

# 中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學科

佳作

080805

用自來水殺蟑螂--電熱式加熱自來水殺蟑的研究

學校名稱：臺北市信義區永吉國民小學

|        |       |
|--------|-------|
| 作者：    | 指導老師： |
| 小五 楊承軒 | 黃兆暉   |
| 小六 楊書維 | 楊明達   |
| 小六 陳一榕 |       |
| 小四 謝杰倫 |       |

關鍵詞：即熱式殺蟑器

## 摘要

使用殺蟲劑或拖鞋打蟑螂時，化學藥劑或蟑螂體內的筒線蟲會汙染環境衛生。因此我們進行了數不盡的實驗，期望找出最環保又無害的殺蟑方法。

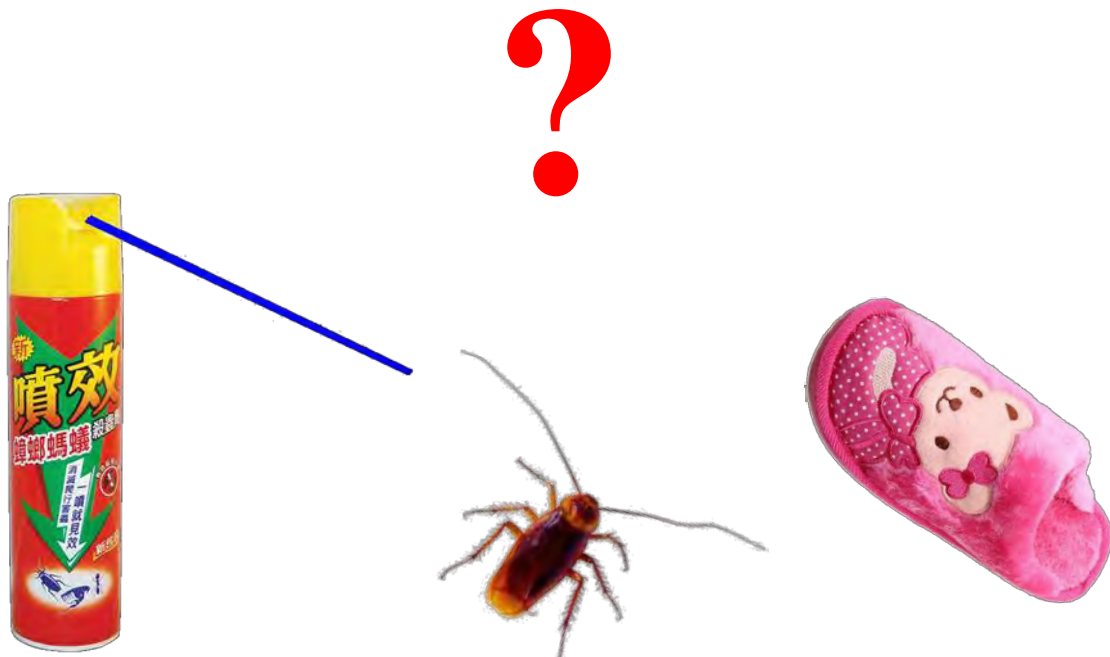
查尋文獻資料得知蟑螂並不耐高溫，實驗中發現蟑螂在 45°C 以上的熱水中就會死亡，因此我們測試各種電阻的發熱效果，從自製碳化物到鉛筆芯，發現電熱絲的發熱效果最穩定也最容易控制，因此最後以直徑 0.4mm 長度 10.2cm 的電熱絲製造即熱式噴頭。透過噴水器吸上冷水，即熱式噴頭迅速將冷水升溫成為熱水，再噴出熱水殺死蟑螂。

測試即熱式噴水器發現，在 20cm 以內都可以噴出 46°C 以上的熱水，實驗中的 5 隻大蟑螂分別噴 2~17 次全部死亡—效果非常好。我們希望後續能在美感設計、安全設計方面做改良，並且朝向專利申請及商品化來努力。

## 壹、 研究動機

哇！桌子下有蟑螂！趕快殺死牠…………層出不窮的蟑螂事件總是在上演。

家裡常見的蟑螂造成了我們生活上的困擾，並且使用過各種方法來消滅牠們，這些產品一開始很有效（蟑螂屋、一點絕…），但是過了一些日子，就因為蟑螂的學習、適應和演化能力而失去效果。曾經想過使用殺蟲劑或拖鞋，卻擔心化學藥劑與寄生蟲會危害我們的健康與環境。於是我們希望找出一種既方便、無毒又乾淨的殺死蟑螂的方法。



## 貳、研究目的

| 實驗項目       | 實驗名稱        | 目 的                 |
|------------|-------------|---------------------|
| 殺蟑探究       | 一. 殺蟑螂的探究   | 找出能撲殺蟑螂又對環境最乾淨無害的方式 |
|            | 二. 熱水殺蟑實驗   | 研究以熱水殺蟑螂所需的最低溫度     |
| 噴頭實驗       | 三. 噴頭的實驗    | 研究哪一種噴頭最符合實驗需求      |
|            | 四. 有效距離實驗   | 測試熱水在不同噴射距離的表現      |
|            | 五. 噴水量的實驗   | 測量噴頭每噴射一次的噴水量       |
| 加熱器材<br>實驗 | 六. 電源加熱實驗   | 找出輸出功率最大的供應電源       |
|            | 七. 各式筆芯電阻實驗 | 比較各種規格筆芯電阻的加熱效果     |
|            | 八. 筆芯長度電阻實驗 | 比較各種長度筆芯電阻的加熱效果     |
|            | 九. 筆芯粗細電阻實驗 | 比較各種粗細筆芯電阻的加熱效果     |
|            | 十. 電熱絲實驗    | 比較各種規格電熱絲的加熱效果      |
|            | 十一. 包覆材料實驗  | 找出能保護電熱絲氧化的材料       |
| 殺蟑器發展      | 十二. 設計熱水殺蟑器 | 方便請廠商製作加熱噴頭         |
|            | 十三. 製作即熱式噴頭 | 利用實驗數據製造出成品         |
| 效果測試       | 十四. 噴射測試實驗  | 測試即熱式殺蟑器噴射熱水的溫度表現   |
|            | 十五. 噴射蟑螂實驗  | 測試即熱式殺蟑器撲殺蟑螂的成效     |

