

# 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高中組 生物(生命科學)科

040714

聲聲不息 汲汲蠅蠅—聲音對果蠅的影響

學校名稱：國立嘉義高級中學

作者：  高一 石祐竹  高一 李維揚  高一 廖嘉哲	指導老師：  翁惠珍
---	------------------

關鍵詞：噪音、果蠅、行為

### 摘要

日常生活中充斥著聲音，為了了解噪音與音樂對人類的影響，我們從學界熟悉的模式生物－「果蠅」著手，以「求偶模式」作為先天行為的觀察指標，再以我們自製的「圓錐觀察器」觀察果蠅的運動能力。結果我們發現輕音樂、重音樂、低頻噪音、高頻噪音都會對果蠅的先天求偶行為與後天運動行為產生影響，而且程度不同，而又以輕音樂造成的影響最小，高頻噪音造成的影響最大。

## 壹、研究動機：

上天賦予我們一項不得了的感官——聽覺，借此使我們的生活多采多姿，街上車水馬龍的聲音、飛機場隆隆作響的聲音、流行音樂華麗的聲音，就連晚上入夢時外頭的冷氣機馬達也不斷製造出聲音。我們的生活無時無刻不再接受聲音的刺激，形形色色的刺激或多或少都會影響我們的認知，也足以左右我們判斷事物的依據。聲音，是不容小覷的。聲音到底對我們的生活佔有多重要的地位？聲音是否在無形中改變了我們的心理或生理？學者實驗指出，在音樂的環境下，乳牛的產乳量會增加，但古人說過：「無絲竹之亂耳，無案牘之勞行」〔陋室銘〕很多人的習慣是邊聽音樂邊讀書，但邊聽音樂邊念書真的會提高學習的效率嗎？對於噪音，大家都不喜歡，但不同的聲音真的會讓我們產生不同的作用嗎？還是音樂跟噪音還無差別？為了求得這些答案，我們針對果蠅做了幾項實驗和測試！

## 貳、研究目的：

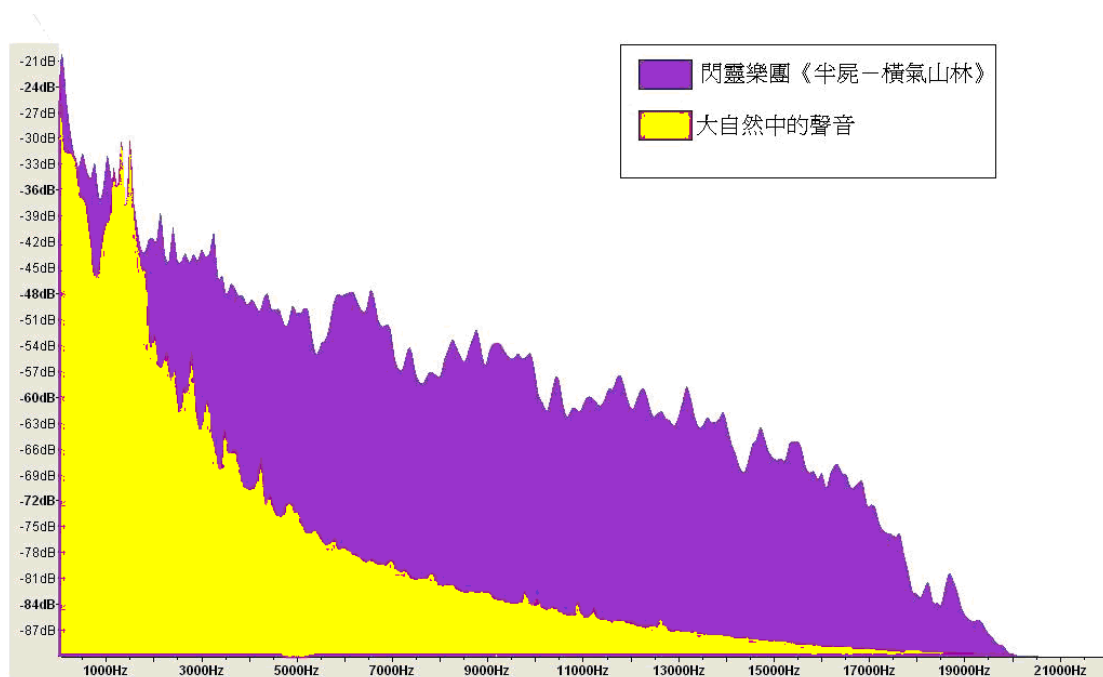
### 一、藉由聲音對果蠅的影響探討其對人類的影響

- (一) 聲音是否影響先天求偶本能
- (二) 聲音是否影響運動能力

## 參、研究設備器材：

- 一、果蠅〔野生種〕
- 二、攜帶式擴音器〔X—mini〕
- 三、電腦播放軟體〔Audacity〕
- 四、碼表
- 五、分貝計〔TES 1350 A〕
- 六、試管〔內含培養基〕
- 七、自製模型（詳見附錄一）
- 八、自製固定架（詳見附錄一）
- 九、選用音樂：
  - (一) 輕音樂：大自然中的聲音（音頻分析見下圖）
  - (二) 重音樂：閃靈樂團《半屍—橫氣山林》（音頻分析見下圖）
  - (三) 低頻噪音：50Hz（冷氣機運轉時頻率）
  - (四) 高頻噪音：18000Hz（曾流行一時的蚊子鈴聲頻率）

頻率分析圖：



## 肆、研究過程或方法

### 一、前言：

通常聲音是否對人發生干擾是很主觀的，各國對於噪音的定義也多不相同，相關噪音定義如下：

(一) 生活環境中足以直接或間接妨害國民健康與生活安寧之聲音。

(二) 依我國噪音管制法的定義：聲音超過管制標準者，均屬噪音。

廣義來說，噪音係指人們所不想要的聲音。凡是不悅耳的聲音，在不適當的時間於不適的地方所發生的聲音，或是足以引發個人生理上或心理上不愉快反應的聲音，均屬噪音。

### 二、果蠅生活簡史

卵	靜止停滯於基質(medium)表面	1 天
第一階段	於基質表面取食	1 天
第二階段	於基質上下蠕動翻爬取食	1 天
第三階段	於基質上下蠕動翻爬取食	3 天
蛹期	靜止停滯於瓶壁	5 天
羽化	羽化後待其外骨骼與翅膀乾燥硬化	1 至 3 小時
成蟲	成蟲，飛行活動	30 至 50 天

