

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物及地球科學科

031716

波濤洶涌

縣立大灣中學附設國中

作者姓名：

國一 郭耀琮 國一 顏瑋良 國一 蔣乃卉
國一 楊雅智

指導老師：

郭錦絨

波濤洶湧

一、摘要

現今都市的環境，生物體包括人類，幾乎是暴露在無所不在的電磁波中生活，過去已有相關研究指出，磁場對於生物的確有影響，但較少看到針對磁場對於生物體整個生命週期的影響作完整的研究探討。本實驗以野生型果蠅為實驗動物，外加不同強度的磁場，探討外加磁場下果蠅行為、生活史及生殖力的影響。

我們將果蠅養在含有固體培養基的牛奶瓶中，利用線圈通電以製造外加磁場。結果顯示，在外加磁場下的果蠅，行動明顯較對照組果蠅來的遲緩；在一般正常情況下，成蟲果蠅較喜歡在接近瓶口的位置活動，而幼蟲則喜歡在培養基中及接近瓶底的瓶壁上爬行，而外加磁場下的果蠅，相反地，成蟲多在牛奶瓶下方活動，而外加較高磁場，分別為 80 高斯及 40 高斯的兩組，幼蟲則喜歡聚集在瓶口的位置，推論磁場可能影響果蠅方向感的辨認。

在果蠅的生活史方面，外加 80 高斯及 40 高斯的實驗組果蠅，開始羽化的時間較對照組果蠅，分別晚了 2 天及 1 天的時間，說明磁場可能對於果蠅的生命週期有所影響。

在果蠅的生殖力方面，結果顯示在 0 到 80 高斯的磁場下，外加磁場越強，果蠅的子代數越少，推論磁場會影響果蠅的生殖能力。

本實驗所使用的磁場強度相當的強，為一般家電所產生的磁場強度的 160 倍以上。只能推論在外加強磁場下可能對果蠅的生活史、行為及生殖有所影響，至於一般家電用品所產生的電磁波是否對人體會產生不良的影響，則需要進一步的研究。

二、研究動機

生物體包括人類，暴露在人為電磁場機會增加，例如手機發射台，家電產品，高壓變電箱...等。現今電磁場對生物體的影響眾說紛云，所以我們想利用人工方法對生物施予外加磁場，瞭解外加磁場對生命活動所產生的影響。我們所選用的實驗動物為野生型的果蠅，其優點為特徵明顯，生活史短，方便作不同時期的實驗與觀察，且飼養空間小存活率高。綜合以上各點，我們以固定大小的靜磁場，探討磁場強弱對於果蠅生活史、行為及生殖力的影響。

三、研究目的

探討磁場對野生型果蠅生活史、行為及生殖之影響

四、研究歷程與方法

(一)實驗器材

果蠅、試管、牛奶瓶、棉花、培養基、高壓滅菌釜、乙醚、漆包線、電源供應器、紙筒

(一) 人工磁場：分別取直徑為 6 公分的圓柱狀紙桶，以 0.6mm 直徑之漆包線繞 6 公分高(一層約 100 圈)，分別依條件通以 1 安培或 0.5 安培電流。

組別	A80	B40	C20	D10	對照組
電流(安培)	1A	1A	1A	0.5A	0
線圈(圈數)	400	200	100	100	0
磁場(高斯)	80	40	20	10	0

算式：

以 A80 組為例

$T(\text{磁場強度}) = \mu NI / l = (\text{電阻} \times \text{匝數} \times \text{電流}) / \text{線圈長} = (4 \times 4.13 \times 10^{-7}) / 0.06 = 0.00837$ (特斯拉)

1 特期拉=10000 高斯

靜止磁場=83.7 高斯(取大概數值為 80 高斯)

(二)果蠅：野生型果蠅(感謝彰化師大簡老師實驗室提供)

