

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高中組 生物(生命科學)科

040722

蜘蛛的學習行為

學校名稱：臺北市立景美女子高級中學

作者： 高二 賴愉方 高二 陳雅淳 高二 王丹穎 高二 文歡	指導老師： 譚懿文 魏宏仁
--	---------------------

關鍵詞：蜘蛛 學習 條件制約

# 蜘蛛的學習行爲

## 摘要

因對蜘蛛及古典制約(條件學習)產生興趣與疑惑，而設計本實驗來探討節肢動物中的蜘蛛是否和哺乳類動物一樣具有學習行爲。以電擊作為非條件刺激，希望能使蜘蛛學習閃 LED 燈為條件刺激，在 LED 燈閃五秒時作出條件反應自動跑至無電擊區。經多次實驗訓練之後發現：其確實如預期般的出現學習行爲。

## 1、研究動機

- 1、 某次生物實驗課，在操場旁的草地進行動植物數量的估算。無意間發現一隻蜘蛛，驚慌失措地四處逃竄。頓時想起前些日子看到關於動物學習行爲的書籍，進而感到好奇，不知蜘蛛是否也有所謂的學習行爲。事後便上網查詢其相關資料想更近一步的去了解蜘蛛。
- 2、 生命科學下冊中第 6-4 節討論到「動物的學習與行爲」。其中提及「古典制約」，又以較高等的哺乳類動物學習效果為佳。想測試：是否非哺乳類動物也具有良好的學習行爲。

## 2、研究目的

- 1、 蜘蛛是否具有學習能力。
- 2、 蜘蛛若具學習能力，是否能表現古典制約的行爲。

### 3、研究設備及器材

#### 1、器材〈參見附圖一〉

(1)、電路板〈半徑約 4.7 公分〉一塊。〈參見附圖二〉

(2)、電線一捆〈約 40 公分〉。

(3)、電源供應器一台。〈參見附圖三〉

(4)、三用電表一台。〈參見附圖四〉

(5)、3.7lm 白光 LED 燈、0.6lm 橙光 LED 燈、0.11m 綠光 LED 燈各一顆。

〈參見附圖五〉

(6)、含瓶口及瓶蓋的上半個寶特瓶壹個〈半徑約 2.8 公分〉。

(7)、95%酒精 50ML〈實驗前後擦拭電路板用〉。

(8)、開關兩組。

(9)、電池 AAA 兩顆。

(10)、銅粒四顆。

## 4、研究過程及方法

### 1、實驗對象

我們選用在校園中最為常見、方便取得且不會結網的溝渠豹蛛作為本次實驗對象。

學名：*Pardosa laura* Karsch

目名：真蜘蛛目 (*Aranea*)

科名：狼蜘蛛科 (*Lycosidae*)

微棲地：水面、岸邊、草叢中

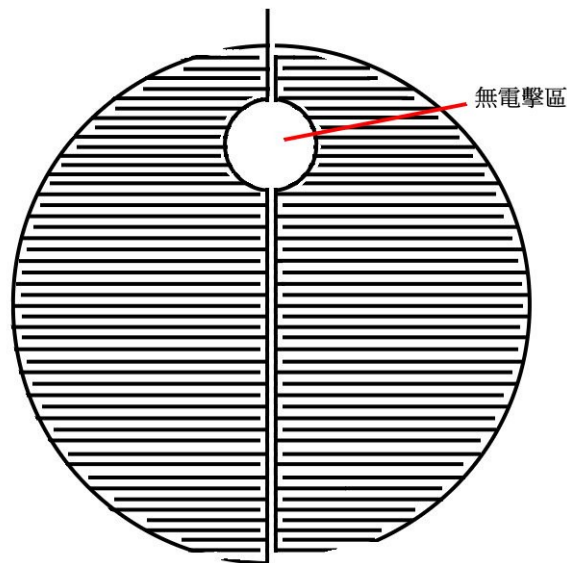
幼/成體食性：食蟲性



## 2、 實驗方法

### 1.設計電路板

電路板分爲可控制通、斷電的一個圓形區域（半徑 2.8 公分）和此圓內一不導電的圓形安全區（半徑 0.9 公分），如下圖。電路板上蓋半個寶特瓶，以確定蜘蛛只能在鋪有電路之範圍內行動，在瓶口裝上一顆 LED 燈，作爲實驗之刺激光源，並確認此 LED 燈爲實驗進行中的唯一光源。



