的自然與生活科技課本（南一書局第二冊），發現只有在第一章第一節和第二章第一、二節中，提到有關動物行爲及神經方面的簡單文字，且查閱了許多書籍以及網路資訊，也沒有找到清楚深入的解釋，而深入介紹叩頭蟲的專書又是少之又少，使我們對叩頭蟲有極大的疑問。

牠是如何彈跳的？又是運用什麼原理呢？這些問題一個接著一個浮現。所以我們決定將「叩頭蟲的彈跳力」作爲科展題目，展開了我們的研究，一方面能滿足我們的好奇心，藉此揭開其彈跳的神秘面紗；在另一方面，我們也希望能將叩頭蟲的彈跳原理運用在工業科技方面。

## 貳、研究目的

- 一. 叩頭蟲基本資料蒐集
- 二. 從型態探討叩頭蟲之彈跳原理
- 三. 分析叩頭蟲彈跳的時間與高度之關係
- 四. 觀察叩頭蟲彈跳頻率之改變
- 五. 比較叩頭蟲正面彈跳與反面彈跳之差別
- 六. 測量叩頭蟲彈跳的物理特性
- 七. 製作叩頭蟲之彈跳模型
- 八. 探討自然情況下叩頭蟲彈跳之生態意義

## 參、研究設備與器材

(一) 游標尺	1 把
(二) 放大鏡 (2 倍)	1 支
(三) 數位相機 (型號: SONY T1)	1 台
(四) 解剖顯微鏡 (10 倍)	1 台
(五) 解剖用具	1 組
(六) 尺 (50 cm)	1 把
(七) 鉛片	若干
(八) 電子秤 (型號)	1 台
(九) 溫度計	2 支
(十) 冰塊	1 包
(十一) 熱水 (50°C)	1000c.c.
(十二) 恆溫水槽	2 個
(十三) 化學黏土	若干
(十四) 碼錶	1 個
(十五) 白蠟	若干
< (十六) 粉筆灰	少許
(十七) 海綿 (20 cm x20 cm)	1 塊
(十八) 布 (25 cm x25 cm)	2 塊
(十九) 木板 (25 cm x25 cm)	2 塊

## 肆、研究過程及方法

### 一. 叩頭蟲型態之測量

(一) 型態比例：叩頭蟲依不同種類，外觀有極大的差距，幼蟲時期所攝取的養分也會影響其大小體型。我們以游標尺測量各種不同種類之叩頭蟲的體長、前胸背板的寬度，算出不同種類的叩頭蟲體長及前胸背板之比值，比較其型態比例是否一致。

(二) 外觀特徵：以放大鏡及肉眼進行觀察。

### 二. 叩頭蟲彈跳構造之觀察及原理之推導

構造：(一) 以解剖顯微鏡觀察叩頭蟲標本的彈器，繪製成圖。

(二) 解剖叩頭蟲的彈器（縱切）

(三) 以解剖顯微鏡觀察其肌肉分情形

原理：(一) 將叩頭蟲翻面平置於桌面，使其叩頭翻轉。

(二) 將叩頭蟲置於塗滿粉筆灰的桌面，使他彈跳。

(三) 觀察其彈跳情形及身上沾染的部位分布。

(四) 將此過程拍攝下來，以慢動作放映，研究其彈跳原理。

### 三. 叩頭蟲彈跳的時間與高度關係之測量

叩頭蟲的彈跳高度會因彈跳施力面的性質、種類不同而受到影響，以下實驗我們以木質的桌面作為叩頭蟲彈跳的施力面。

註：以斑櫛角叩頭蟲為實驗對象

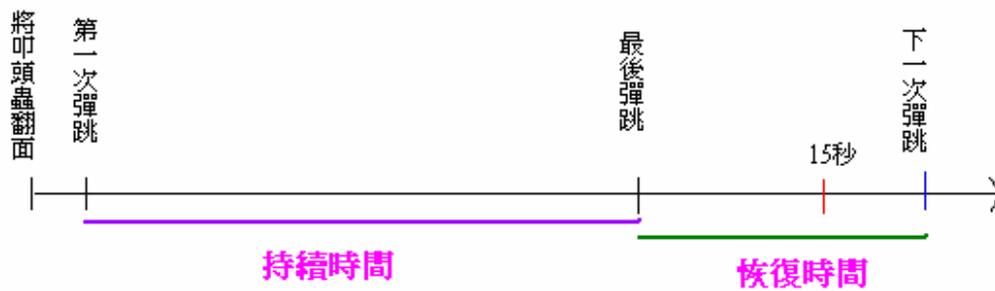
(一) 間隔時間：以碼錶計時叩頭蟲叩頭第一次到第二次的間隔時間，立即翻轉昆蟲，測量其第二次叩頭到第三次的間隔時間，以此類推，至其無力彈跳。

(二) 高度：將叩頭蟲翻轉，將 50 cm 的鐵尺與桌面垂直立起，測量叩頭蟲彈跳時與桌面的平均距離。



圖一、叩頭蟲之彈跳高度實驗的照片。

(三) 持續時間與恢復時間：將叩頭蟲翻面，使其彈跳，以碼錶計時叩頭蟲彈跳的持續時間和恢復時間。持續時間是指叩頭蟲第一次彈跳至最後一次彈跳的時間（間隔時間超過 15 秒之後的彈跳不算）；而恢復時間指的是叩頭蟲最後一次彈跳，至 15 秒後的第一次彈跳的時間（見圖二）