(二) 果蠅飼養

取 10 瓶 180ml 培養瓶(由牛奶瓶代用)以適當大小之棉塞密閉開口，置入高溫高壓滅菌釜內，以 121°C，1.5 大氣壓消毒 12 至 15 分鐘。消毒完成後，待滅

菌釜內壓力降至常壓後開啟釜門使其半開，再以滅菌釜乾燥培養瓶之棉塞 30 分鐘，完成後取出使其冷卻備用。

培養基配方及配製方法：

1. 將 212.5ml 蒸餾水，加入 5g 的洋菜膠，以玻璃棒攪拌並加熱(一般是由磁石，因實驗室無，改由手動攪拌)
2. 將錐形瓶中加入 87.5ml 蒸餾水，再加入 15g 的糖、25g 玉米粉、15g 酵母粉，攪拌均勻後，留至下一步驟。
3. 待步驟一煮沸後，將步驟二倒入錐形瓶，以小火煮 10 分鐘，熄火後繼續攪拌(圖一)。
4. 加入 1ml 95%酒精(ethanol)、1ml 丙酸(Propionic acid)攪拌後倒入培養瓶中，每瓶約倒一公分高。以上份量可供配製 10 瓶 180ml 培養瓶(圖二)。

(三)區分雌雄果蠅

區分雌雄果蠅的方法很多，但最容易的是看腹部花紋，雄的末端整個呈黑色，雌者末端呈條紋狀，可利用肉眼、放大鏡或解剖顯微鏡觀察。

(1)果蠅培養操作

✓ 麻醉

果蠅可利用乙醚加以麻醉，以方便試驗操作。

✓ 麻醉方法

取一麻醉瓶，瓶口應與培養瓶大小相仿，取一軟木塞(或橡皮塞)，在塞入瓶口的一面以圖釘固定一小球棉花供吸附乙醚，將果蠅倒入麻醉瓶內，翻轉麻醉瓶使其瓶口朝上(圖四)，迅速將滴有適量乙醚(不可有乙醚液體流出)之瓶塞蓋住麻醉瓶口，約一分鐘左右果蠅倒臥於瓶底，即可將果蠅倒出進行操作。過度麻醉將導致果蠅死亡。

✓ 搬移果蠅麻醉瓶

取麻醉瓶放置於右手側，取欲轉移之果蠅培養瓶置於左手側，以左手握住瓶頸，兩指輕扣棉塞頂部，以右手輕拍瓶底使果蠅掉落於培養基表面，將培養瓶置於左手側，拔起棉塞以左手兩指夾住棉塞外端，再以右手將麻醉瓶倒扣於舊培養瓶上，再以左手握住兩瓶口相接處，翻轉之使新培養瓶位於下方，然後以右手掌心輕拍麻醉瓶瓶底，使果蠅掉落於麻醉瓶瓶底，然後迅速蓋上含有乙醚的塞子。麻醉後進行果蠅觀察並分辨雌雄。

✓ 果蠅計數

取一正方形白紙，沿對角線對折然後展平，平置於顯剖顯微鏡置物臺上，將麻醉之果蠅倒於對角線摺痕上，以水彩筆撥弄果蠅使其均勻分散於對角線摺痕上，然後沿對角線將雌雄果蠅分類撥入各側(圖五、六)。

✓ 再麻醉

觀察或計數過程中，果蠅可能甦醒，可準備一玻璃培養皿，內以膠帶貼一

小塊棉球，滴入適量乙醚，培養皿口朝下置於一旁備用，如見果蠅翻身走動可將培養皿口朝下，蓋於果蠅上方待其麻醉後再移開(圖七)。

分組：將已分好的雌雄果蠅，分別雌雄各 10 隻置入實驗組及對照組的牛奶瓶中。為避免麻醉的果蠅直接掉落於培養基表面而粘著於培養基表面致死，可將培養瓶橫放(圖八)，將麻醉的果蠅倒於瓶壁，待其甦醒後再將培養瓶正立。