25°C下由卵至成蟲約需 11 天，在 18°C則加倍，在 16°C則為 3 倍。其他因素如過度擁擠與食物不足皆會影響果蠅在試驗狀況下之生育。25°C下每小時可產卵 2~20 粒，在 16°C其產卵速率只有最適狀況下之 20%，超過 32°C則停止產卵。雌果蠅一次交配所得精子可供 6~8 授精所需，雌果蠅交配後即不再歡迎再次之交配，但仍可能遭受強行交配，如果受到再次交配後，所得之精子有可能優先用於新卵之受孕。雄果蠅一天可交配十隻雌果蠅。未交配之雌果蠅稱為處女蠅(Virgin female)，在受到雄果蠅產生之性費洛蒙刺激下，仍然會產下不孕卵。

在不供給食物的情況下，果蠅可存活 50 小時左右，在不供給水的情況下，果蠅無法活過一天。幼蟲期果蠅在其正常 5 天生活週期下可取食其體重 3~5 倍之食物，雌果蠅在產卵期每日可取用與其體重等重之食物。果蠅成蟲的食物內需有醣類，而蛹期果蠅則可只依賴酵母即可發育。

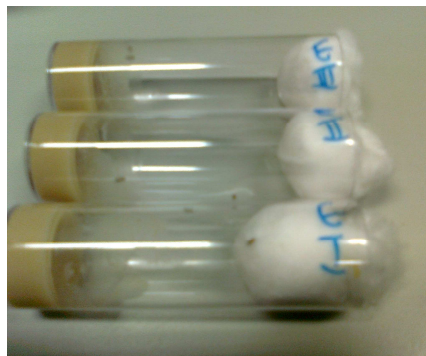
### 三、聲音是否影響先天求偶行為

(一) 將果蠅分為五組，分別是不聽音樂的對照組、低頻噪音組、高頻噪音組、輕音樂組跟重音樂組。

(二) 每組五管、一管內放置一公一母。

(三) 除了對照組外，其餘開啟聲源，使其在有外在干擾的環境下進行交配。

(四) 觀察並紀錄求偶流程。



求偶行為觀察示意圖：

### 四、聲音是否影響後天運動能力

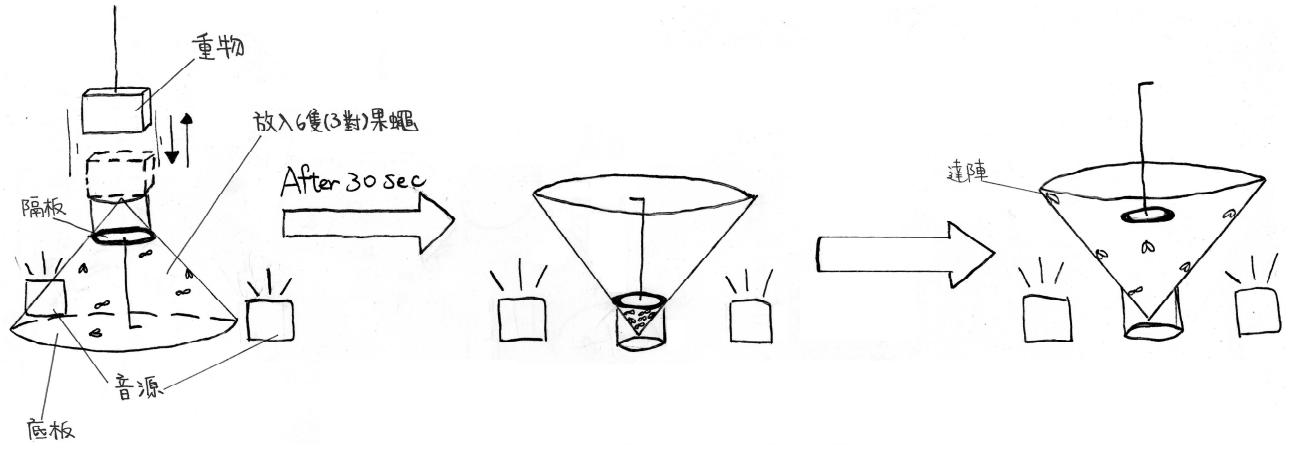
(一) 製作「圓錐觀察器」(見附錄一與下圖)，取十二管果蠅，共六管公，六管母，每管三隻果蠅(要實驗時再由一管公一管母混入實驗容器中)

(二) 將果蠅試管放出果蠅至圓錐，圓錐面朝下，置於海綿上，用槌子敲打，且槌子力道和頻率每次皆相同，(頻率一秒一次，力道零點三公斤)分為敲打時加入音源的實驗組跟不加入音源的觀察組，此動作持續三十秒。

(三) 三十秒過後，停止敲打和供應音源，讓果蠅休息三十秒。

(四) 重複第一點和第二點五次

(五) 將圓錐放正，將隔片打開，使果蠅全掉入隔片下，在將隔片關閉，果蠅便在圓錐之下更小的圓錐中，將此圓錐至於固定架上，靜置一分鐘，開啟音源，並將隔片瞬間開啟，並記錄每隻果蠅達陣(爬上圓錐面)時所需秒數。(如下圖)