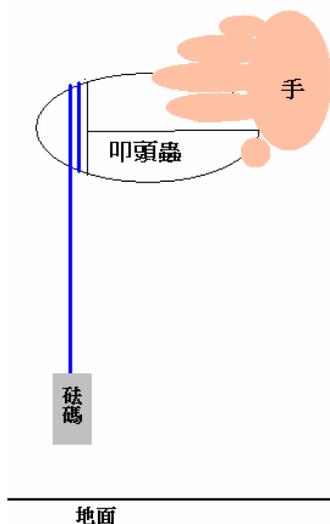


圖二、持續時間與恢復時間示意圖。

#### 四.叩頭蟲彈跳的力學

以細棉線將自製的砝碼（鋁片和銅線）綁於叩頭蟲的前胸（連同前腳），將叩頭蟲高舉，並使砝碼不會接觸地面，讓叩頭蟲直接承受砝碼的重量；如果其可拉動並做出叩頭的動作，代表此質量的物體可被拉動，便更換且增加砝碼的重量。以此方式來測量叩頭蟲可拉動的最大砝碼重量。(詳見圖三、圖四)

註：以斑櫚角叩頭蟲為實驗對象



圖三、叩頭蟲彈跳的力學之實驗裝置示意圖。



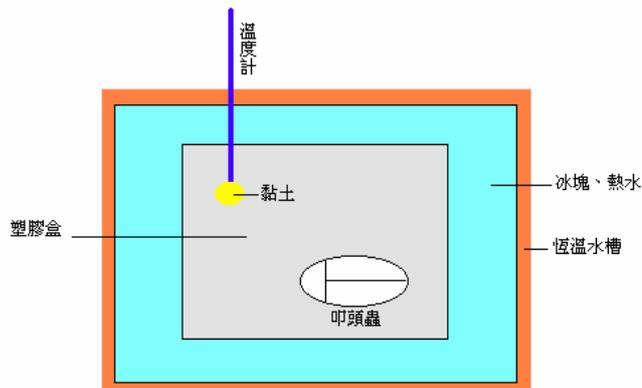
圖四、叩頭蟲的力學實驗所需之實驗器材

### 五.比較叩頭蟲正面彈跳與反面彈跳之差異

紀錄叩頭蟲正面彈跳和反面彈跳高度、間隔時間和持續時間的最大值、最小值與平均值，並另外計算出彈跳的成功率。(成功率：指叩頭蟲叩頭後，是否翻回正面，是為成功，不是為失敗)

### 六.叩頭蟲的彈跳與外在環境因素的關係

(一) 溫度：在恆溫水槽內，以熱水和冰塊來調節溫度，將塑膠盒置於水槽內，並將溫度計放入塑膠盒內，以黏土包覆溫度計，使其底端只接觸到塑膠盒面，隨時注意溫度變化，測量 5°C、15°C、25°C、35°C、45°C 時，叩頭蟲彈跳的平均高度和彈跳頻率（次/分）之比較。(詳見圖五、圖六)



圖五、叩頭蟲彈跳與溫度的影響之實驗操作圖。



a.熱水 35°C之器材照片

b.冰水 5°C之器材照片

圖六、叩頭蟲彈跳次數及高度與溫度的影響之照片。

(二) 晝夜時間：於晝（12:00a.m~1:00p.m）、夜（8:00p.m~9:00p.m）兩段時間內，比較叩頭蟲彈跳的平均高度和彈跳頻率（次/分）  
（以木質的桌面作為叩頭蟲彈跳的施力面）

以大黑叩頭蟲為實驗對象

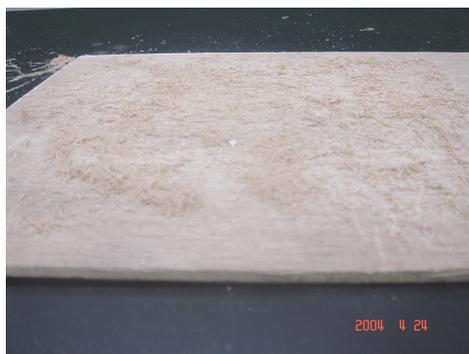
(三) 施力面：將叩頭蟲彈跳的施力面分為

1 (1) 粗糙的（粗糙、有割痕的木板）

(2) 光滑的（光滑平整的木板）

比較其彈跳平均高度(詳見圖七)

以大黑、雙紋褐、班櫛角叩頭蟲為實驗對象



a.粗糙的平面



b.光滑的平面

圖七、叩頭蟲彈跳高度與施力面光滑與否的影響之照片。

2. (1) 堅硬的地面（木質桌面）

(2) 柔軟的地面（海綿）

比較其彈跳平均高度

以大黑叩頭蟲為實驗對象

## 七.叩頭蟲彈跳模型設計與製備

- (一) 以叩頭蟲的彈跳原理畫出設計圖稿
- (二) 依照設計圖稿製作模型

## 八.自然情況下叩頭蟲彈跳之生態意義

- (一) 蒐集網路資訊以及書面資料中，叩頭蟲天敵的種類及基本資料、叩頭蟲的棲息環境，活動時段……等生態特性
- (三) 將資料結合我們在實驗和飼養過程中，觀察到之行爲，整理撰寫，探討歸納出自然情況下，叩頭蟲彈跳之可能的生態意義。

# 伍、研究結果

## 一. 叩頭蟲之型態

### (一) 型態比例

我們以體長/前胸背板計算出叩頭蟲型態比例的標準偏差為  $4.175 \pm 0.972$ ，我們發現，大部分叩頭蟲的體型比例相似，少數的則不相似。例：虹彩叩頭蟲、黑帶紅叩頭蟲、雙紋白叩頭蟲等。(詳見表一)