(四) 人工磁場對果蠅的影響

實驗用果蠅使用剛羽化約 1 至 2 天的果蠅，剛羽化的果蠅尚無生殖能力，而未與雄果蠅交配的雌果蠅為處女蠅。將果蠅麻醉後計數分雌雄，待麻醉果蠅甦醒後，將實驗組分別放入不同圈數的電圈中(400 圈、200 圈、100 圈)，再分別通以 1 安培或 0.5 安培的電流，對照組放入未繞線圈的紙圈中，所有儀器以電風扇吹風，避免實驗因通電加溫而產生誤差。

I. 磁場對果蠅生活史的影響

野生型的果蠅在 25°C 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。

II. 磁場對果蠅活動的影響-觀察果蠅動作協調性、及活動力

每日固定時間觀察並記錄實驗組及對照組果蠅的活動力及行為。

III 磁場對果蠅繁殖能力的影響-子代數

每日固定時間觀察計數子代幼蟲及蛹數，在出現大量結蛹後，取出親代成蟲，待子代大量羽化後，取出果蠅麻醉並計數子代成蟲數。

五、研究結果：

(一) 果蠅飼養

第一次的果蠅培養基，因未加防腐劑，在經過幾天後，培養基即發黴，造成果蠅全部死亡。第二次配製，因為則洋菜膠比例錯誤造成培養基無法凝膠，經試驗後，成功配製出固體培養基，在置入果蠅後，果蠅活動狀態良好，經3天仍無死亡，新的子代出現並結蛹在瓶壁上，之後又作了三個階段實驗，三次所配的培养基皆適合果蠅生長。

(三) 人工磁場對果蠅生殖的影響

果蠅生活史：卵→幼蟲→蛹(蠕蟲狀)→成蟲(有翅)

果蠅生活史實驗觀察記錄

第一次實驗(日期 4/7~4/22)

日期	日數	實驗組	對照組	備註
4/7	0	移羽化約 1~3 天至培養瓶中 (為同一批飼養果蠅，每瓶各 10 隻雌雄果蠅)		選取健康果蠅，各組間果蠅無差異，實驗室溫約 25~30°C
4/8	1	B40 出現幼蟲及卵，其餘只有卵	對照組出現幼蟲	幼蟲皆鑽入培養基中難以計數
4/11	4	各組皆大量出現幼蟲，且許多幼蟲爬出		
4/13	6	A80 結 3 個蛹，其餘尚未觀察到	無結蛹	

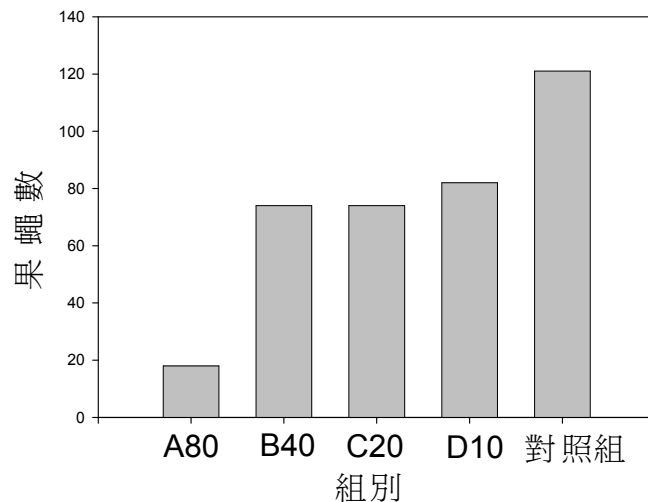
4/14	7	A80 結 5 個蛹，其餘尚未觀察到	結 1 個蛹	
4/14	7	去除親代成蟲		去除成蟲，確保後來出現的成蟲皆為子代羽化成蟲
4/18	11	觀察 A80 出現 3 隻羽化成蟲	觀察出現一隻羽化成蟲	各組皆大量結蛹
4/20	13	各組皆有大量成蟲羽化		