### 2.確認電流大小

調整可變電阻並觀察蜘蛛在不同電阻之電擊下的反應，以蜘蛛能感應到電流卻不至於受傷的  $1.53\text{M}\Omega$  爲實驗用的電阻。

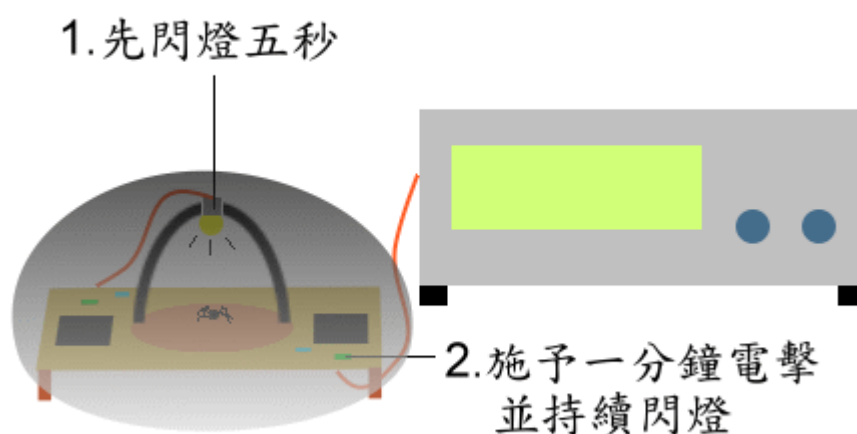
### 3. 古典制約訓練

首先，設定古典制約的相關刺激與反應爲：

- ①非條件（制約）刺激(unconditioned stimulus)UCS 爲電擊。
- ②非條件（制約）反應(unconditioned response)UCR 爲跑至無電擊區。
- ③條件（制約）刺激(conditioned stimulus)CS 爲 LED 燈。
- ④條件（制約）反應(conditioned response)CR 爲跑至無電擊區。

訓練開始，將蜘蛛放在未通電的電路中間，靜待數秒，讓蜘蛛熟悉環境。接著，通電前先以 LED 燈閃五秒警示，隨即施以一分鐘電擊且持續閃燈，觀察並記錄蜘蛛的反應。一分鐘結束後，稍作暫停讓蜘蛛自由活動，再重複上述流程。

4. 觀察與紀錄方法：進行觀察時，自 LED 燈閃爍即開始紀錄，當蜘蛛換一個動作記錄一次，故蜘蛛每換一個動作即記錄一個動作代號。觀察蜘蛛被電擊後，能否學習 LED 燈具有警示作用，並在亮燈未電擊時，朝未通電的圓形安全區移動。