表一、叩頭蟲之種類及型態比例

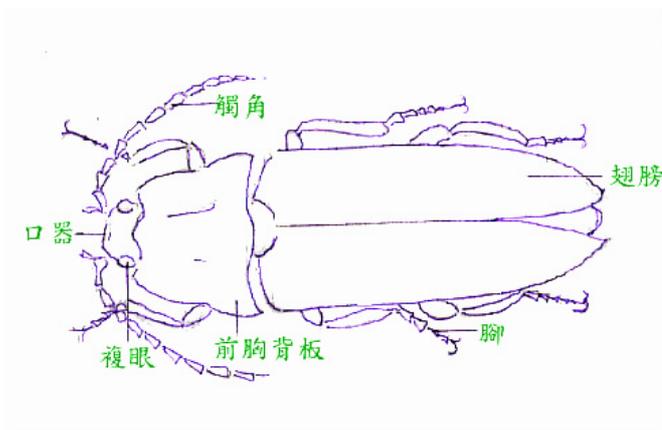
種類	體態		
	體長(cm)	前胸背板(cm)	體長/前胸背板
鐵鏽叩頭蟲	1.5	0.35	4.29
大青叩頭蟲	4.0	1.07	3.74
虹彩叩頭蟲	3.45	1.12	3.08
黑艷叩頭蟲	1.3	0.36	3.61
大黑叩頭蟲	3.2	0.9	3.56
黑帶紅叩頭蟲	1.0	0.18	5.56
大長身叩頭蟲	2.7	0.64	4.22
斑櫛角叩頭蟲	2.7	0.55	4.94
小褐鏽叩頭蟲	1.0	0.31	3.23
高砂鏽叩頭蟲	1.5	0.39	3.85
雙紋白叩頭蟲	3.2	0.47	6.81
雙紋褐叩頭蟲	2.55	0.75	3.41
大褐櫛角叩頭蟲	3.2	0.8	4.0
黑紋紅胸叩頭蟲	1.3	0.3	4.33
黑緣紅胸叩頭蟲	1.4	0.35	4.0

## (二) 型態

叩頭蟲可分為頭、胸、腹三部份：

1. 具有咀嚼式口器和複眼，以及彈器。前胸背板兩側下緣各具一個尖銳的稜角
2. 翅膀：多數種類顏色暗沉；少數種類具亮麗的金屬光澤及美艷的色彩斑紋。例：大青叩頭蟲、虹彩叩頭蟲等。
3. 觸角：大多呈短鞭狀，少數為特殊的櫛齒狀觸角
4. 腳：各腳平均，但不擅於快速爬行

(詳見圖八)。



圖八、叩頭蟲之全身圖。

5. 叩頭蟲的外觀近似吉丁蟲，顏色艷麗的種類更為相似，我們將他們加以比較，(結果見表二)

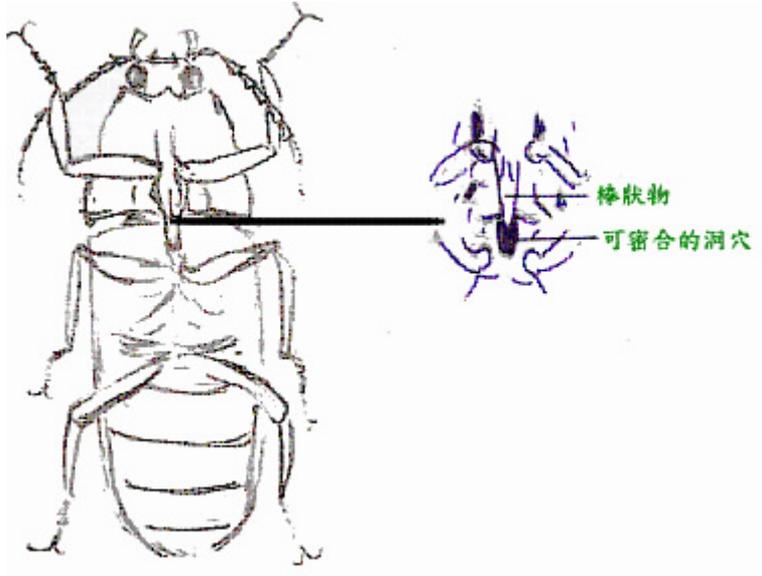
表二、叩頭蟲與吉丁蟲之差異

差異	種類	
	叩頭蟲(成蟲)	吉丁蟲(成蟲)
前胸背板兩側下緣各具一個尖銳的稜角	是	否
位於前胸和中胸,具一組棒狀物和可與其密合之彈器,可利用其彈跳	是	否
頭與前胸背板的大小差異	較大	較小
食性	大多為雜食性(少數為植食性)	植食性
分類	鞘翅目	鞘翅目
	多食亞目	多食亞目
	叩頭蟲總科	吉丁蟲總科
	叩頭蟲科	吉丁蟲科