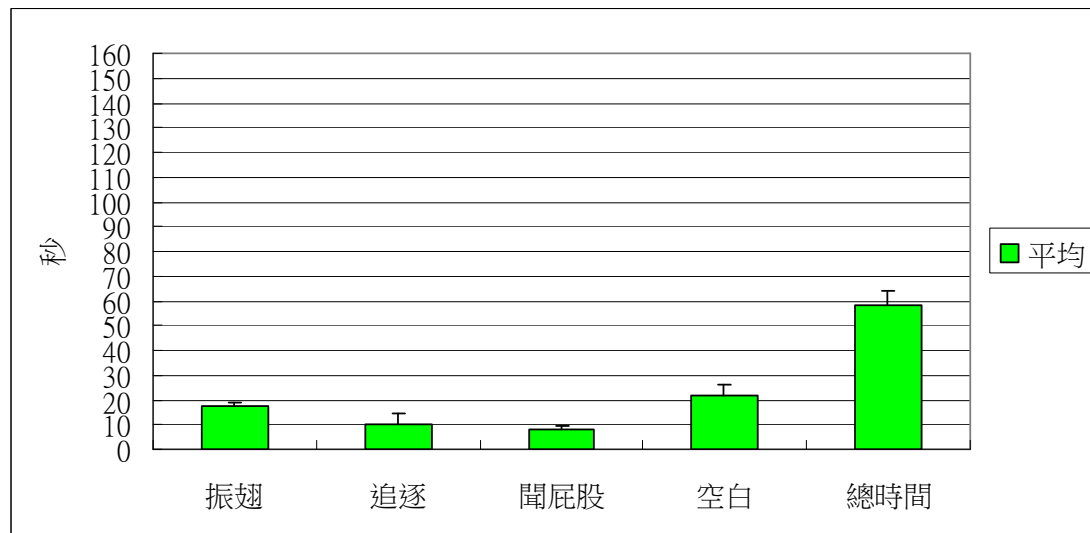


## 伍、研究結果

### 一、聲音是否影響先天求偶本能

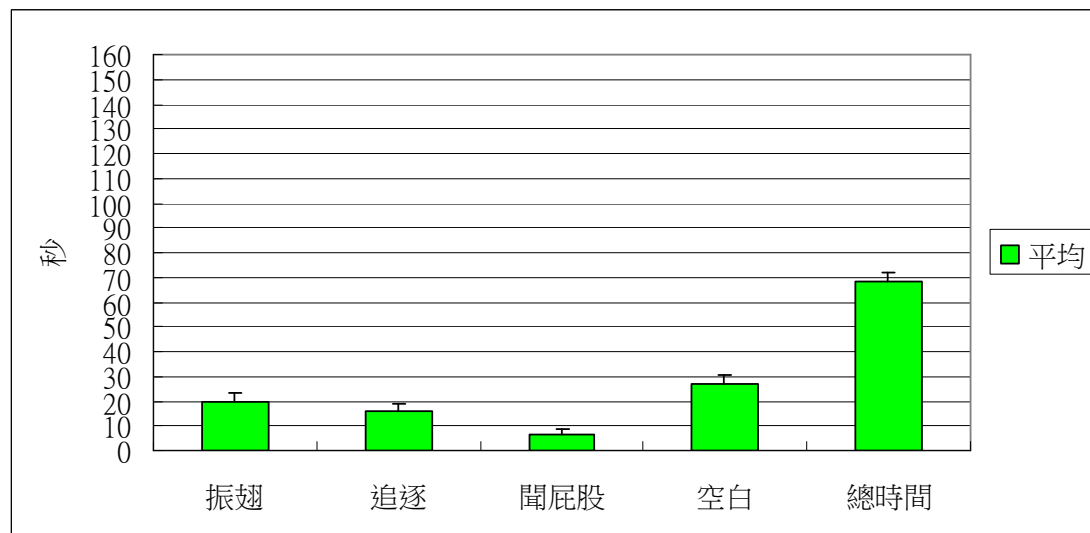
我們將求偶行為分成三個步驟，振翅、追逐和聞屁股，除了紀錄這三個動作所需時間外，我們還記錄了每項行為之間的空白時間，並算出總時間，紀錄如下：