第二次實驗(日期 4/26~5/10)

日期	日數	實驗組	對照組	備註			
4/26	0	移羽化約 1~3 天至培養瓶中 (為同一批飼養果蠅，每瓶各 10 隻雌雄果蠅)		選取健康果蠅，各組間果蠅無差異，實驗室溫約 30~32°C			
4/27	1	觀察到 B40 有一對公母在交配		交配過的雌蠅正常情況下不會再交配，發現有交配情形，表雌蠅為處女蠅			
4/28	2	各組雌蟲腹部鼓漲，已出現幼蟲		幼蟲皆鑽入培養基中難以計數			
5/2	6	各組皆有結蛹，外加磁力越大，結的蛹數越少	大量結蛹	實際照像於圖十二 計數結果於註(一)			
5/3	7	去除親代成蟲		去除成蟲，確保後來出現的成蟲皆為子代羽化成蟲			
5/4	9	A80, B40 無羽化，C20 羽化 4 隻 D10 羽化 3 隻	羽化 4 隻	各組皆大量結蛹			
5/5	10	羽化數目					實際照像於圖十三
		A80	B40	C20	D10	對照組	
		0	9	15	19	15	

5/6	11	羽化數目					
		A80	B40	C20	D10	對照組	
		4	43	42	55	57	
5/10	15	各組大量羽化					取出羽化果蠅計數

註(一)
5/2 結蛹子代數



結論：

1. 根據第二次實驗(日期 4/26~5/10)結果，外加磁場影響果蠅的結蛹數目，外加磁場越大，子代結蛹數越少。
2. 根據第二次實驗(日期 4/26~5/10)結果，外加磁場影響果蠅的羽化時間與羽化後成蟲數目。外加 80 高斯磁場的組別(A80)，至第 11 天才子代羽化為成蟲，而對照組及 C20 及 D10 三組在第 9 天即出現羽化子代成蟲。
3. 比較第一次實驗(日期 4/7~4/22)及第二次實驗(日期 4/26~5/10)，第一次實驗

羽化為成蟲時間比第二次實驗晚了 2 天，根據參考資料溫度會影響果蠅的生活史長短，造成二次實驗羽化時間的差異，推論可能是二次實驗室溫不同的原因，第一次實驗溫度在 25~30°C，而第二次實驗溫度在 30~32°C