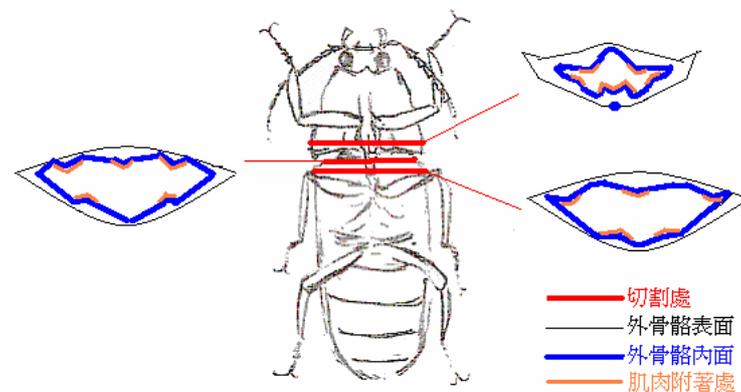
## 二. 叩頭蟲叩頭的構造及原理

### (一) 構造：

彈器：叩頭蟲胸部腹面中央有一組「彈器」構造，包括一根棒狀突起物和一個可以相對密合的凹穴。從圖十的解剖圖中我們可以觀察到，叩頭蟲的外骨骼內面有多凸面，以生物學的角度推測，此應為內部肌肉的附著點。



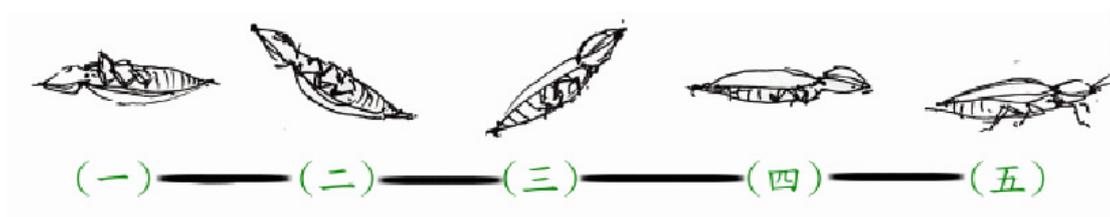
圖九、彈器放大手繪圖



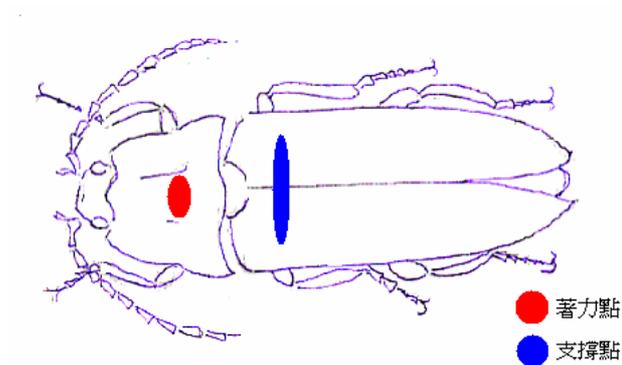
圖十、彈器的肌肉內部分布圖

### (二) 原理：

叩頭蟲利用彈器可自由分離或急速密合的構造，以前胸背板為著力點，中胸背板為支撐點，瞬間叩打地面，以反作用力瞬間彈跳。請參照圖十一、十二。



圖十一、叩頭蟲的翻身步驟



圖十二、叩頭蟲彈跳時之作用點與支撐點

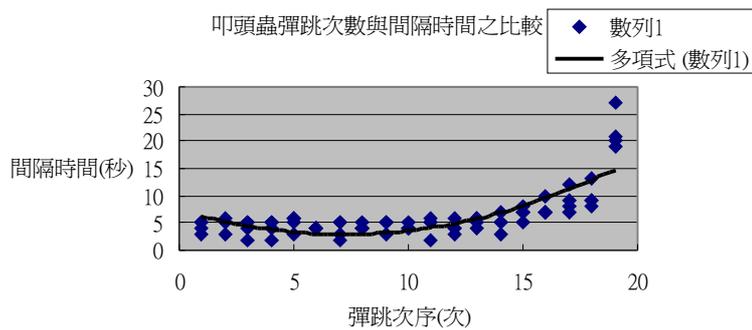
### 三. 叩頭蟲彈跳的間隔時間、高度

#### (一) 間隔時間：

由實驗結果得知，叩頭蟲彈跳的次數增加，間隔時間也會增加。

(詳見圖十三)

標準偏差值： $2.60 \pm 1.67$



圖十三、叩頭蟲彈跳次數與時間的關係（單位：秒）

#### (二) 高度:

標準偏差值： $7.85 \pm 1.78$ (詳見表三)

表三、叩頭蟲彈跳高度

叩頭編號	最高(cm)	最低(cm)	平均(cm)
A	8	1	3.13
B	7	1	5.18
C	7	2	3.04
D	8	2	3.23
E	6	2	4.61
F	7	2	4.71

平均	22.17	1.67	7.85
----	-------	------	------

(三) 持續及恢復彈跳時間:

由實驗結果得知叩頭蟲最短在 18 秒後就可恢復其原本的彈跳間隔時間。  
(詳見表四)

表四、持續時間與恢復彈跳時間之表

	持續時間(秒)	恢復彈跳時間 (秒)
最高時間	720	115
最低時間	60	18
平均	191.67	42.67
標準值	191.67±260.34	42.67±36.69

四. 叩頭蟲彈跳的施力

由結果可得知叩頭蟲彈跳最大的施力，最大約可達 20 g 左右，而叩頭蟲本身大約 0.2g，所以其可以彈跳力可達體重的 100 倍，就有如一位國中生要舉起一大象林旺 (學生大約 50kg，而林旺約 5000kg)，其數據相當驚人  
(詳見表五)

表五、叩頭蟲彈跳力的測試

編號	砝碼重量					
	1(g)	5(g)	10(g)	15(g)	20(g)	25(g)
一	○	○	○	○	○	X
二	○	○	○	X	X	X
三	○	○	○	○	○	X
四	○	○	○	○	X	X
五	○	○	○	○	X	X