#### (一) 對照組



圖(一) 無聲音干擾之對照組求偶步驟平均時間

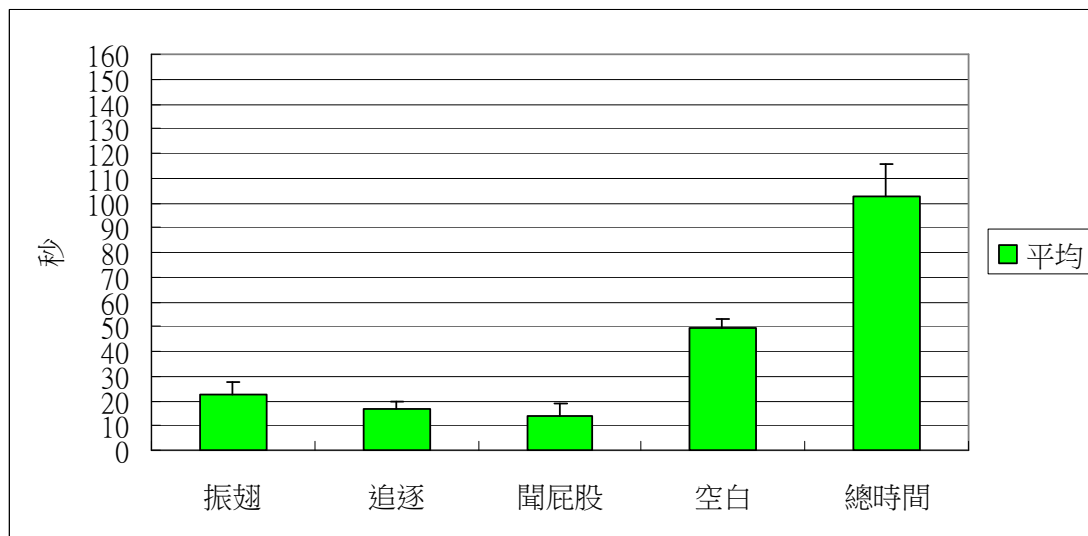
#### (二) 輕音樂



圖(二) 加入輕音樂干擾，求偶步驟平均時間

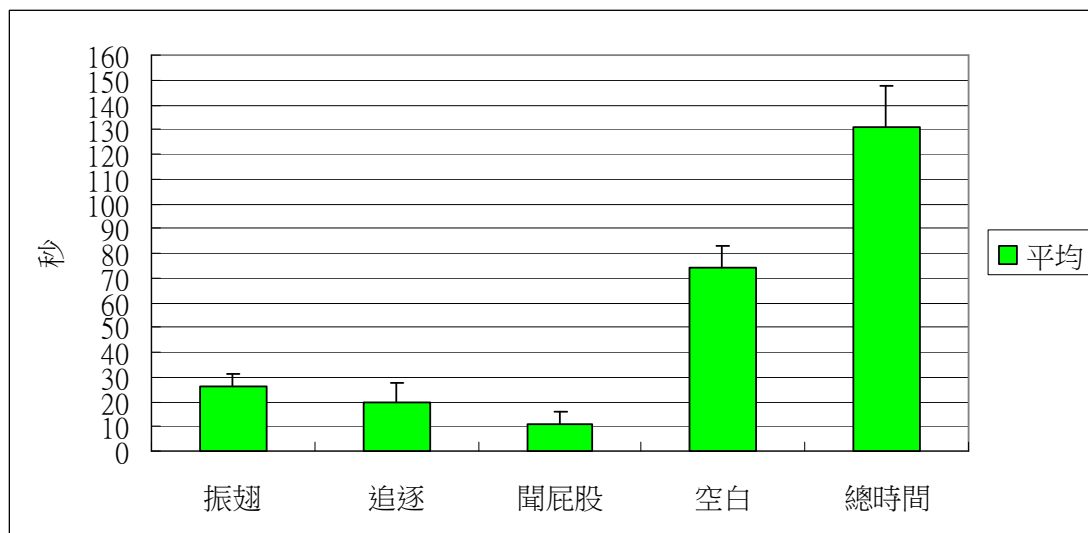


## (三) 重音樂



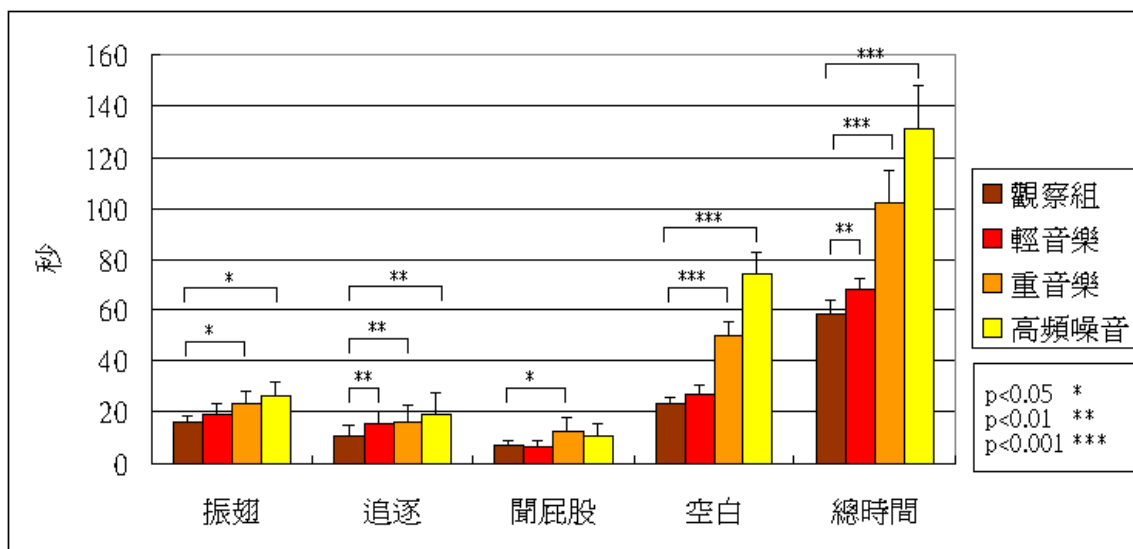
圖(三) 加入輕音樂干擾，求偶步驟平均時間，其中每個步驟所需時間拉長。

## (四) 高頻噪音



圖(四) 加入輕音樂干擾，求偶步驟平均時間，其中每個步驟所需時間明顯拉長。

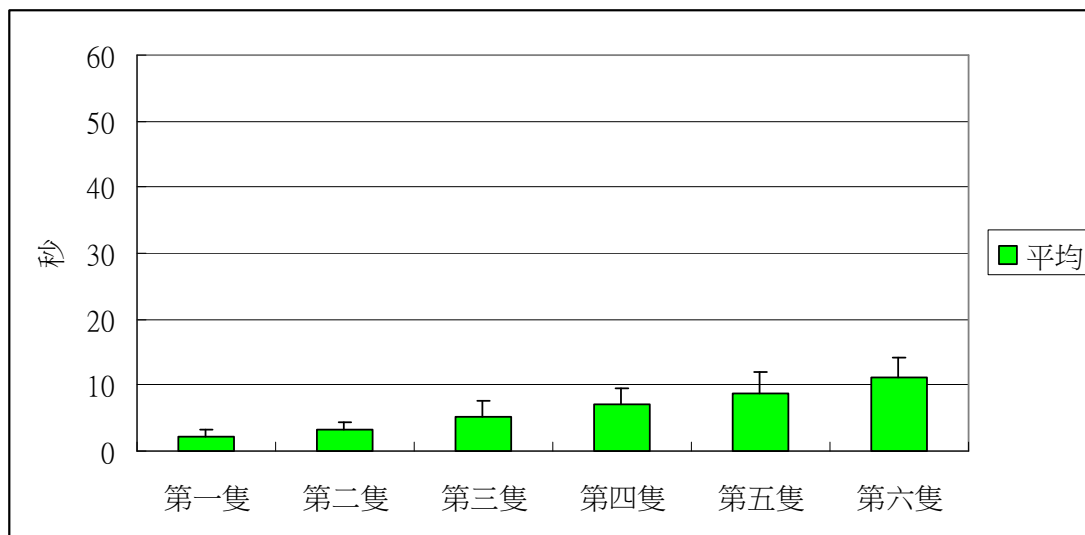
(五) 聲音對求偶行為的影響



圖(五) 各種聲音對求偶步驟平均時間的影響  
(此圖由圖(一)到圖(四)的內容繪製而成，並加上標準差及 p 值，方便觀察。)