(二) 人工磁場對果蠅行為的影響

正常果蠅活動力旺盛，喜歡在瓶子的上方活動，除攝食很少會留在瓶子底部活動。二、果蠅行為實驗觀察記錄

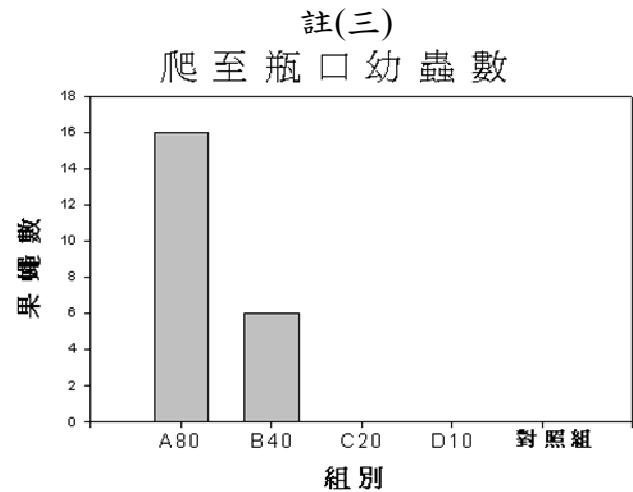
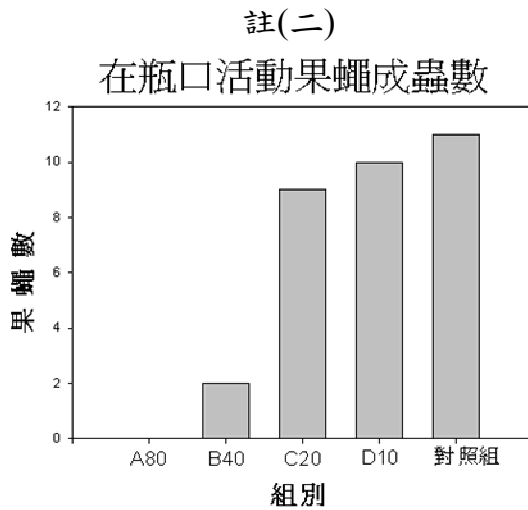
日期	實驗組受磁天數	實驗組	對照組	備註
4/7	0	移羽化約 1~3 天至培養瓶中 (麻醉完甦醒後各組果蠅活動力皆良好)		
4/8	1	各組成蟲行動遲緩	成蟲行動敏捷	
4/9	2	各組大多數成蟲在瓶底部活動	大多數成蟲在瓶口活動	4/9~4/12 連續觀察皆發現相同情形，計數 4/11 情形於註(二) 實際照像於圖十
4/14	7	A80 及 B40 新孵化幼蟲多爬至培養瓶上方	無幼蟲爬至瓶口，大多數幼蟲位於培養瓶中間或下方	計數距離瓶口處 1 公分內的幼蟲，數據於註(三) 實際照像於圖十一
4/20	13	各組幼蟲結蛹後多在瓶壁中間或上方位置	各組幼蟲結蛹後多在瓶壁中下方位置	

結論：

1. 受磁後，實驗組各組果蠅明顯行動變得遲緩，而對照組保持活躍行動敏捷。
2. 受磁後，實驗組 A80 親代成蟲多在瓶底活動，而幼蟲則明顯喜歡爬至瓶壁

較高的位置，而對照組親代成蟲多在瓶口活動，而幼蟲則明顯多在瓶壁下方位置。

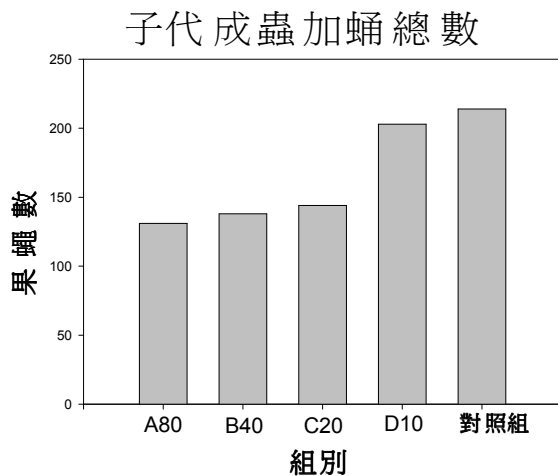
3. 觀察 5/9 第二次實驗 (未列出此數據)，有外加磁場的實驗組各組羽化後子代成蟲大多數在瓶底活動，而對照組則大部分喜歡在瓶口附近活動。



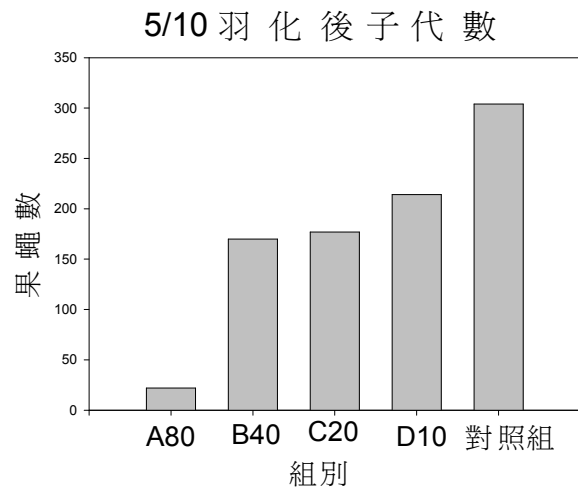
(三)磁場對果蠅繁殖能力的影響-子代數

將子代成蟲取出麻醉後計數，結果如下圖所示：

第一次實驗(日期 4/7~4/22)