### 叁、研究設備及器材

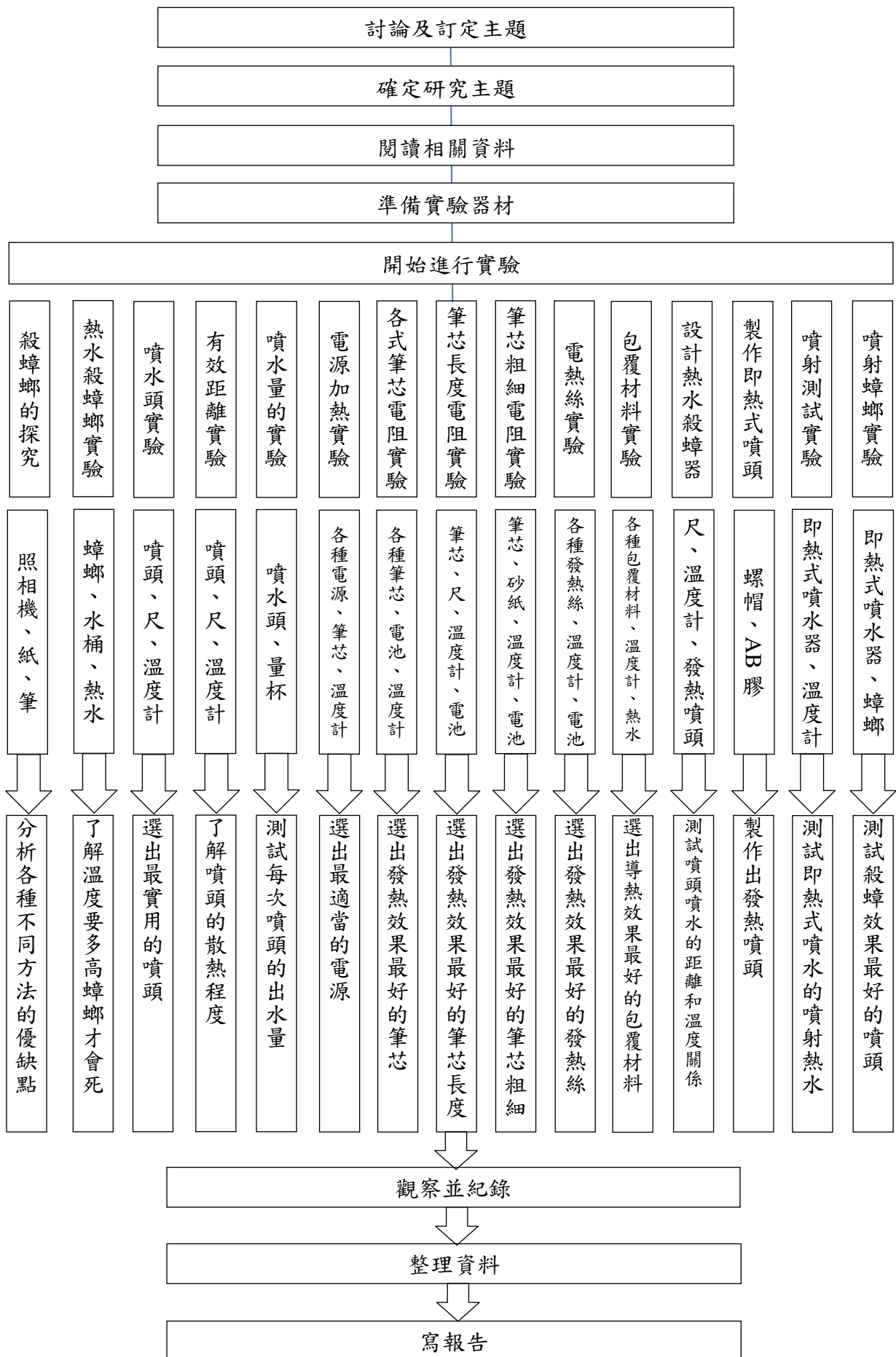
| 實驗項目       | 實驗名稱        | 實驗器材.材料           |
|------------|-------------|-------------------|
| 殺蟑探究       | 一. 殺蟑螂的探究   | 紙、筆               |
|            | 二. 熱水殺蟑實驗   | 蟑螂、水桶、熱水          |
| 噴頭實驗       | 三. 噴頭的實驗    | 噴頭、尺              |
|            | 四. 有效距離實驗   | 噴頭、溫度計、尺          |
|            | 五. 噴水量的實驗   | 噴頭、尺、量杯           |
| 加熱器材<br>實驗 | 六. 電源加熱實驗   | 各種電源、筆芯、溫度計       |
|            | 七. 各式筆芯電阻實驗 | 筆芯、電池、溫度計         |
|            | 八. 筆芯長度電阻實驗 | 筆芯、尺、溫度計、電池       |
|            | 九. 筆芯粗細電阻實驗 | 筆芯、砂紙、溫度計、電池      |
|            | 十. 電熱絲實驗    | 各種電熱絲、溫度計、電池、紙、筆  |
|            | 十一. 包覆材料實驗  | 各種包覆材料、電熱絲、溫度計、電池 |
| 殺蟑器發展      | 十二. 設計熱水殺蟑器 | 紙、筆、各種包覆材料、溫度計、熱水 |
|            | 十三. 製作即熱式噴頭 | 螺帽、AB 膠           |
| 效果測試       | 十四. 噴射測試實驗  | 發熱噴頭、蟑螂、DV        |
|            | 十五. 噴射蟑螂實驗  | 即熱式噴水器、蟑螂、DV      |