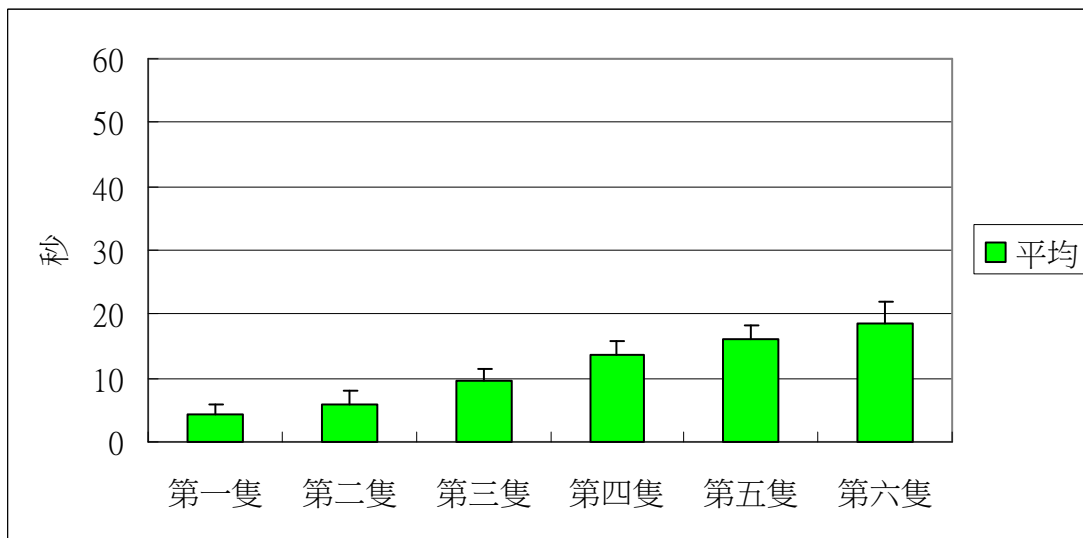
二、聲音是否影響後天運動能力

(一) 對照組



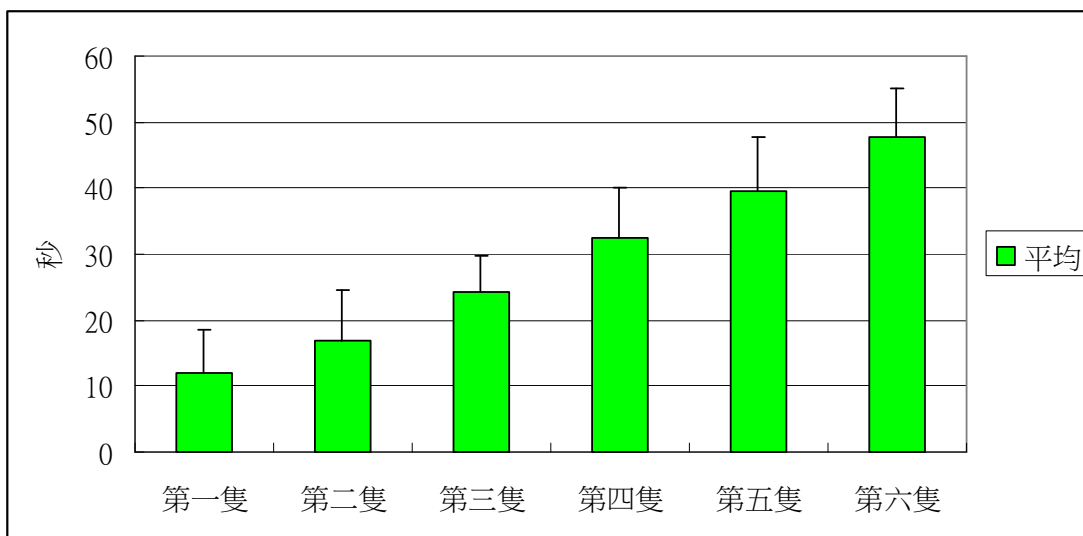
圖(六) 無聲音干擾之對照組每一隻果蠅達陣(爬上圓錐面)的平均時間。

## (二) 輕音樂



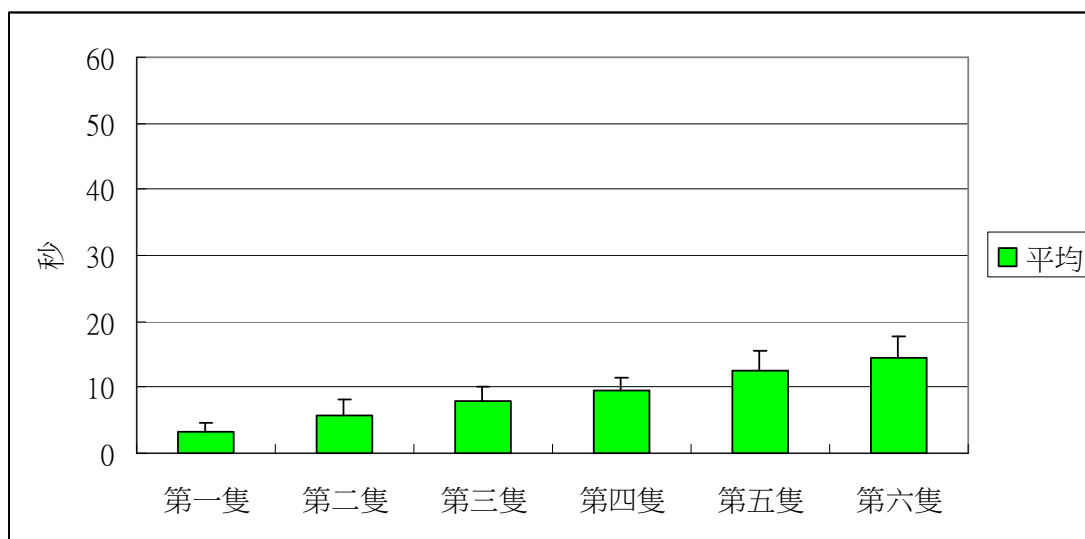
圖(七) 加入輕音樂干擾後，每一隻果蠅達陣的平均時間。

## (三) 重音樂



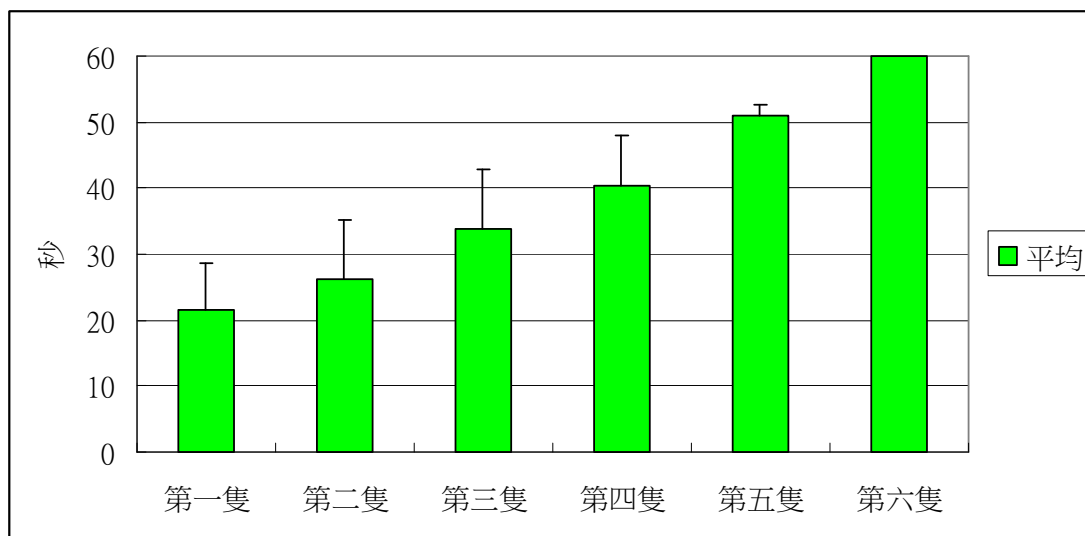
圖(八) 加入重音樂干擾後，每一隻果蠅達陣的平均時間。

## (四) 低頻噪音

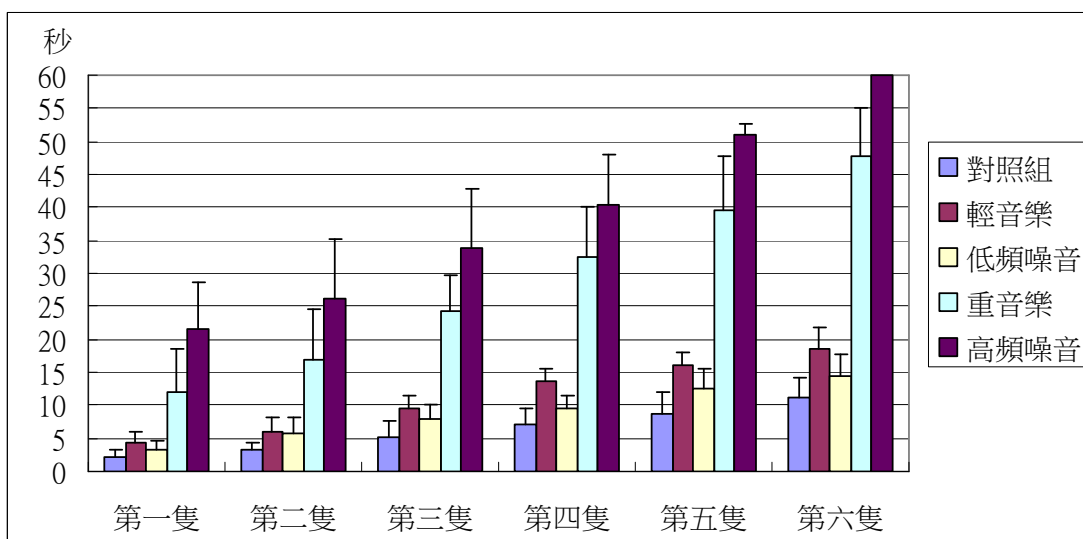


圖(九) 加入低頻噪音干擾後，每一隻果蠅達陣的平均時間。

## (五) 高頻噪音

圖(十) 加入高頻噪音干擾後，每一隻果蠅達陣的平均時間，  
(註：其中有果蠅沒有爬上錐頂，停在中途，所以不予採計)

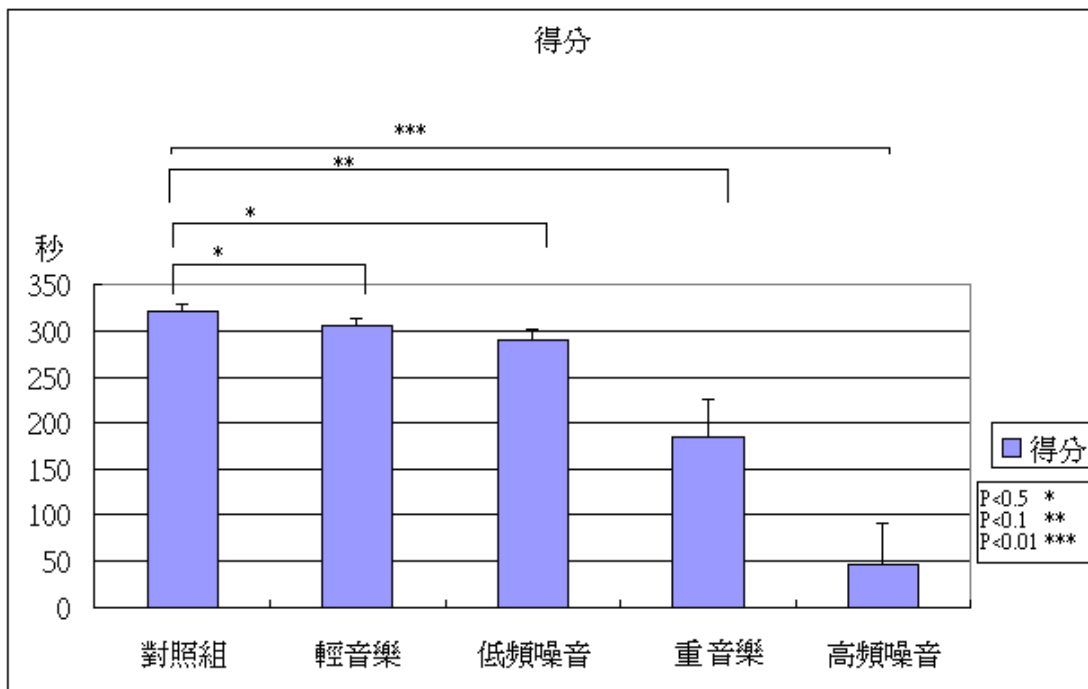
(六) 聲音對運動行為的影響－以秒數呈現：



圖(十一) 各種聲音處理下，每隻果蠅達陣所需平均的時間  
(重音樂與高頻噪音所需時間明顯拉長)

7.聲音對運動行為的影響－以得分呈現：

為了量化各種聲音對果蠅達陣行為的影響，我們嘗試了以下的計分方式：讓每一隻果蠅在此項目的得分為：**【60 減去所爬秒數】**，一組六隻，滿分共三百六十分，加總計分。如此一來，達陣速度愈快者得分愈高。



圖(十二) 各種聲音對果蠅運動行為的影響  