五. 比較叩頭蟲正面彈跳與反面彈跳之差異

結果如表六:

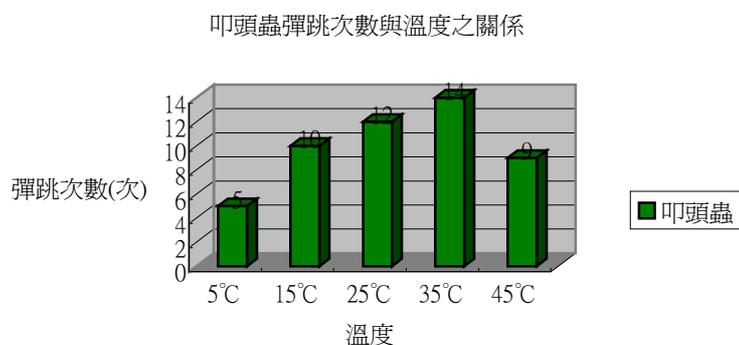
表六、叩頭蟲正面彈跳與反面彈跳之比較

		正面彈跳(cm)	反面彈跳(cm)
高度 (cm)	最大	14	15
	最小	1	3
	平均	4.98	11.56
間隔 時間 (秒)	最大	4	15
	最小	1	1
	平均	2.75	8.69
持續 時間 (分)	最大	3	12
	最小	0.5	1
	平均	1.5	3.19
成功率		53.65%	63%

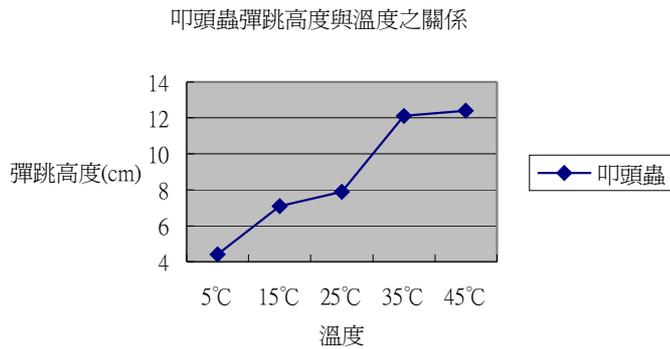
## 六.叩頭蟲的彈跳與外在環境因素的關係

### (一) 溫度

- (1) 彈跳次數: 最高與最低溫時，所彈跳之次數並非最多的，其彈跳次數之高峰期大約在 35°C(詳見圖十四)
- (2) 彈跳高度: 在一定範圍，溫度越高，其彈跳高度也越高，故在 45°C時彈跳高度最高，可至 14.6cm。(詳見圖十五)



圖十四、叩頭蟲一分鐘彈跳次數與外在溫度之關係長條圖(單位:次數)。

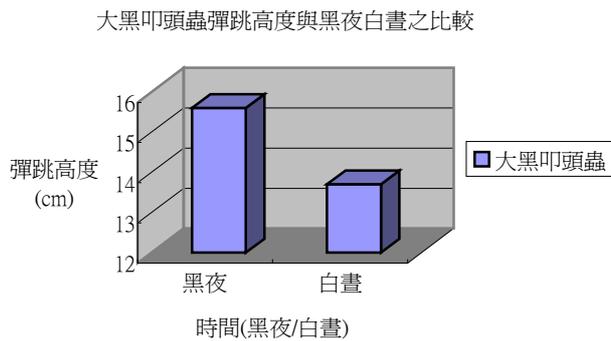


圖十五、叩頭蟲彈跳平均高度與外在溫度之關係折線圖(單位: c m)。

(二) 時間：我們認為，由於大黑叩頭蟲為夜行性，故夜晚活動力較白晝大，而實驗結果也是如此。

以斑櫚角叩頭蟲為例,實驗以彈跳高度作為活動力之依據。

(見圖十六)



圖十六、叩頭蟲黑夜與白晝彈跳平均高度之長條圖。

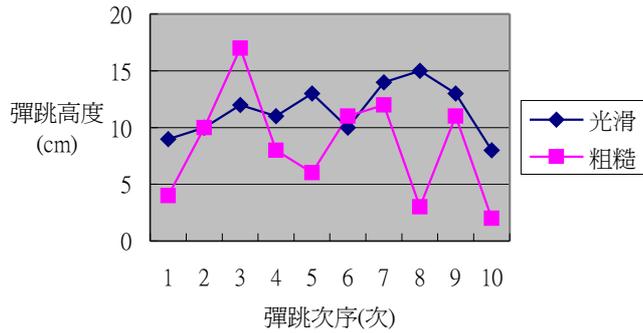
(三) 地面： 結果證明叩頭蟲彈跳的施力面性質會影響其彈跳平均高度，證明叩頭蟲的彈跳是反作用力之結果，並非靠體內之力量。以下兩點是以力的觀點，對實驗結果的解釋：

- 1.平滑的施力面，因反作用力的角度相同，所以結果差距不大；粗糙的施力面，因反作用力的角度不一定相同，所以不同次的結果會有所不同(合力的問題)，有時會高於平滑的施力面之彈跳高度，有時則否。