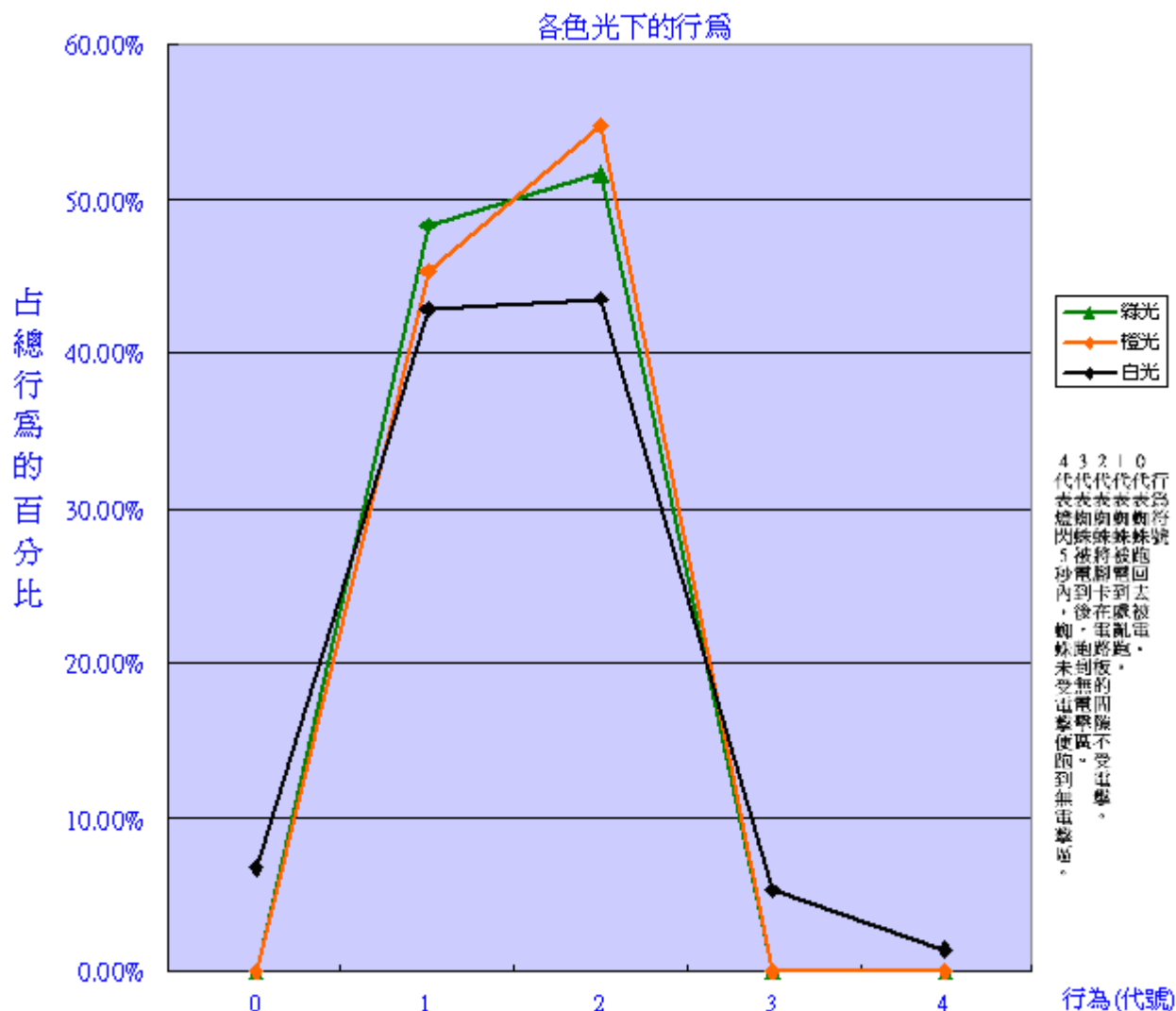


紀錄時使用的代號為：

- 0：代表蜘蛛跑回去被電。
- 1：代表蜘蛛被電到處亂跑。
- 2：代表蜘蛛將腳卡在電路板的間隙不受電擊。
- 3：代表蜘蛛被電到後，跑到無電擊區。
- 4：代表燈閃 5 秒內，蜘蛛未受電擊便跑到無電擊區。