## 肆、相關課程與新聞議題

| 科目 | 學期  | 單元 | 單元名稱                       | 課程 |
|----|-----|----|----------------------------|----|
| 國語 | 6 下 | 四  | 走進原始雨林                     | 康軒 |
| 自然 | 6 下 | 三  | 生物與環境                      | 康軒 |
| 社會 | 6 下 | 四  | 我們的生態環境                    | 翰林 |
| 社會 | 6 下 | 四  | 環境課題                       | 康軒 |
| 國語 | 5 下 | 九  | 閃亮的山谷                      | 康軒 |
| 社會 | 5 上 | 二  | 自然環境                       | 康軒 |
| 自然 | 6 下 | 三  | 永續家園                       | 南一 |
| 綜合 | 5 下 | 五  | 環保行動派                      | 南一 |
| 健體 | 5 上 | 一  | 防災與環保                      | 南一 |
| 國語 | 5 下 | 十三 | 尊敬大地                       | 康軒 |
| 自然 | 5 下 | 三  | 熱的傳播與保溫<br>(熱是怎樣傳播的、保溫與散熱) | 康軒 |
| 自然 | 4 下 | 四  | 奇妙的電路<br>(電路與開關、電的應用)      | 康軒 |

| 媒體    | 最近的新聞議題               | 新聞日期      |
|-------|-----------------------|-----------|
| 自由電子報 | 蟑螂藥沒效?研究證實小強進化僅需 5 年  | 2013/5/24 |
| 中時電子報 | 物種進化 蟑螂愈來愈不愛吃糖了       | 2013/5/24 |
| 聯合新聞網 | 小強進化！不吃甜躲蟑螂藥          | 2013/5/24 |
| 中時電子報 | 不吃甜躲毒餌 小強突變更聰明        | 2013/5/25 |
| 奇摩新聞  | 不吃甜躲毒餌 小強突變更聰明        | 2013/5/25 |
| 優活健康網 | 打不死的蟑螂！小強進化不吃「甜」      | 2013/5/27 |
| 奇摩新聞  | 打不死的蟑螂！小強進化不吃「甜」      | 2013/5/27 |
| 今日新聞  | 小強對蟑螂藥免疫 5 年進化 1 次不吃甜 | 2013/5/27 |
| 東方日報  | 滴滴金：「小強」比人類頑強         | 2013/5/28 |

## 伍、研究過程或方法



## 陸、研究結果

### 一. 殺蟑探究—殺蟑螂的探究

1. 收集、並討論各種殺死蟑螂的方法
2. 分析各種不同方法的優缺點



圖 1-1 大賣場的殺蟲劑

| 方式     | 優點       | 缺點                  | 乾淨評比 |
|--------|----------|---------------------|------|
| 拖鞋     | 一打就死     | 會噴出不乾淨的體液(筒線蟲)      | 2    |
| 丟進馬桶   | 看不到蟑螂屍體  | 有可能再爬上來             | 3    |
| 殺蟲劑    | 可即時殺死蟑螂  | 化學物質汙染食物和環境         | 6    |
| 蟑螂屋    | 可以把蟑螂黏住  | 成年蟑螂有學習能力,需要時常清理蟑螂屋 | 5    |
| 蟑愛呷    | 蟑螂會傳播死亡  | 久了蟑螂會有免疫力           | 7    |
| 潑熱水(勝) | 一潑就燙死    | 臨時拿熱水不方便、容易積一大攤水    | 8    |
| 電蚊拍    | 會電死小型蟑螂  | 對大型蟑螂會有困難           | 1    |
| 泡沫塗腹部  | 可以殺死蟑螂   | 抓蟑螂困難               | 2    |
| 長頸玻璃瓶  | 蟑螂爬出來很困難 | 準備過程並不方便            | 4    |
| 硼酸擦地板  | 可以殺死蟑螂   | 小朋友不小心吃到會中毒         | 1    |



圖 1-2 拖鞋打蟑螂筒線蟲外竄



圖 1-3 蟑螂躲到壁虎身上(有學習能力)

用熱水殺蟑螂是最具環保效益也是最乾淨的方法



## 二. 殺蟑探究—熱水殺蟑實驗

1. 準備一桶熱水、一桶冷水和一個空水桶
2. 調整不同溫度的水(21℃、34℃、37℃、42℃、43℃、44℃、45℃) 倒到水桶內
3. 輪流放入活昆蟲到水桶內，3 秒鐘後立刻拿起來
4. 觀察並記錄昆蟲的活動情形。



圖 2-1 一隻德國小蠊被同伴吃掉了

| 水溫      | 德國小蠊    | 蠹魚       | 麵包蟲    | 德國小蠊   |
|---------|---------|----------|--------|--------|
| 21℃     | 活       | 活        | 活      | 活      |
| 34℃     | 活、活、活   | 活、活、活    | 活、活、活  | 活、活、活  |
| 37℃     | 活、活、活   | 活、活、活    | 活、活、活  | 活、活、活  |
| 42℃     | 假死、活、假死 | 活、活、活    | 活、活、活  | 活、活、活  |
| 45℃ (死) | 死、死、死、死 | 死、死、死    | 假死、死、死 | 死、死    |
| 44℃     | 死、死     | 假死、假死、假死 | 活、活、死  | 死、死、假死 |
| 43℃     | 死、死、死   | 活、活、活    | 活、活、活  | 活、活、活  |
| 環境溫度    | 室溫 26℃  | 室溫 15℃   | 室溫 15℃ | 室溫 15℃ |



圖 2-1 蟑螂放入 44℃ 水中



圖 2-2 蟑螂放入 45℃ 水中

45℃ 以上的熱水即可殺死蟑螂



### 三. 噴頭實驗—噴頭的實驗

1. 選購五種噴水頭
2. 分別測量不同方面的表現（射程、範圍、溫度下降）功能
3. 討論操縱與使用的便利性

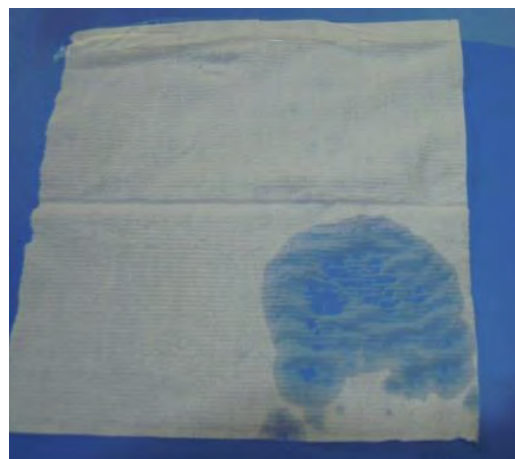


圖 3-1 用顏色差異判斷噴水範圍






| 編號 1  | 編號 2  | 編號 3  | 編號 4   | 編號 5  |
|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  |  |
| 編號  | 噴水射程  | 噴水範圍  | 溫度下降比較   | 優缺點   |
| 1   | 達 270 公分 (勝)  | 7 公分  | 85°C → 漏水失敗  | 可以放在寶特瓶 (勝)   |
| 2   | 達 270 公分 (勝)  | 8.5 公分 (勝)  | 85°C → 60°C (勝)  | 需要一直打氣不好用   |
| 3 (勝)   | 達 270 公分 (勝)  | 11 公分 (勝)   | 85°C → 53°C (勝)  | 可以放在寶特瓶 (勝)   |
| 4   | 達 270 公分 (勝)  | 4 公分  | 85°C → 49°C  | 可以放在寶特瓶 (勝)   |
| 5   | 達 270 公分 (勝)  | 使用太多, 壞掉  | 85°C → 46°C  | 可以放在寶特瓶 (勝)   |