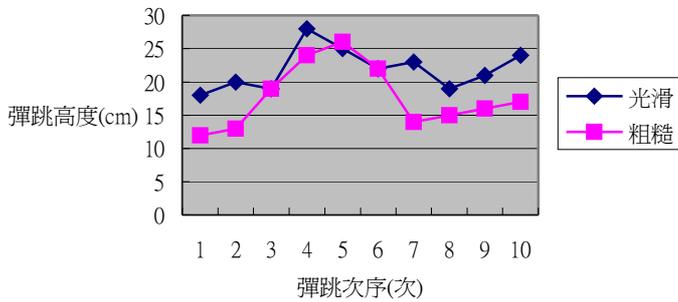
(見圖十七) 標準偏差值為  $5.81 \pm 0.74$  (斑櫚角叩頭蟲光滑之實驗)

標準偏差值為  $5.39 \pm 1.50$  (斑櫚角叩頭蟲粗糙之實驗)

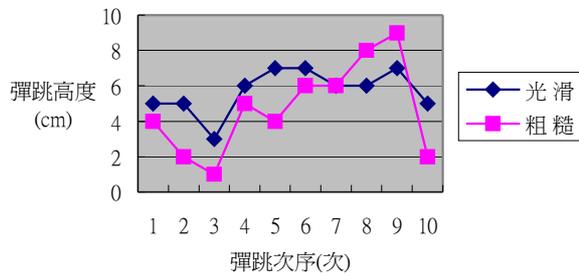
大黑叩頭蟲彈跳高度和施力面粗糙與否之關係



雙紋褐叩頭蟲彈跳高低與施力面粗糙與否之影響



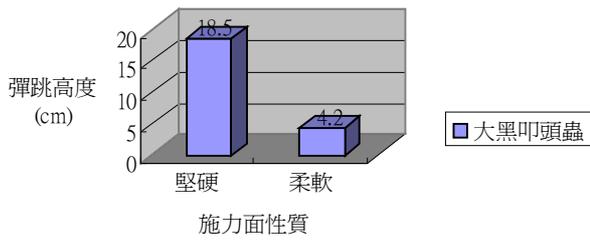
斑櫛角叩頭蟲彈跳高度和施力面粗糙與否之關係



圖十七、地面光滑與否對叩頭蟲彈跳高度之影響。

- 由於堅硬的施力面吸收的作用力少，反作用力大，使叩頭蟲彈跳高度較高，反之，柔軟的施力面，吸收了大部分的力，反作用力小，使叩頭蟲彈跳的高度較低。(見圖十八)

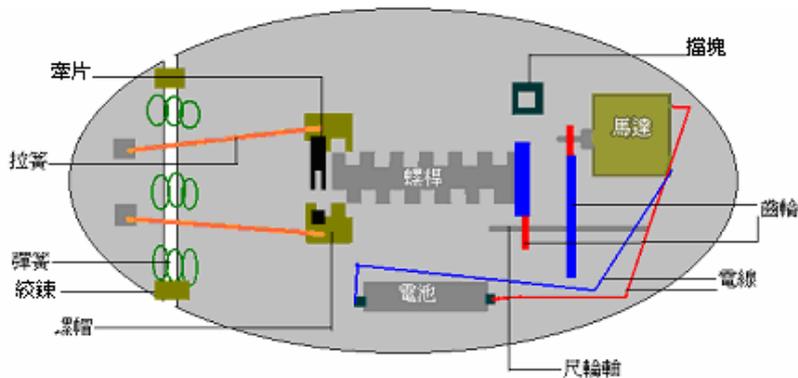
大黑叩頭蟲彈跳高度與施力面堅硬與否之比較



圖十八、叩頭蟲彈跳高度與施力面堅硬與否比較之長條圖

### 七. 叩頭蟲之彈跳模型

(詳見圖十九)



圖十九、叩頭蟲模型內部設計圖。

### 八. 自然情況下叩頭蟲彈跳之生態意義

#### (一) 正面彈跳之生態意義

##### 1. 逃離天敵

說明:因為我們觀察到叩頭蟲正面受到攻擊時，會利用正面彈跳逃離但我們並沒有在書籍文獻中，找到任何關於叩頭蟲的正面彈跳及相關研究。

#### (二) 反面彈跳之生態意義

##### 1. 使翻倒身體翻回正面

說明:當叩頭蟲翻倒時會利用彈跳的力量翻面(文獻上均載)是一般對於叩頭蟲彈跳的生態意義所做的解釋。

##### 2. 逃離天敵

說明:當叩頭蟲受到攻擊時，會以反面叩頭的方式掙脫、逃離。

### (三) 叩頭蟲受到干擾之反應順序

#### 1.正面彈跳：

受到攻擊時，以正面彈跳逃離避敵

#### 2.掉落：

正面彈跳後掉落

#### 3.假死：

落於地面後，有些種類進行假死，例：雙紋褐叩頭蟲；有些較不明顯，例：斑櫛角叩頭蟲

#### 4.反面彈跳：

落於地面後，若翻倒時，利用反面彈跳翻回正面

## 陸、討論

- 一 .在測量叩頭蟲體長時，要避免其彈跳，使結果更加不精確。可以利用低溫的環境，使其活動力減退，例：冰箱。
- 二 .在研究叩頭蟲的彈跳與外在環境因素的關係時，以溫度作為操縱變因時，應注意溫度變化，不然結果將會有所變動，更會消耗叩頭蟲的體力，可用恆溫水槽進行實驗，保持溫度較為容易，且最好能盡快完成實驗，因為我們無法保證在實驗中環境溫度不會有細微的變化，影響實驗結果。
- 三 .目前一般都認為叩頭蟲在翻面時可以彈跳，但是我們在實驗中卻發現叩頭蟲可正面彈跳：(叩頭蟲翻至正面，由上向下施壓，或處碰到其觸角，使其感到緊張，再迅速放開，便可以觀察到叩頭蟲的正面彈跳)。
- 四 .關於採集叩頭蟲的方法，我們認為：最好是在沒有月亮的晚上，在山路旁邊的路燈下，應該有很多昆蟲聚集，也許可以採集到夜行性的叩頭蟲。(時間最好是在晚上7點以後)
- 五 .在彈跳實驗中，由於上一次的連續彈跳會造成叩頭蟲的體力耗損，因此我們會先讓牠休息，再繼續下一次的彈跳實驗。昆蟲一般會有趨於角落的特性，基於實驗效率以及結果的準確度，所以我們利用這個特性來判斷叩頭蟲在一次的實驗之後是否恢復體力。我們將叩頭蟲放進一個裝有空氣的塑膠