## 5、研究結果

### 1、色光的影響

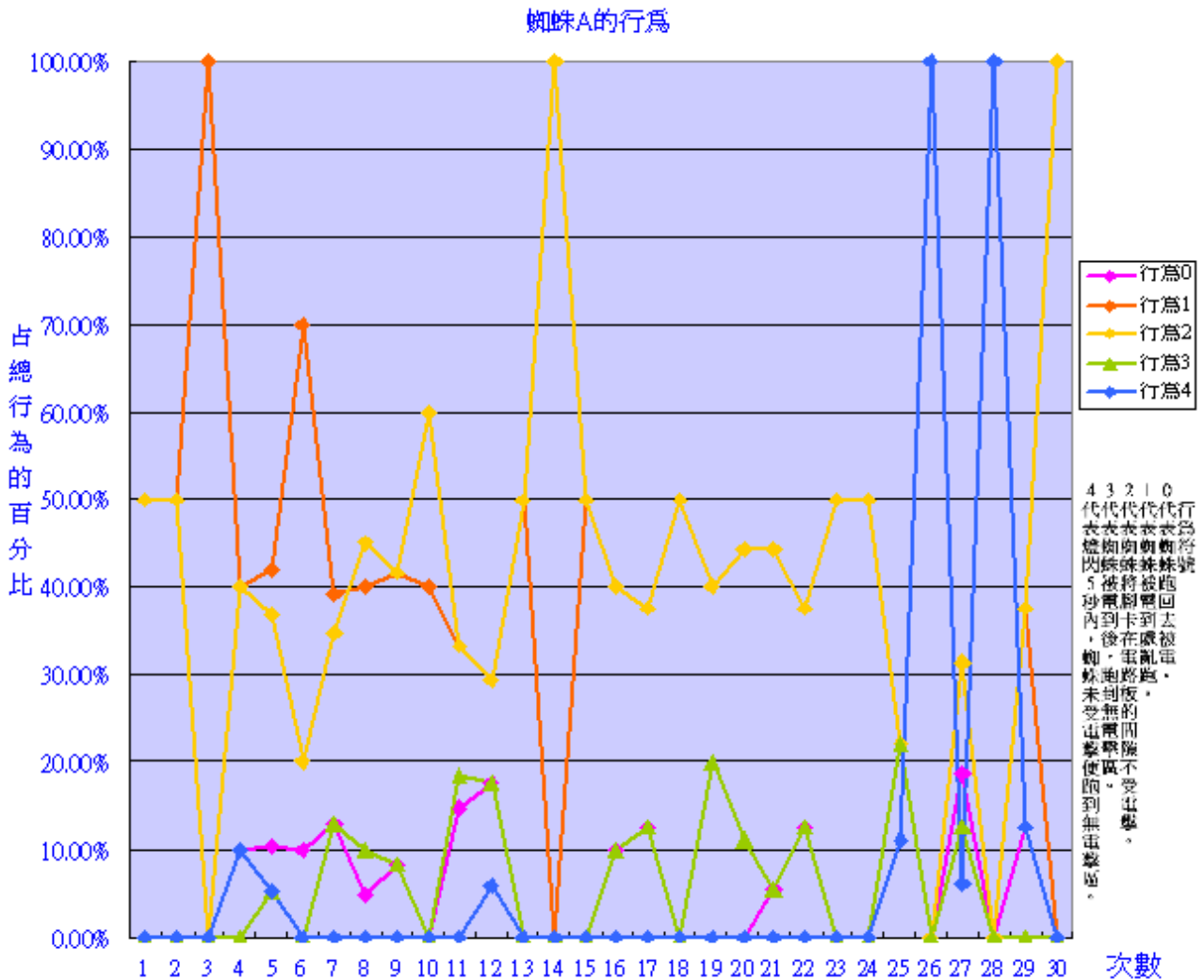


由實驗數據繪成的圖知，蜘蛛在綠光和橙光下無法表現出我們所認定具有明顯學習行為的表現——行為四：「燈閃5秒內，蜘蛛未受電擊便跑到無電擊區」，也未表現行為三：「蜘蛛被電到後，跑到無電擊區」的學習先兆。而白光則可表現出行為三和行為四，代表蜘蛛對我們的條件刺激 CS——LED 燈有反應。