(註：計分法為：**【60 減去所爬秒數】**，一組六隻，滿分共三百六十分，加總計分。)

## 陸、討論

從各項文獻及重複觀察中歸納出幾項果蠅求偶過程指標：公果蠅有明顯求偶行為，會表現出振翅、追逐、聞屁股的行為。

### 一、樂音及噪音有無差別

與無聲音的對照組相比，有聲音的實驗組別在求偶與運動能力的表現皆不同。一如我們所預期的，對照組的果蠅向上爬的時間比其他實驗組耗費都還少，相對的，果蠅向上爬的速度也較實驗組快，因此我們可以發現，不管是什麼樣的聲音，都會對果蠅造成行為上某種程度的干涉，於是我們才進一步歸類音樂及噪音，比較其對果蠅行為上的干涉。

實驗結果顯示，在求偶實驗與運動實驗中，輕音樂的影響都較不顯著，而低頻噪音在運動實驗當中的影響也不大；而在求偶實驗與運動實驗中，重音樂與高頻噪音的影響都較為顯著，由頻率分析圖中顯示，重音樂的頻率偏高而輕音樂的頻率偏低。因此，我們合理推論影響果蠅行為較深的是音頻，至於確實影響的關鍵頻率範圍，則有待進一步探討。

### 二、聲音對果蠅先天本能的影響

(一) 由圖(一)得知，且發現果蠅求偶時間為所有組別中最快。

(二) 當以低頻音波作為實驗時，果蠅停住不動，無法觀察其求偶時間，藉由第二種實驗發現，果蠅被影響的運動能力沒有強烈到使其不交為，故推測低頻噪音會非常劇烈地影響果蠅其他控制交配之系統。

(三) 由圖(二)得知，輕音樂組各項動作所需時間都比對照組多，但除了追逐方面，每一階段與對照組的比較並不顯著。整體來說，輕音樂會對果蠅造成比無聲音刺激的實驗多一點的影響。

(四) 由圖(三)得知，重音樂組各項動作所需時間都比對照組長，藉由圖(五)顯示，每一階段和對照組比較起來影響為極顯著或顯著，實驗證明重音樂確實會對果蠅造成較大的影響。