圖 3-2 溫度測試中



圖 3-3 溫度下降的比較

3 號噴頭最好，之後的噴水器實驗都以 3 號噴頭來進行

#### 四. 噴頭實驗—有效距離實驗

- 1.在廁所準備 80℃的熱水。
- 2 噴射頭前方 30 公分放溫度計. 持續噴射溫度計直到溫度不能再升高為止。
- 3.持續進行實驗二直到距離 120 公分為止。

| 距離     | 溫度  |     |     | 平均   |
|--------|-----|-----|-----|--|
|        | 第一次 | 第二次 | 第三次 |  |
| 120 公分 | 35℃ | 34℃ | 34℃ | 34.3℃  |
| 110 公分 | 38℃ | 36℃ | 36℃ | 36.7℃  |
| 100 公分 | 41℃ | 38℃ | 37℃ | 38.7℃  |
| 90 公分  | 43℃ | 41℃ | 39℃ | 41℃  |
| 80 公分  | 45℃ | 42℃ | 40℃ | 42.3℃  |
| 70 公分  | 46℃ | 45℃ | 43℃ | 44.7℃  |
| 60 公分  | 47℃ | 47℃ | 46℃ | 46.7℃ <span style="border: 1px solid red; color: red;">達到</span> |
| 50 公分  | 49℃ | 48℃ | 49℃ | 48.7℃ <span style="border: 1px solid red; color: red;">達到</span> |
| 40 公分  | 50℃ | 51℃ | 53℃ | 51.3℃ <span style="border: 1px solid red; color: red;">達到</span> |
| 30 公分  | 52℃ | 54℃ | 56℃ | 54.0℃ <span style="border: 1px solid red; color: red;">達到</span> |



圖 4-1 用毛巾保持熱水的高溫



圖 4-2 噴射溫度計的玻璃泡

以 80℃的熱水噴射時，有效距離是 80 公分以內

## 五. 噴頭實驗—噴水量的實驗

1. 找一個 10cc 的容器(藥水杯子)並用奇異筆描出 10cc 的位置。
2. 用噴水器持續噴到 10cc 為止,紀錄噴射的次數後再計算噴水頭每次的噴射量。  
(噴水頭每次的噴射量=噴射的次數/10)
3. 重複上述實驗 3 次(每次實驗前先將噴水頭擦拭乾淨)再算總平均值。

| 實驗  | 噴 10cc 的次數(次) | 每噴一次平均水量(c.c) |
|-----|---------------|---------------|
| 第一次 | 11            | 0.9           |
| 第二次 | 10            | 1             |
| 第三次 | 10            | 1             |
| 平均  | 10.3.         | 0.98          |



圖 5-1 在 10 cc.的刻度畫上黑線



圖 5-2 計算需要 10 cc.的噴射次數

3 號噴頭平均每次噴出水量為 0.98 cc

## 六. 加熱器材實驗－電源加熱實驗

1. 準備不同種類的電源和 2mm 的 2B 筆芯
2. 鱷魚夾正負兩端相隔五公分夾住筆芯，另一邊接電源的正負極
3. 在筆芯上以紅外線溫度計，測量與記錄每五秒紅外線溫度計顯示的溫度
4. 測量各種電源的電流、負載、空載電壓、空載電阻和  $I^2R$ (表 6-1)
5. 利用上表計算出個電池的內阻與電壓，推估各種電源在不同電阻的功率(圖 6-2)

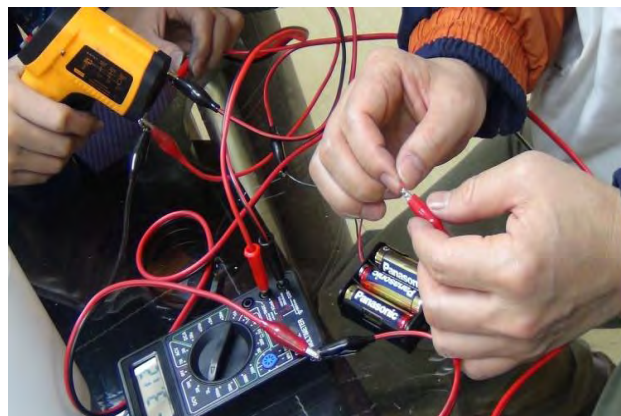


圖 6-1 進行溫度、電壓、電流測量

表 6-1 電源加熱紀錄

|                    | 電壓   |      | 電流   | $I^2R$ | 筆芯電阻 |     | 溫度   |      |      |      |      |      |
|--------------------|------|------|------|--------|------|-----|------|------|------|------|------|------|
|                    | 空載   | 負載   |      |        | 負載   | 空載  | 5 秒  | 10 秒 | 15 秒 | 20 秒 | 25 秒 | 30 秒 |
| 碳鋅電池 x4            | 6.37 | 2.66 | 1.8  | 4.79   | 1.48 | 2.1 | 28.4 | 32.5 | 34   | 36.3 | 36.8 | 37.4 |
| Panasonic 大電流電池 x4 | 5.92 | 3.19 | 2.25 | 7.18   | 1.42 | 2.1 | 31.2 | 41.7 | 46.9 | 59.2 | 61.6 | 62.4 |
| 金頂鹼性電池 x4          | 6.37 | 3.11 | 2.22 | 6.90   | 1.40 | 2.1 | 36.3 | 35   | 48.2 | 55.4 | 52.7 | 60   |
| 勁量鹼性電池 x4          | 6.42 | 3.47 | 2.51 | 8.71   | 1.38 | 2.1 | 36.9 | 49.1 | 53.2 | 65.3 | 65.7 | 68.5 |
| 鎳氫電池 x4            | 5.45 | 3.79 | 2.82 | 10.69  | 1.34 | 2.1 | 41.7 | 47.2 | 58.9 | 66.5 | 72.5 | 73.5 |
| 鋰電池 18650x1        | 4.2  | 3.35 | 2.42 | 8.11   | 1.38 | 2.1 | 35.5 | 46   | 53   | 56.9 | 62.2 | 67.6 |
| 定電壓電源 x1           | 5.05 | 1.62 | 1.17 | 1.90   | 1.38 | 2.1 | 29.2 | 31.9 | 33.8 | 35.1 | 34.4 | 36   |