因此，本實驗將以白光 LED 燈作為 CS 進行實驗。

## 2、 古典制約學習

將每一分鐘內單一行為發生的總次數，除以一分鐘內所發生的所有行為總數乘以100%，並作成折線圖如下：

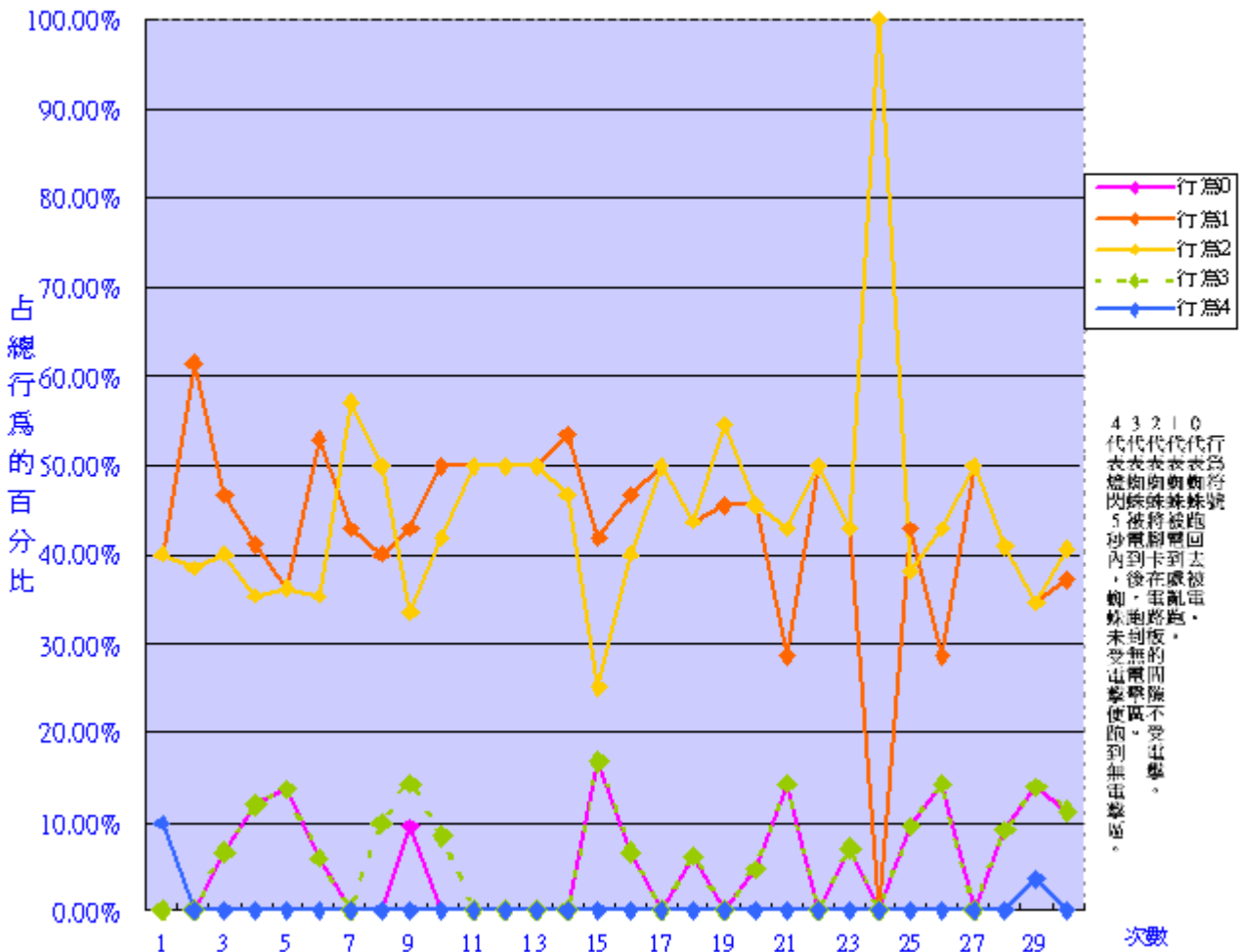


(圖表一)

起初，蜘蛛因對環境陌生，故產生緊張感而四處亂竄，又不了解電擊與燈光的作用，所表現出的行為以”行為一”和”行為二”為主，推論此時偏向誤打誤撞的探測週遭。但蜘蛛漸漸對環境感到熟悉與了解，至第二十五次開始，”行為四”有漸增的趨勢，並在第二十六次及第二十八次達本實驗所預期之結果——「燈閃5秒內，蜘蛛未受電擊便跑到無電擊區」，且停留在無電擊區直至時間結束，由此可推測：蜘蛛有學習行為，並可記憶將無電區之位置，供下次面臨相似狀況時作快速的應變。



蜘蛛B的學習行爲



4 3 2 1 0  
 代表代表代表代  
 表表表表表行  
 燈閃時蜘蛛被  
 閃時蜘蛛被  
 5 秒內跑到無  
 砂內到卡到太  
 後在處被電  
 蜘蛛到板，  
 未受電擊區，  
 使閃的閃電  
 到無電擊區。

(圖表二)

蜘蛛 B 十分活潑，不停地在盒子內跑動。數據顯示：其活動力極為旺盛，可不斷在電路板上跑動，推測蜘蛛在移動過程中無法構成通路減少受到電擊的機會，雖然沒有表現出預期”行爲三”增加的趨勢，但我們推測，蜘蛛藉由”行爲一、二”即可躲避電擊，而未能體會本實驗的宗旨也並未表現出：燈閃五秒內跑至無電擊區的學習行爲。