第二次實驗(日期 4/26~5/10)



備註：由於計數時，仍有部份蛹未羽化，故計數成蟲及壁上的蛹，較接近計數實際的子代數目。

備註：因大部份子代已羽化，故直接計數羽化成蟲數目。

結果：根據二次實驗結果，外加磁場影響果蠅子代數目，外加磁場越強，果蠅子代數越少。第二次實驗結果，A80 子代數約比對照組少了約 13.8 倍。

六、討論建議

- (1) 根據實驗結果，果蠅可在本研究所配製的培養基中產卵並孵化出幼蟲及結蛹，可知我們已試驗出可讓果蠅正常生長的培養條件。
- (2) 根據第二次實驗(日期 4/26~5/10)結果，外加 40 高斯磁場的組別(B80)，至第 10 天才子代羽化為成蟲，A80 則是至第 11 天才子代羽化，而對照組及 C20 及 D10 三組在第 9 天即出現羽化子代成蟲，結果顯示外加較強的磁場(80 至 40 高斯)會延長果蠅羽化的時間，推論磁場可能影響果蠅的生長發育及變態。

- (3) 本實驗所外加的磁場為垂直於瓶底的向下磁場，根據實驗結果，果蠅在最初 5 分鐘的外加磁場下，與對照組比較，果蠅幾乎是失去活動力的，連續觀察數天，在外加磁場下，大部份的果蠅皆停棲在底部，而對照組則喜歡在瓶口附近活動；相反地，實驗組的子代較大的幼蟲喜歡往瓶口爬，A80 子代幼蟲許多擠在距瓶口一公分處的位置，而對照組幼蟲多停留在瓶子中間以下的瓶壁位置，推論外加磁場可能影響果蠅的活動力及辨別方向感的能力。目前科學家發現鴿子、海豚、蝴蝶、蜜蜂以及生活在水中的趨磁細菌等生物體中存在一種生物磁羅盤的超微磁性顆粒，使這類生物在地磁場導航下能辨別方向，具有回歸的本領，而果蠅是否能感應磁場方向以辨別方向，有待更進一步的實驗研究。
- (4) 由本實驗結果，我們得知外加磁場對果蠅的生殖能力有影響，在外加磁場下的實驗組果蠅，與對照組比較，子代數目明顯減少許多，比較外加 80 高斯磁場的實驗組(A80)果蠅與對照組果蠅，在第二次實驗結果，A80 實驗組子代數比對照組減少約 15 倍，推論外加磁場下對果蠅的生殖能力有明顯的影響。目前研究指出電磁波可影響動物的精子數量和排卵功能，而磁場在本實驗是否對果蠅精子數量如排卵功能有影響，則需要進一步作解剖及生理方面的實驗研究。
- (5) 本實驗較難控制的變因為溫度，由於線圈在通電後會發熱，我們的解決方法是讓實驗裝置吹電風扇，測量線圈內的溫度，B40, C20, D10 與對照組溫

度約相同，而 A80 與對照組約相差 $0.5\sim 1^{\circ}\text{C}$ 。根據參考資料及比較第一次實驗(日期 4/7~4/22)及第二次實驗(日期 4/26~5/10)結果，在適當範圍內溫度越高，會縮短果蠅生活史及增加子代的數目，因此本實驗結果，在通電線圈內的果蠅會延遲果蠅羽化時間及減少子代數，應是外加磁場所造成的影響。本實驗理想狀態應該是放入恆溫系統中，控制溫度對果蠅的影響。