(五) 由圖(四)得知，高頻噪音組各項動作所需時間大致上來說是較其他實驗來的多的，而和對照組比較起來同樣和重音樂是顯著影響，推論恐怕在生活週遭的高頻噪音，會對人類造成的影響不亞於重音樂。

(六) 除了低頻噪音外，實驗一與實驗二的結果有所關聯，推測實驗一時間拉長的原因是因為行動能力的降低，可以說，環境會影響到本能的驅動。從這項實驗中當我們把音源移除後，果蠅行動效率增加，表示此對先天本能影響是暫時性的。

### 三、聲音對果蠅運動行為的干涉

(一) 由圖(六)得知，對照組中果蠅爬行的速度，為所有實驗中所需時間為最短者，既然沒有聲音的干擾，所表現出來的行為，我們稱之為標準行為。

(二) 由圖(七)得知，輕音樂組的果蠅所需達陣時間較長，其速度較慢，可以推測，受到刺激後的行為變的緩慢，但是以整個實驗結果而言，輕音樂實驗和對照組的差別不大。

(三) 由圖(八)得知，重音樂組與對照組有很大的落差，以圖(十一)說明，一開始就需要較多的時間，且達陣時果蠅耗時較久，這代表果蠅的上爬行為所需的時間大幅增加，行動也比低頻噪音和輕音樂緩慢許多，代表重音樂對行為的干涉十分劇烈。

(四) 由圖(九)得知，在所有實驗組別中，低頻噪音組與對照組最為相像，表示低頻噪音對果蠅行為的影響最為薄弱。而生活中有許多低頻噪音，可能對我們的影響不大，但還是仍有某一程度上的干擾。

(五) 由圖(十)得知，高頻噪音組影響最為劇烈，其實在實驗的過程中，和之前四組觀察到的不一樣，並非所有的果蠅都會往上爬。在此段觀察的過程中總共有三分之一的果蠅沒有爬到最高點，而停在錐壁，這是我們所沒有設想到的事情，並且由高頻噪音與對照組的比較，兩這可說是差距極大，從一開始，就已差了十九秒，而最後已無法估計他所相差的時間，這一組，為影響運動行為最為劇烈的一組，恐怕在生活週遭的高頻噪音，也會對人類造成非常大的干擾。

(六) 藉由實驗及音頻分析圖可以歸納出以下兩點，高頻對果蠅的干擾程度大於低頻，而樂音好聽與否只是人類的主觀判斷。

### 四、實驗中克服的問題

(一) 為了觀察果蠅交配的實驗，我們試過培養皿、濕棉花的試管以及有培養基的試管，而在使用前二者時，公果蠅卻都不求偶，推測環境溼度、食物，可能會使果蠅作為判斷此環境使否利於繁衍後代。

(二) 一開始收集到處女蠅時，老師建議等三天，等牠成熟後再做實驗，但雄果蠅卻都不求偶。後來，在誤打誤撞下發現，放入剛出生十個小時的雌果蠅時雄果蠅會求偶，經過不斷的嘗試後，我們發現要使用出生八到二十四小時的處女蠅來做實驗。

### 柒、結論與展望

- 一、果蠅的求偶時間拉長，除了低頻噪音外，推測為果蠅活動能力下降所影響，而受低頻噪音刺激的果蠅並不單因運動能力下降而不動，推測低頻噪音還會影響果蠅其他的行為，有待進一步探討。
- 二、不論何種聲音，都會對果蠅的先天與後天行為造成影響，頻率高低會是關鍵，而音樂柔和與否，和我們主觀認知雷同，但不如頻率的影響來的大，既然頻率對果蠅會有如此大的影響，對一般人而言，果蠅給人煩擾、不衛生的感覺，或許可以再進一步的觀察音頻對果蠅運動行為的刺激，比較其差異，找尋果蠅對音頻的喜好，在生活中說不定還可以用此來驅趕或聚集果蠅呢！
- 三、果蠅是科學家十分熟悉的模式生物，從古典遺傳學到更廣泛的胚胎發育，甚至現今神經、行為研究都貢獻良多，所以我們也以小小果蠅作為行為研究的小小起步，發現「求偶行為」與「達陣行為」是很好觀察行為的指標，因此，除了聲音的影響外，可以進而對果蠅各感官做分層探討、研究，或是電磁波甚或輻射線等物理因子對生物行為的影響，進而提升人類生活品質。

### 捌、參考資料及其他

- 一、劉啟明（2005）**生活環境低頻噪音之研究**。國立中正大學建築研究所碩士論文，未出版，台南市。
- 二、噪音的定義（無日期）。**維基百科**。取自：  
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%99%AA%E9%9F%B3>



## 附錄一、自製圓錐觀察器

### 壹、自製模形

一、取一大塊透明塑膠墊，以半徑 20 公分作一圓，剪去四分之一扇形，將其缺角接起〔不重疊〕，用膠帶固定扇形，使其作為一圓錐。

二、內部以一塑膠圓作為隔片，半徑為 6 公分，將隔板得一端固定於內部距頂點 5 公分處，並用鐵絲黏於隔板另一側，在圓壁上也做一小洞是使鐵絲穿越，作一開合機關〔不能全部黏死，而是可以伸縮，此時用膠帶做兩邊之接合橋〕。

三、再錐頂用一同心圓，其半徑為 12.5 公分，恰能與圓錐底面重疊，其同心圓也在此作一恰能與試管接合之洞口，而洞口也緊接著也開一彼此圓略小一些之半圓，在著個圓上做一比開口稍大而形狀相似之塑膠片。