- 袋，等牠已恢復體力，爬至袋中邊緣的縫隙後再進行實驗。
- 六 .由於叩頭蟲彈跳的瞬間很難掌握，因此我們便將實驗的過程拍攝下來，再以慢動作播放，以便詳細觀察。
  - 七 .昆蟲體表外骨骼內有彈力蛋白成分（resilin）性質有如橡皮。此種螺旋狀、多鍵的蛋白質，在受到張力、壓力、彎曲時，作用有如機械性彈簧，我們推測到叩頭蟲體內的此種成分比例較其他種昆蟲多，但至今以我們的能力仍無法證實此結果。
  - 八 .我們並沒有拍攝斑櫛角叩頭蟲的正面彈跳，這是因為我們發現大部分的叩頭蟲在彈跳之前會將它的觸角往後縮，但是有些種類的此特徵並不明顯，所以很難拍攝牠的正面彈跳。
  - 九 .我們在設計「叩頭蟲的彈跳與外在環境因素之關係」實驗的時候，我們原先認為，其中的「外在環境」最好以叩頭蟲之自然棲息地為主，因為以正常的情況下來說，叩頭蟲不太可能會遇到掉落在玻璃或塑膠板上…等情況，因此我們一開始是設定為在自然的情況下，叩頭蟲的彈跳與外在環境因素的關係。但是，之後我們認為：我們想要做的實驗是在研究施力面的「性質」對叩頭蟲的影響，並非施力面的「種類」，因此，我們決定以玻璃、海綿.....等等材料來進行我們這個實驗。（原則上不考慮自然的情況）
  - 十 .在準備「叩頭蟲的彈跳與外在環境因素之關係」的實驗材料時，我們發現：如果地面的軟硬程度用玻璃和海綿來做實驗的話，我們卻不能保證兩者的粗糙程度一樣，因此我們便在兩者的上面鋪上一張紙，如此一來，兩者表面的粗糙程度就一樣了。
  - 十一.在將砝碼綁在叩頭蟲身上時，牠會拼命掙扎，前腳不時會勾住綿線，因此，我們就將牠的前腳也綁起來，以減少綿線脫落的次數。
  - 十二.爲了減少「叩頭蟲彈跳的施力」實驗的誤差，在討論之後，想了一個解決的辦法，我們抓住叩頭蟲（不觸碰前胸背板）並將牠拉至較高處直至綿線垂直，再觀察牠的彈器是否可以正常移動，如此一來便可減少誤差的情形發生。
  - 十三.在製作模型的過程中，原本打算採用木板來作為體板，但是我們認為用木板作為體板，馬達可能會無法承受，因此，最後我們決定採用重量較輕的鋁板。

十四.在實驗過程和結果中，我們更加了解叩頭蟲的彈跳原理，所以我們想要製作模型，以機械的方式呈現其彈跳過程，使每個人更容易了解叩頭蟲，或許也可將其彈跳原理運用於工業上，例如：高速沖床，成爲一項新技術。

## 柒、結論

由研究結果我們可以得知，叩頭蟲型態比例的標準偏差爲  $4.175 \pm 0.972$ ，我們發現，大部分叩頭蟲的體型比例相似，少數的則不相似，例如虹彩叩頭蟲、黑帶紅叩頭蟲、雙紋白叩頭蟲等。

叩頭蟲利用彈器可自由分離或急速密合的特性，瞬間叩打地面，利用反作用力瞬間彈跳，而且我們還發現叩頭蟲其實是可以從正面彈跳的。叩頭蟲因彈跳次數愈多，所花費的體力相對的也就愈多，間隔時間也愈長，而叩頭蟲最短可在 18 秒後恢復正常間隔時間。由此可知叩頭蟲的彈跳次數和間隔時間成正比。另外，結果可得知叩頭蟲彈跳最大的施力約可達自己體重的 100 倍。

叩頭蟲的彈跳與外在因素有著密不可分的關係，溫度愈高，叩頭蟲的活動力也變大；但是一旦溫度過高，叩頭蟲的活動力也將減退。我們在做過叩頭蟲白晝與黑夜彈跳實驗後，發現屬夜行性的叩頭蟲在黑夜時的彈跳高度比較高。

此外，地表的柔軟與堅硬的程度也會影響叩頭蟲的跳躍程度有關，地表愈柔軟，叩頭蟲所能跳躍的高度也愈低，而堅硬的地表則反之：證明叩頭蟲的彈跳是反作用力之結果，並非靠體內之力量。我們認爲叩頭蟲的正面及反面彈跳共同的生態意義應該是逃避天敵，至於反面彈跳應該還有使身體翻面的功能。

經過了以上的實驗和資料查詢，我們將叩頭蟲放回野外，尊重生命也是很重要的研究精神。此外，在做完這個研究之後，我們發現，除了實驗中的操縱變因之外，還有其他許多足以影響但我們無法解決的控制變因，彈跳原理是如此的深奧，我們都希望以後還有機會可以繼續研究叩頭蟲。