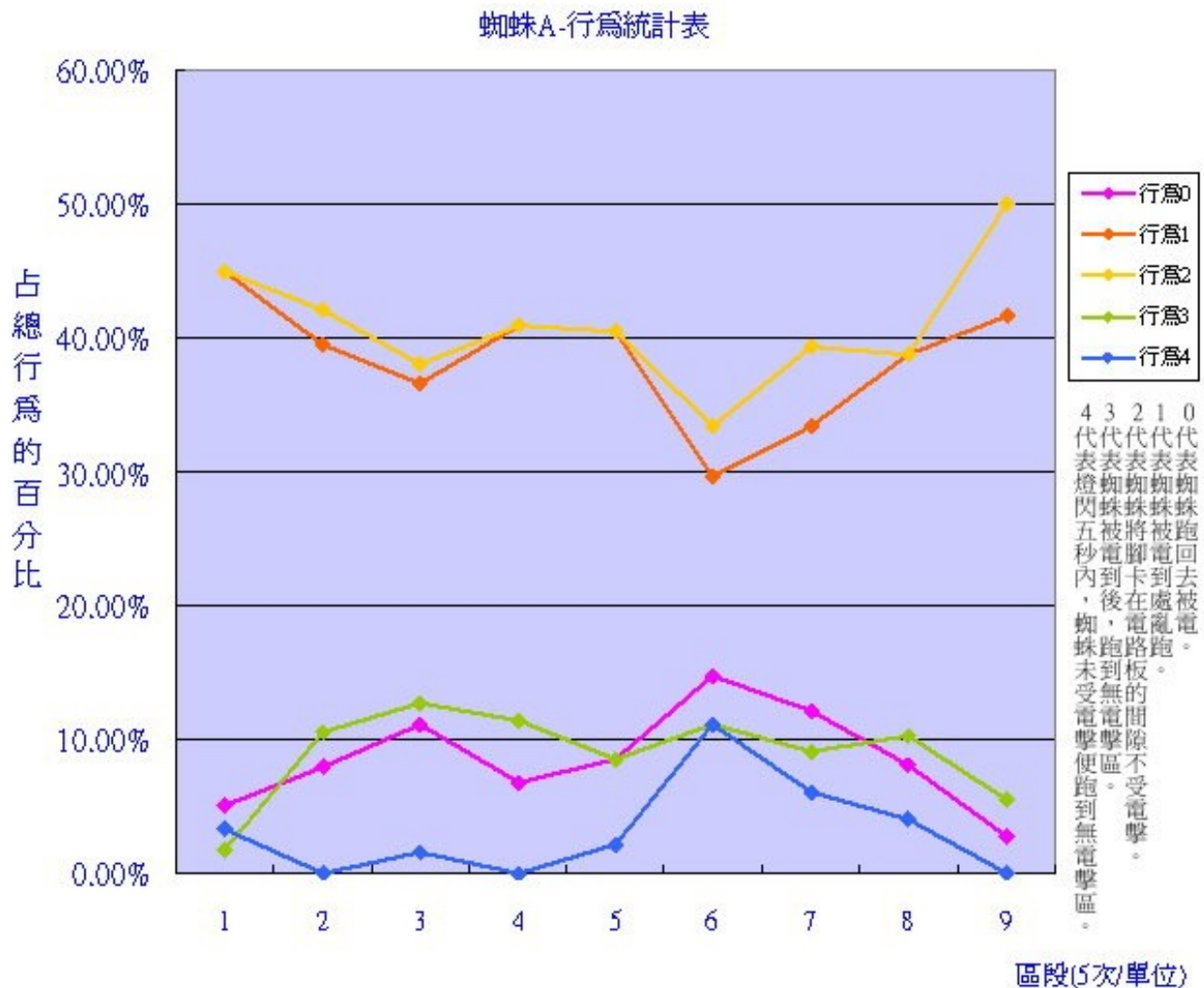
## 6、討論

一、蜘蛛的感光構造為單眼，無複眼。據資料顯示，單眼對光的感應為距離之遠近和亮度之強弱。經測量得知：本實驗的LED燈中，白色LED燈的亮度遠大於橙、綠色LED燈，所以利用不同色光刺激時，蜘蛛對白色LED燈的反應較其他色光強，可能是蜘蛛看到亮度強的白色LED燈，而看不清其他亮度較弱的色光。

二、蜘蛛A出現本實驗所預期的行為四，因此推論蜘蛛A具有學習行為；蜘蛛B未出現行為四，我們推論：蜘蛛B可能以試誤學習學會躲避電擊的方法，而無法領悟本實驗的宗旨：將LED燈與電擊作聯結，也不會藉躲到無電區避開電擊，僅單純以閃躲逃避電擊。

三、蜘蛛A的”行為統計區段表”：

在整理數據時，我們想進一步確認蜘蛛的行為是否有明顯變化，嘗試以五次實驗為一區段，作出折線圖如下圖：



(圖表三)

由圖中可知，在第六區段之前，”行爲 1”和”行爲 2”的曲線波動頗爲相近；且當”行爲 1”和”行爲 2”的曲線下降時，”行爲 0”和”行爲 3”的曲線即上升。而”行爲 4”則看不出明顯的規律。

第六區段時，最接近本實驗所預期的結果。”行爲 4”出現的次數大增，且有兩次停留在無電擊區，直至該次實驗的時間結束。(詳見原始資料 附件一) 且”行爲 1”和”行爲 2”的曲線也大幅下降，顯示蜘蛛有漸漸了解本實驗旨意的趨勢——將 LED 燈與電擊作聯結。

由圖表三之”行爲 4”占總行爲的百分比來看：第一～第四區段無明顯規則，從第一區段的 3.33% 降到 0% 再升到 1.59% 後降至 0%，似乎沒有明顯的改變趨勢，但到第四區段之後，”行爲 4”所佔的百分比漸漸增加；第六區段爲最高峰，我們推斷，此種結果是因爲蜘蛛漸漸熟悉環境，對於 LED 燈刺激有記憶性，可順利將 LED 燈與電擊作聯結；而到第六區段之後，此行爲所佔百分比卻下降，我們推斷，可能因爲實驗次數過多，或許是蜘蛛已感疲累，或已經對電擊產生適應：不再怕電擊，也不需要逃避，而無法保持或表現出優於第六區段的結果。