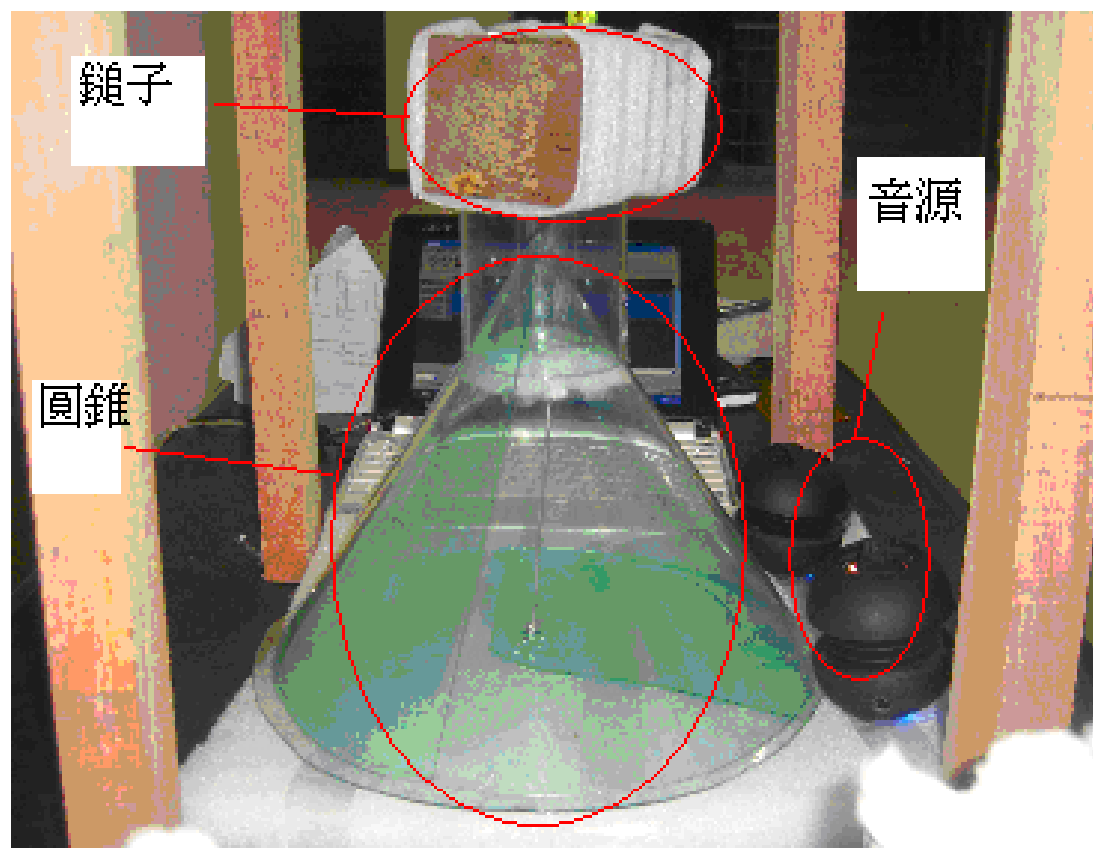
四、在此圓膠片及圓心與蓋片相套的一轉軸，來當開關，模型完成。

### 貳、自製固定架

一、作一長方形木片〔長 39 公分、寬 33 公分、厚 1 公分〕，四邊以高 50 公分木棒支撐，將其釘於模型四角，並於板心挖一半徑 1 公分圓洞。

二、做個長方形木塊〔長 13 公分、寬 7 公分、高 6 公分〕，中央插入一鉤環，鉤環上綁上尼龍線，於尼龍線上端 45 公分處固定一墊片，此為錘子。

三、將尼龍線穿過圓洞，支撐架完成。



## 附錄二、實驗數據

## 壹、聲音是否影響先天本能

## 一、對照組

	振翅	追逐	聞屁股	空白	總時間
第一組	16.76	10.11	8.11	21.85	58.49
第二組	19.2	16.51	7.88	22.54	66.13
第三組	17.82	12.39	9.43	18.87	58.51
第四組	14.82	7.82	6.52	29.63	58.79
第五組	16.22	6.43	8.2	19.46	50.31
平均	17.015	10.7875	8.0075	22.625	58.435
標準差	1.903707	4.586534	1.195753	4.939450	6.46427

表(一)

## 二、輕音樂

	振翅	追逐	聞屁股	空白	總時間
第一組	21.21	14.47	7.69	29.63	73
第二組	23.46	17.77	5.43	24.57	71.23
第三組	21.33	19.62	6.62	21.19	68.76
第四組	14.25	13.35	9.53	28.93	66.06
第五組	17.8	13.21	3.42	28.97	63.4
平均	19.61	15.684	6.538	26.658	68.49
標準差	3.617548	2.867295	2.304099	3.660563	3.864376

表(二)

## 三、重音樂

	振翅	追逐	聞屁股	空白	總時間
第一組	23.92	16.37	12.52	49.91	102.72
第二組	25.6	20.21	19.92	53.37	119.1
第三組	27.3	17.56	15.37	46.28	106.51
第四組	19.8	13.32	9.62	47.32	90.06
第五組	16.7	14.58	11.23	51.13	93.64
平均	22.35	16.4175	14.035	49.525	102.3275
標準差	4.949411	3.090808	4.610701	3.30414	13.22591

表(三)

## 四、高頻噪音

	振翅	追逐	聞屁股	空白	總時間
第一組	26.82	19.53	10.43	72.29	129.07
第二組	29.81	25.58	16.52	83.21	155.12
第三組	21.43	27.43	7.43	68.82	125.11
第四組	31.39	11.52	7.55	64.35	114.81
第五組	21.54	13.37	13.34	79.66	127.91
平均	26.0425	19.475	11.21	74.01	130.7375
標準差	5.302121	8.187513	4.487650	8.88471	17.20325

表(四)

## 貳、聲音是否影響運動能力

## 一、對照組

	第一隻	第二隻	第三隻	第四隻	第五隻	第六隻
第一組	1	1	3	4	5	8
第二組	1	4	7	8	9	13
第三組	2	4	9	11	14	16
第四組	2	2	3	6	8	11
第五組	3	4	4	5	7	8
第六組	4	4	5	8	10	11

表(五)

## 二、輕音樂

	第一隻	第二隻	第三隻	第四隻	第五隻	第六隻
第一組	2	3	11	15	16	17
第二組	3	4	8	15	17	20
第三組	4	6	8	15	17	22
第四組	5	7	12	14	16	19
第五組	6	9	11	13	18	21
第六組	6	7	7	10	12	13

表(六)

## 三、重音樂

	第一隻	第二隻	第三隻	第四隻	第五隻	第六隻
第一組	2	5	20	35	36	50
第二組	8	17	23	30	43	
第三組	11	12	18	23	25	38
第四組	14	17	23	30	43	52
第五組	16	25	28	31	41	43
第六組	21	25	33	46	49	56

表(七)

## 四、低頻噪音

	第一隻	第二隻	第三隻	第四隻	第五隻	第六隻
第一組	2	3	5	6	9	10
第二組	2	4	9	10	15	16
第三組	3	7	8	9	10	12
第四組	3	5	6	9	12	16
第五組	5	9	11	12	13	14
第六組	5	7	8	11	17	19

表(八)

## 五、高頻噪音

	第一隻	第二隻	第三隻	第四隻	第五隻	第六隻
第一組	11	19	47	48	49	
第二組	30	43				
第三組	27	28				
第四組	25	27	32	45	52	
第五組	19	20	29	38		
第六組	18	20	27	31	52	60

表(九)

## 【評語】 040714

1. 本題目以果蠅作材料，以圓錐觀察器分析果蠅之運動能力。
2. 本研究觀察詳細，結果顯示高頻噪音比低頻噪音對果蠅求偶行為與後天運動影響大。
3. 建議對使用果蠅數目能增加，則其成果之正確度可提升。