- (6) 一般 60 赫家用電器約 1~500 毫高斯，而在本實驗所使用的磁場強度相當的強，為一般家電所產生的磁場強度的 160 倍以上。只能推論在外加強磁場下可能對果蠅的生活史、行為及生殖有所影響，至於一般家電用品所產生的電磁波是否對人體會產生不良的影響，則需要進一步的研究。

七、參考文獻

David E. Johnson, Johnny R. Johnson 原著，余政光、黃國軒編譯(1994)：基本電學(上)。台灣：全華出版社

自然與生活科技第一冊。南一出版社

自然與生活科技第六冊。南一出版社

電磁場、電磁波是否有害人體健康？

<http://www.niea.gov.tw/analysis/publish/month/37/37th2-1.htm>

<http://students.puiching.edu.mo/physics/classppt/ppt030404/nano1.doc>

<http://www.pep.com.cn/200406/ca434573.htm>

八、實驗過程觀察記錄

✓ 實驗裝置



實驗組別-放入磁場前各組果蠅皆正常，活動力旺盛



實驗裝置全景-左邊為實驗組，最右邊為對照組

✓ 實驗過程



圖一、配製培養基



圖二、倒培養基至牛奶瓶中



圖三、繞線圈



圖四、以麻醉瓶及乙醚麻醉果蠅



圖五、以顯剖顯微鏡觀辨別雌雄果蠅



圖六、將雌雄果蠅分為兩堆



圖七、再麻醉 實驗中途若有果蠅甦醒，立刻蓋上貼有沾乙醚棉花的培養皿

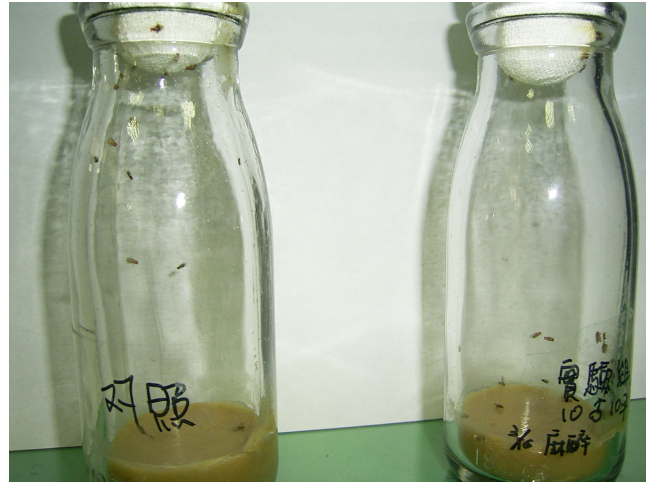


圖八、將麻醉後果蠅置於新培養瓶中，並平放以免果蠅黏在培養基上

✓ 實驗結果圖



圖九、一般果蠅喜歡在瓶子上方活動



圖十、將果蠅暫時移出線圈拍照，實驗組大部份聚集在下方，而對照組則正常地聚集在上方。



圖十一、實驗組 A80 幼蟲喜歡聚集在瓶口的位置，而對照組則多在瓶子下方或中間的瓶壁上活動



圖十二、實驗第六天，各組皆有結蛹，磁場越大，結的蛹數越少



圖十三、實驗第十一天，各組皆出現羽化的子代果蠅，磁場越強，子代羽化的果蠅數越少

附錄：



圖十四、放入線圈的第一天，發現有果蠅在交配，交配後雌果蠅正常情況下不會再交配，是故此雌果蠅之前為處女蠅



圖十五、剛破蛹而出的子代羽化果蠅



圖十六、參與科展的指導教師與同學們

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國中組 生物及地球科學科

031716

波濤洶蛹

縣立大灣中學附設國中

評語：

研究磁場對生物習性之影響、想法及觀察俱佳，實驗方法可再加強例如討論建議三認為外加磁場之方向與果蠅停在瓶口與底部活動有關則應同時加做一個向上磁場的對應組以驗證結論。