四、由蜘蛛 A 與蜘蛛 B 兩者行爲表做比較：蜘蛛 A 出現較高比例的學習行爲；蜘蛛 B 的行爲則無明顯的改變。仔細觀察，蜘蛛 A 少了一隻腳，因此，我們推測或許是因爲蜘蛛 B 肢體健全、活動力強，可以利用移動躲過電擊；而 A 蜘蛛在傷殘的不利情況下，蜘蛛 A 可能沒有辦法敏捷地移動來躲避電擊，所以藉尋找無電擊區來躲避電擊，也就出現較高比例的”行爲 4”——我們實驗所要的學習行爲。另一個造成蜘蛛 A 和蜘蛛 B 的行爲表現有如此大差異的可能原因是——蜘蛛 A 被用於挑選色光的實驗，已有 90 次的學習經驗，而蜘蛛 B 則無。因此，蜘蛛 A 的訓練時間遠長於蜘蛛 B，故蜘蛛 A 對 LED 燈與電擊的聯結較爲快速、順利。

五、電擊確實爲一有效之非條件刺激，但因蜘蛛可能會對電擊產生適應，因此電擊之效果並不如預期般明顯。若改用其他的非條件刺激如：溫度、強光，是否能激發蜘蛛更明顯的學習潛力仍有探討研究的空間。

六、由此次實驗中發現：行爲二「蜘蛛將腳卡在電路板的間隙不受電擊」這類情況占絕大多數。電路板上每一相鄰電路之間隙爲 0.1 公分，而觀察蜘蛛的腳，發現牠的腳並不是完全緊貼電路板面，故蜘蛛是否因腳卡在電路板的間隙而不受電擊仍尙待證實。

七、本實驗是使用電擊迫使蜘蛛到無電擊區，然而相較於迫使牠到某個區域，給予正增強的訓練方式或許會讓訓練的時間縮短、次數減少，且更有效率的完成學習。

八、由於實驗設計之故，使結果出現古典制約和試誤學習相混淆的情況，要如何區隔兩者，我們未來的研究方向如下：搭配光、電或食物的誘因，讓蜘蛛走迷宮的試誤學習；另一者，以食物為正增強物，即到指定的區域就有食物獎勵的古典制約，希望能得到更明確的學習結果。

## 8、結論

- 1、 蜘蛛會有學習行爲。
- 2、 蜘蛛經過多次訓練後，會對無電擊區之位置產生記憶，並應用之。
- 3、 蜘蛛會因自身的生理條件不同，可能採取不同方式適應外界環境刺激，逐漸學習如何在電路板上存活。
- 4、 若電擊次數過多，或許會影響蜘蛛的生理活動，進而影響實驗結果。

## 9、參考資料及其他

### 【有關學習行為的知識和實驗】

- <http://web.meiho.edu.tw/~x2109/psy/ch05.files/frame.htm#slide0008.htm>

→[學習原理] 作者：陳啓勳

- <http://www.ntsec.gov.tw/activity/race-1/45/senior/0407/040705.pdf>

→[聲音對魚類行為影響之探討] 作者：吳佳宜、劉守泉、陳怡瑾、黃宜豪

- <http://www.ntsec.gov.tw/activity/race-1/31/pdf/31h/053.pdf>

→[光、電、磁誘使蟑螂行為改變的真相] 作者：林思源、宣壕、林子超

- [www.mxeduc.org.tw/ScienceAward/3rd/doc/SA-047.doc](http://www.mxeduc.org.tw/ScienceAward/3rd/doc/SA-047.doc)

→[蜚蠊在光熱刺激下的學習行為] 作者：林佩瑩

### 【關於蜘蛛的實驗及知識】

- [http://animal.ymsnp.gov.tw/chinese/animal\\_info.asp?id=1532&grpno=9](http://animal.ymsnp.gov.tw/chinese/animal_info.asp?id=1532&grpno=9)