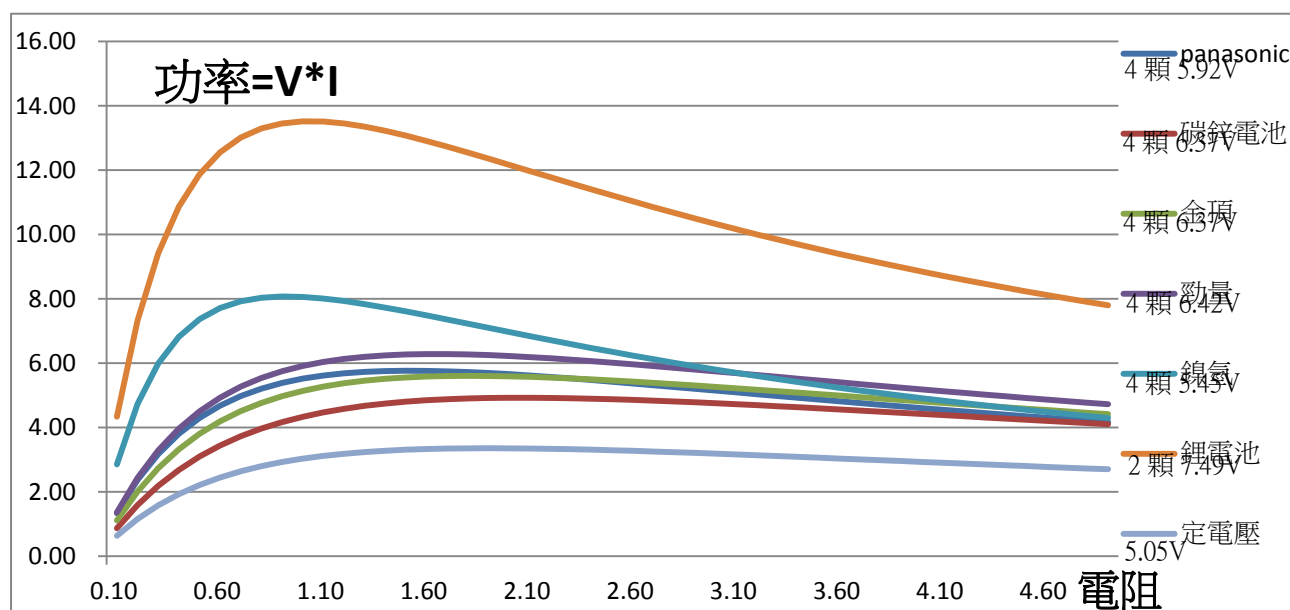


圖 6-2 電源功率預測分析圖

鋰電池的效能最好，之後實驗都選擇鋰電池來進行



## 七. 加熱器材實驗－各式筆芯電阻實驗

1. 準備雄獅牌各種素描筆芯
2. 把四顆 Panasonic 大電流鹼性電池裝到電池座上
3. 用鱷魚夾相隔五公分夾住筆芯，另一端接上電池，以紅外線溫度計測試與紀錄每五秒鐘溫度計顯示的溫度
4. 測量各種筆芯的電流、電壓和空載電阻
5. 用歐姆定律算出負載電阻和功率



圖 7-1 幫各種筆芯貼上標籤

表 7-1 筆芯電阻實驗紀錄

|                         |    | 電壓(V) |      | 電流<br>(A) | $I^2R$ | 電阻( $\Omega$ ) |     | 溫度   |      |      |      |      |      |
|-------------------------|----|-------|------|-----------|--------|----------------|-----|------|------|------|------|------|------|
|                         |    | 空載    | 負載   |           |        | 負載             | 空載  | 5 秒  | 10 秒 | 15 秒 | 20 秒 | 25 秒 | 30 秒 |
| 2mm<br>筆芯<br><br>長 5 公分 | 1B | 5.71  | 4.39 | 1.19      | 5.23   | 3.69           | 4.0 | 28.5 | 39.2 | 44.9 | 52.4 | 58.8 | 62.5 |
|                         | 2B | 5.92  | 3.19 | 2.25      | 7.19   | 1.42           | 2.2 | 33.4 | 43.6 | 52   | 59   | 63.9 | 68.2 |
|                         | 3B | 5.77  | 3.85 | 1.65      | 6.56   | 2.33           | 3.1 | 24.8 | 32.4 | 37.1 | 50.6 | 59.3 | 78.3 |
|                         | 4B | 5.69  | 3.24 | 2.22      | 7.20   | 1.46           | 2.1 | 26.9 | 34.6 | 41.1 | 47.7 | 54.7 | 56   |
|                         | 5B | 5.67  | 2.48 | 3.05      | 7.54   | 0.81           | 1.6 | 27.5 | 35.4 | 39.8 | 50.5 | 57.4 | 67.2 |
|                         | 6B | 5.66  | 3.18 | 2.14      | 6.82   | 1.49           | 2.1 | 27.9 | 36.9 | 42.2 | 48.1 | 52.6 | 56.7 |
|                         | 7B | 5.7   | 1.98 | 2.85      | 5.60   | 0.69           | 1.2 | 27.9 | 38.5 | 45.4 | 51.1 | 54.8 | 57.8 |
|                         | 8B | 6.19  | 2.11 | 3.31      | 7.01   | 0.64           | 1.4 | 27.5 | 32.2 | 34.9 | 37.6 | 41.9 | 43   |