## 捌、參考資料

一. 張永仁撰文，1998，昆蟲圖鑑 1，遠流出版社，P136~P137

二. 張永仁撰文，2001，昆蟲圖鑑 2，遠流出版社，P164~P169

三. 張永仁撰文，1998，昆蟲入門，遠流出版社，p114~P115

四. <http://debut.cis.nctu.edu.tw/~ykle/NetZoo/Insect/ClickBeetles/ClickBeetles.htm>

昆蟲奇遇記

五. [http://host.smes.tyc.edu.tw/~insect/new\\_page\\_58.htm](http://host.smes.tyc.edu.tw/~insect/new_page_58.htm) 大青叩頭蟲

六. <http://freebsd.tspes.tpc.edu.tw/~afu/731.htm>

鞘翅目(叩頭蟲)Order COLEOPTERA

## 玖、附件

### 附件一



\* 抓叩頭蟲時之照片  
(地點為學校操場)



\* 製作叩頭蟲模型時之照片



\* 測量體長與前胸背板之照片

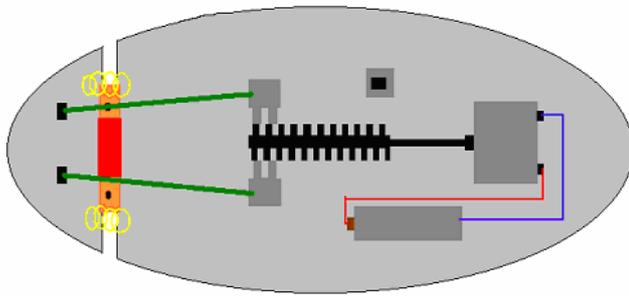


\* 拜訪教授的照片



\*斑櫛角叩頭蟲腹面之全身照

## 附件二



圖十七、叩頭蟲模型之設計圖(舊版)

(此為第一次設計叩頭蟲模型之構造圖,但因某些部分與器材仍有不足之部分,故重新設計一份)

## 附件三

### ◎叩頭蟲黑夜彈跳次數之比較

實驗叩頭蟲次序	時間	黑夜(一)	黑夜(二)
		(8:00p.m~9:00p.m)	(8:00p.m~9:00p.m)
A		6.1	4
B		5.3	2
C		6.3	3
D		7.1	2.5
E		7.4	4.2
F		5.7	3.8
G		5.5	2.3
H		7	2
I		7.8	3.4
J		8.2	1.8
平均值		6.64	2.9

(註 A:第一隻 B:第二次隻...I:第九隻 J:第十隻)

◎叩頭蟲白晝彈跳次數之比較

實驗叩頭蟲次序	時間 (08:00a.m~9:00a.m)	白晝(一) (08:00a.m~9:00a.m)	白晝(二) (8:00a.m~9:00a.m)
A		4	2
B		4.5	3
C		3	0
D		4.5	3
E		3	1
F		5	3
G		5	4
H		0	3
I		3	1
J		4	3
平均值		3.6	2.3

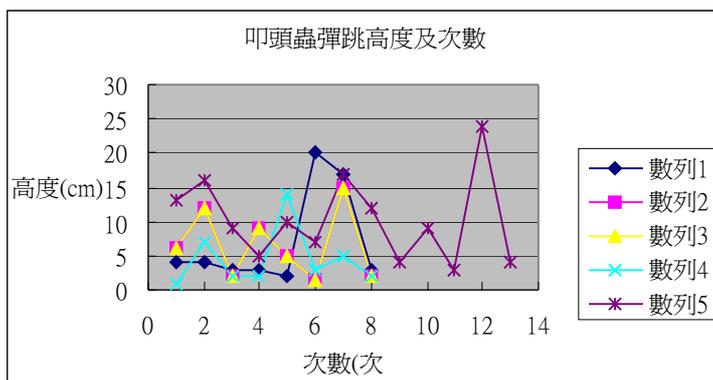
(註 A:第一隻 B:第二次隻...I:第九隻 J:第十隻)

附件四

◎叩頭蟲持續時間與恢復彈跳時間之原始資料

總次數(次)	持續時間(秒)	恢復彈跳時間(秒)
8	120	18
84	720	28
20	120	19
10	70	44
8	60	115
8	60	32
24.67	191.67	42.67

附件五



\*叩頭蟲彈跳高度與次數之原始資料

	第一次實驗	第二次實驗	第三次實驗	第四次實驗	第五次實驗
1	4	6	2	1	13
2	4	12	3	27	20
3	3	2	2	2	19
4	3	29	11	2	5
5	2	5	3	14	17
6	20	15	2	3	7
7	17	1.5	4	5	17
8	3	2	4	2	18
9	x	x	3	x	4
10	x	x	12	x	9
11	x	x	x	x	3
12	x	x	x	x	24
13	x	x	x	x	4

附件六

\*叩頭蟲彈跳高度與溫度之原始資料

	5°C	15°C	25°C	35°C	45°C
2		7	10	9	8
3		6	6	10	10
5		7	7	11	9
6		8	8	10	8
6		9	6	12	7
5		10	9	7	5
5		6	10	9	13
6		5	8	7	9
4		7	8	8	8.625
2		6	7	7	

## 評語

030302 國中組生物科 佳作

叩頭蟲的彈跳力—生物力學

本作品為一昆蟲行為學之研究，方法及數據均佳，模型的設計需加改善。