→[動物資料庫>【溝渠豹蛛】動物明細] 作者：朱耀沂等  
1975,Chang1970,Yaginuma1977,林曜松 2000

- <http://www.ntsec.gov.tw/activity/race-1/42/pdf/e/3/040708.pdf>

→[蜘蛛絲強韌度與溫、溼度的關係] 作者：游晏青、林雅惠、陳宜琳、劉彥伶

- <http://www.ntsec.gov.tw/activity/race-1/42/pdf/e/3/040711.pdf>

→[大姬蛛行為與適應之研究] 作者：吳昌鴻、蕭淳瑞、梁如澤、王志晟

- <http://www.ntsec.gov.tw/activity/race-1/41/pdf/e/3/3415.pdf>

→[中型銀腹蜘蛛的結網行為與生態適應之探討] 作者：白鎮豪、陳建勳、石聿恆

## 10、附錄

### 1、原始數據：

次數	蜘蛛 A	蜘蛛 B
1	12121212121212121212	4012121212
2	12121212	1212111212112
3	1	121212130121212
4	4012121212	12121301302121212
5	4012130121212121212	2121230121212130130212
6	2121230121212123	12130121212112121
7	21213012301212121301212	2121212
8	21212121212301212123	21212121302
9	121230121212	131212121213021301212
10	21212	131212121212
11	121230123012301212301212123	121212121212
12	40121230123012123	12121212121212
13	1212	12121212121212121212
14	2	121212121121212
15	12121212121212	121301301212
16	12301212121212123012	121213012121212
17	12123012	1212121212121212
18	12	1212121212121302
19	12123	21212121212
20	121212123	1212121230121212121212
21	123012121212121212	2123012
22	12301212	12121212121212
23	12	12121212123012
24	1212121212	2
25	401230123	1230121212301212121212
26	4	2123012
27	4012301230121212	212121212121212121
28	4	2123012121212121301212
29	40121212	40121212301212121230121230123
30	2	212123012123012121230121212
31	40123012121212	

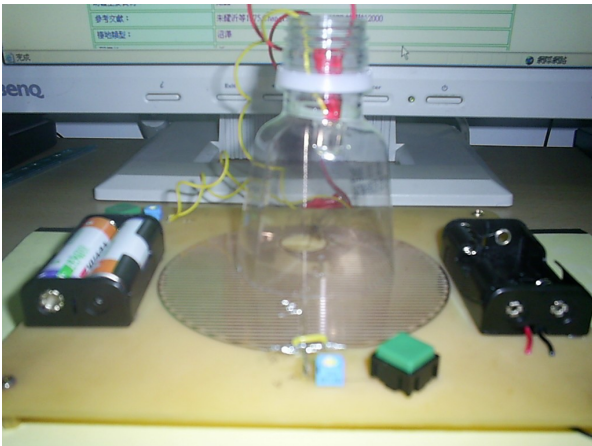
32 212  
33 23  
34 12  
35 401212301212

36 401212  
37 401230123  
38 121212121230123  
39 12121212  
40 212121212123

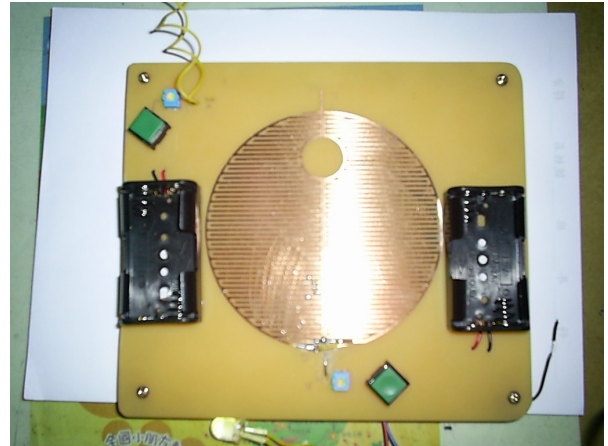
41 1212312121212  
42 2  
43 12121212  
44 21212  
45 212123012



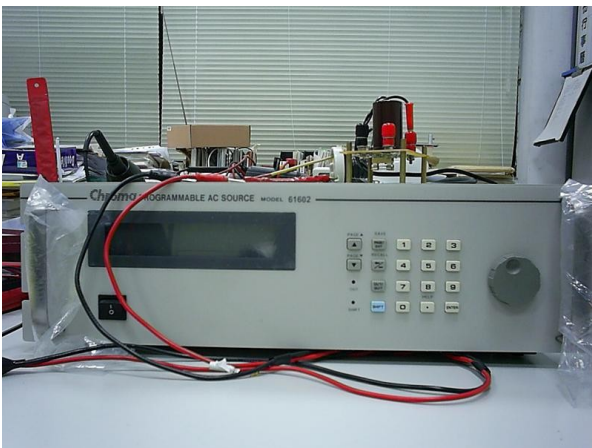
2、 附圖：



(附圖一：器材)



(附圖二：電路板)



(附圖三：電源供應器)



(附圖四：三用電表)



(附圖五：閃光 LED 燈)

【評語】 040722 蜘蛛的學習行爲

1. 能自行設計並製作電路板，操作實驗，表達清晰。
2. 實驗動物數量不足，致無法詳細記錄及統計分析。