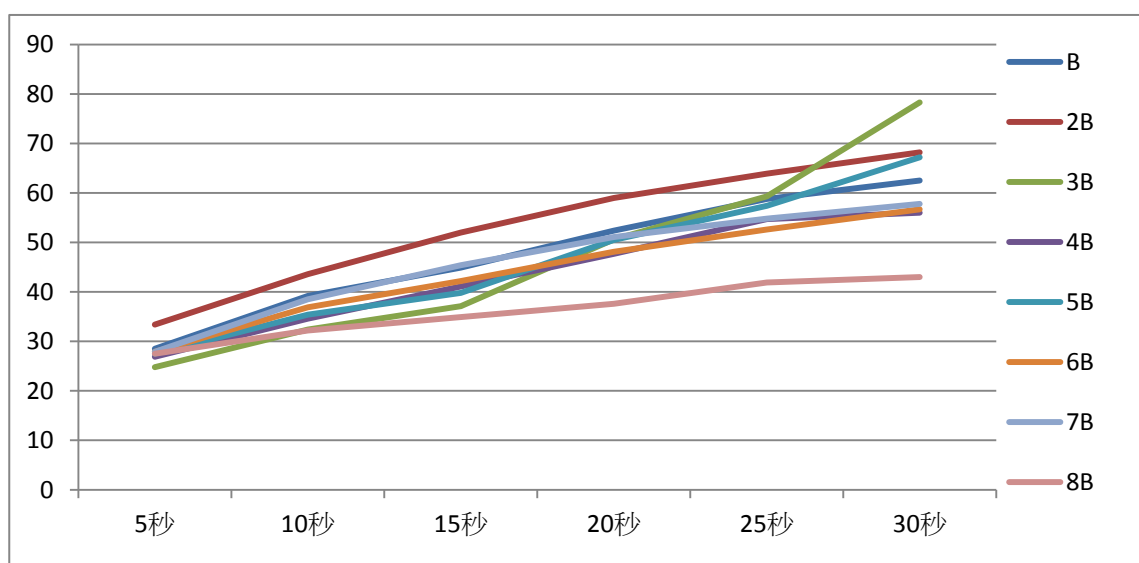


圖 7-2 筆芯電阻實驗折線圖

筆芯雜質多電阻不穩定，放棄用筆芯加熱水源

## 八. 加熱器材實驗－筆芯長度電阻實驗

1. 準備 2mm 直徑的 3B 筆芯。
2. 在電池座上裝上四顆 panasonic 大電流鹼性電池。
3. 用鱷魚夾相隔五公分夾住筆芯，另一端接上電池，以紅外線溫度計測量，並測試與紀錄每五秒鐘溫度計顯示的溫度。
4. 測量不同長度，直徑 2mm 的 3B 筆芯的電流、電壓和空載電阻(可以用鋁箔紙短路，達到縮短距離的效果)。
5. 用歐姆定律算出負載電阻，並以  $I^2R$  計算出功率值。



圖 8-1 登錄實驗數據

表 8-1 筆芯長度電阻紀錄

|                 |      | 電壓   |      | 電流   | $I^2R$ | 電阻   |     | 溫度   |      |       |       |       |       |
|-----------------|------|------|------|------|--------|------|-----|------|------|-------|-------|-------|-------|
|                 |      | 空載   | 負載   |      |        | 負載   | 空載  | 5 秒  | 10 秒 | 15 秒  | 20 秒  | 25 秒  | 30 秒  |
| 2mm<br>3B<br>筆芯 | 15mm | 5.78 | 2.87 | 3.07 | 8.81   | 0.93 | 1.9 | 56.2 | 73.4 | 72.6  | 80.6  | 80.1  | 85.9  |
|                 | 20mm | 5.77 | 3.26 | 2.44 | 7.95   | 1.34 | 2.1 | 61.5 | 78.2 | 90.3  | 96    | 102.9 | 106.7 |
|                 | 25mm | 5.83 | 3.42 | 2.58 | 8.82   | 1.33 | 2.0 | 53.5 | 71.3 | 91.4  | 92.2  | 95.1  | 115.7 |
|                 | 30mm | 6.01 | 3.76 | 2.45 | 9.21   | 1.53 | 2.2 | 51.1 | 61.2 | 80.7  | 89.2  | 91.8  | 109.1 |
|                 | 35mm | 6.10 | 4.01 | 2.25 | 9.02   | 1.78 | 2.5 | 60.4 | 81.6 | 101.7 | 109.8 | 114.8 | 121.4 |
|                 | 40mm | 6.24 | 4.16 | 2.18 | 9.07   | 1.91 | 2.7 | 47   | 65.2 | 88.9  | 100.9 | 109.7 | 115   |
|                 | 45mm | 6.1  | 4.15 | 1.98 | 8.22   | 2.10 | 2.9 | 40.9 | 70.8 | 98.1  | 100.4 | 104.2 | 109   |
|                 | 50mm | 6.12 | 4.35 | 1.85 | 8.05   | 2.35 | 3.2 | 30   | 46.1 | 46.4  | 81.1  | 93.4  | 100.4 |
|                 | 55mm | 6.44 | 4.44 | 1.8  | 7.99   | 2.47 | 3.4 | 34.9 | 46.2 | 54.7  | 69.6  | 78.7  | 88.1  |

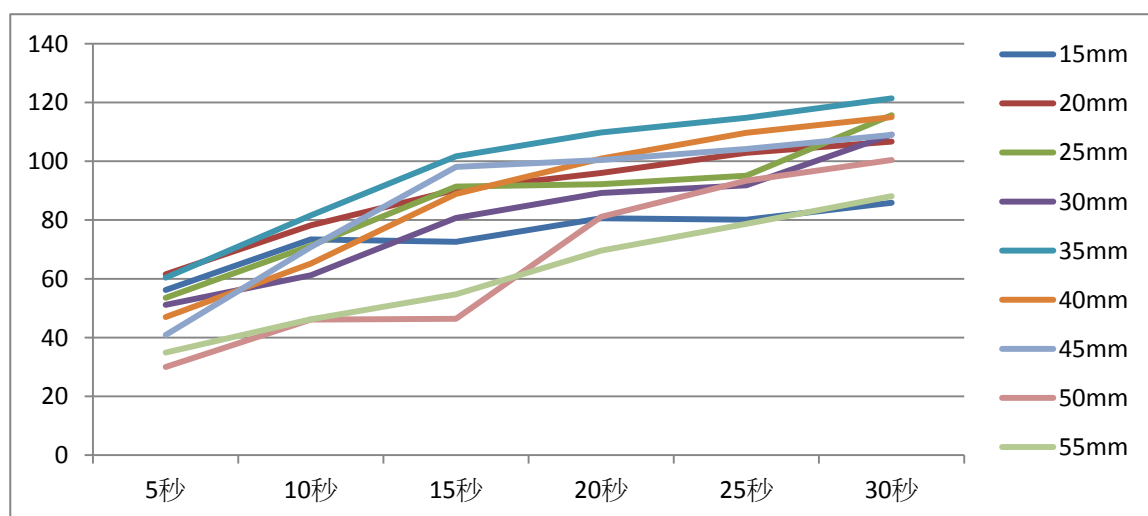


圖 8-2 筆芯長度電阻分析

筆芯越短電阻越低，升溫較快

## 九. 加熱器材實驗－筆芯粗細電阻實驗

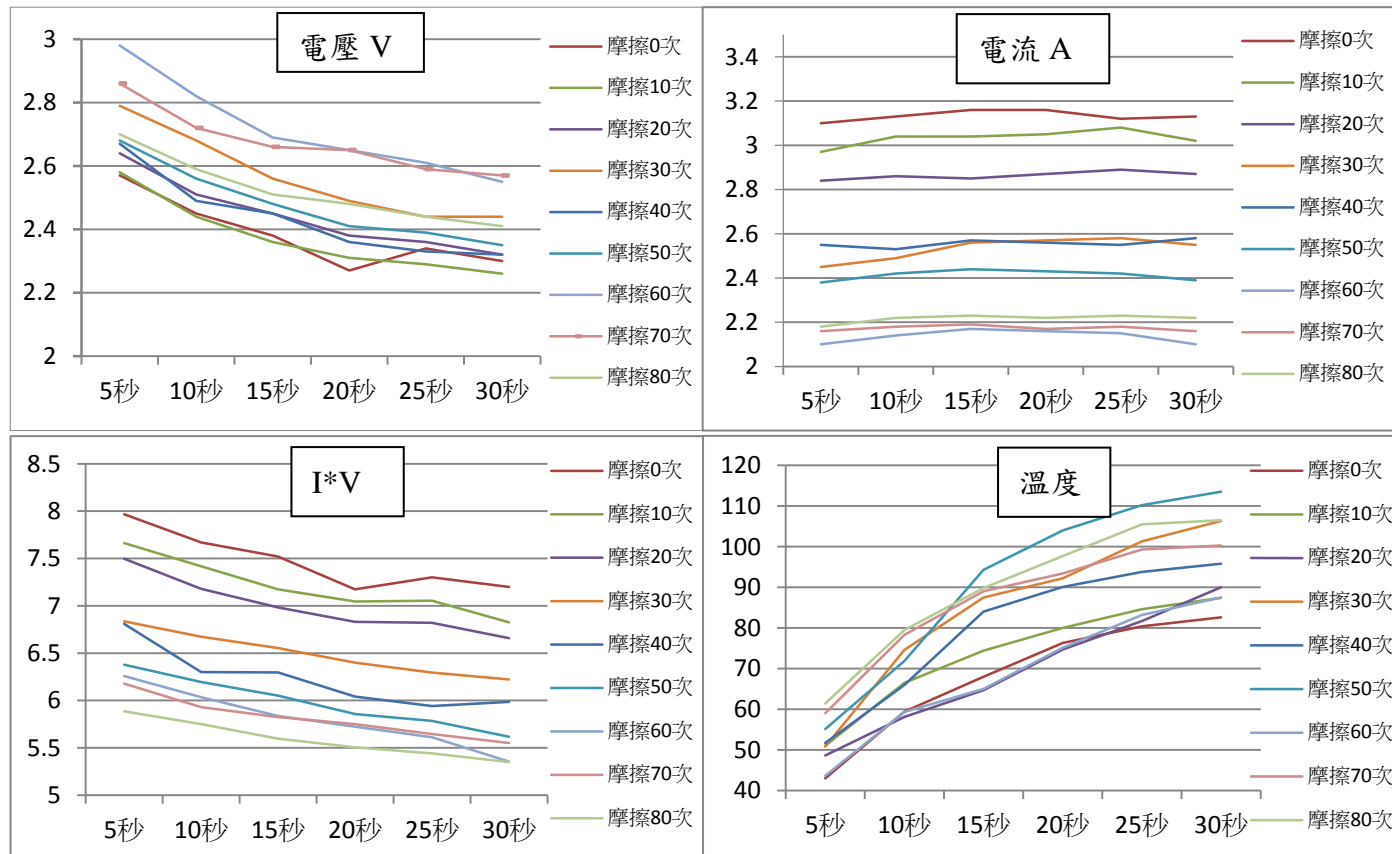
1. 同上述實驗步驟。
2. 每 5 秒測一次溫度、電壓、電流，直到第 30 秒為止。
3. 每做一次實驗前，用砂紙將筆芯摩擦 10 次。



圖 9-1 電壓、電流、溫度測量

表 9-1 筆芯長度電阻紀錄

| 2mm 筆芯<br>長 20mm |  |      | 空載<br>電壓 | 負 載  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |      |       |
|------------------|--|------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|
|                  |  |      |          | 5 秒  |      |      | 10 秒 |      |      | 15 秒 |      |      | 20 秒 |      |      | 25 秒 |      |       | 30 秒 |      |       |
|                  |  |      |          | V    | A    | T    | V    | A    | T    | V    | A    | T    | V    | A    | T    | V    | A    | T     | V    | A    | T     |
| 空燒<br>摩<br>擦     | 0<br>次<br>10<br>次<br>20<br>次<br>30<br>次<br>40<br>次<br>50<br>次<br>60<br>次<br>70<br>次<br>80<br>次 | 0 次  | 6.17     | 2.57 | 3.1  | 43   | 2.45 | 3.13 | 59.4 | 2.38 | 3.16 | 68   | 2.27 | 3.16 | 76.3 | 2.34 | 3.12 | 80.4  | 2.3  | 3.13 | 82.6  |
|                  |  | 10 次 | 6.01     | 2.58 | 2.97 | 51   | 2.44 | 3.04 | 66.5 | 2.36 | 3.04 | 74.4 | 2.31 | 3.05 | 80   | 2.29 | 3.08 | 84.6  | 2.26 | 3.02 | 87.4  |
|                  |  | 20 次 | 5.89     | 2.64 | 2.84 | 48.6 | 2.51 | 2.86 | 58.1 | 2.45 | 2.85 | 64.7 | 2.38 | 2.87 | 74.7 | 2.36 | 2.89 | 81.7  | 2.32 | 2.87 | 90    |
|                  |  | 30 次 | 5.75     | 2.79 | 2.45 | 50.8 | 2.68 | 2.49 | 74.6 | 2.56 | 2.56 | 87.5 | 2.49 | 2.57 | 92.2 | 2.44 | 2.58 | 101.3 | 2.44 | 2.55 | 106.3 |
|                  |  | 40 次 | 5.6      | 2.67 | 2.55 | 51.7 | 2.49 | 2.53 | 66   | 2.45 | 2.57 | 84   | 2.36 | 2.56 | 90.1 | 2.33 | 2.55 | 93.8  | 2.32 | 2.58 | 95.8  |
|                  |  | 50 次 | 5.77     | 2.68 | 2.38 | 55.1 | 2.56 | 2.42 | 71.9 | 2.48 | 2.44 | 94.3 | 2.41 | 2.43 | 104  | 2.39 | 2.42 | 110.2 | 2.35 | 2.39 | 113.5 |
|                  |  | 60 次 | 5.65     | 2.98 | 2.1  | 43.6 | 2.82 | 2.14 | 59.4 | 2.69 | 2.17 | 65   | 2.65 | 2.16 | 75.1 | 2.61 | 2.15 | 83.2  | 2.55 | 2.1  | 87.5  |
|                  |  | 70 次 | 5.68     | 2.86 | 2.16 | 59   | 2.72 | 2.18 | 78.3 | 2.66 | 2.19 | 89   | 2.65 | 2.17 | 93.4 | 2.59 | 2.17 | 99.3  | 2.57 | 2.16 | 100.3 |
|                  |  | 80 次 | 5.58     | 2.7  | 2.18 | 61.4 | 2.59 | 2.22 | 79.5 | 2.51 | 2.23 | 89.8 | 2.48 | 2.22 | 97.7 | 2.44 | 2.23 | 105.5 | 2.41 | 2.22 | 106.5 |



筆芯摩擦次數越多，電阻越大



## 十. 加熱器材實驗－電熱絲實驗

1. 比較五種不同的電熱絲。
2. 以錄影方式,每5秒鐘記錄一次電壓,電流,電阻
3. 再計算出不同功率,並討論

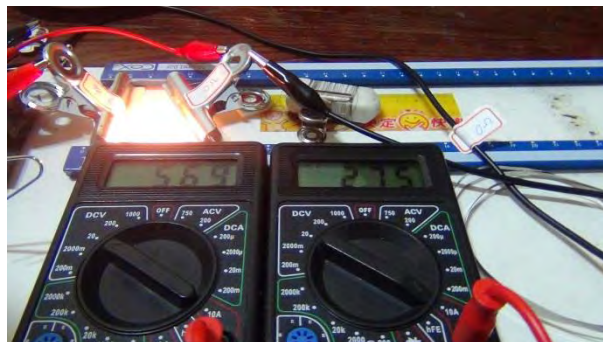


圖 10-1 電熱絲通電

| 0.2mm 圓電熱絲 |       |      |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |
|------------|-------|------|------|------|----------------|----------------|------|------|----------------|----------------|------|------|----------------|----------------|------|------|----------------|----------------|------|------|----------------|----------------|------|------|----------------|----------------|------|------|
| 電熱絲電阻      | 電熱絲長度 | 空載電壓 | 電壓消耗 | 迴路電阻 | 負載             |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |
|            |       |      |      |      | 5 秒            |                |      |      | 10 秒           |                |      |      | 15 秒           |                |      |      | 20 秒           |                |      |      | 25 秒           |                |      |      | 30 秒           |                |      |      |
|            |       |      |      |      | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  |
| 0.25       | 0.4   | X    | #### | #### |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |
| 0.5        | 0.6   | X    | #### | #### |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |
| 0.75       | 0.9   | X    | #### | #### |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |
| 1          | 1.4   | X    | #### | #### |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |
| 1.25       | 1.9   | X    | #### | #### |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |
| 1.5        | 2.5   | X    | #### | #### |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |
| 1.75       | 3.1   | X    | #### | #### |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |
| 2          | 3.6   | 7.9  | 1.78 | 0.29 | 6.14           | 6.21           | 0.99 | 38.1 | 6.13           | 2.58           | 2.38 | 15.8 | 發光並燒斷          |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |
| 2.25       | 4.1   | 7.89 | 1.61 | 0.67 | 6.28           | 2.4            | 2.62 | 15.1 | 6.26           | 2.36           | 2.65 | 14.8 | 6.23           | 2.35           | 2.65 | 14.6 | 6.20           | 2.34           | 2.65 | 14.5 | 6.18           | 2.33           | 2.65 | 14.4 | 6.17           | 2.33           | 2.65 | 14.4 |
| 0.4mm 圓電熱絲 |       |      |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |
| 電熱絲電阻      | 電熱絲長度 | 空載電壓 | 電壓消耗 | 迴路電阻 | 負載             |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |
|            |       |      |      |      | 5 秒            |                |      |      | 10 秒           |                |      |      | 15 秒           |                |      |      | 20 秒           |                |      |      | 25 秒           |                |      |      | 30 秒           |                |      |      |
|            |       |      |      |      | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  |
| 0.25       | 0.5   | 7.83 | #### | #### | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      |
| 0.5        | 3.8   | 7.83 | #### | #### | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      |
| 0.75       | 6.3   | 7.78 | 5.04 | 0.73 | 2.74           | 6.88           | 0.4  | 18.9 | 2.65           | 6.71           | 0.39 | 17.8 | 2.49           | 6.36           | 0.39 | 15.8 | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      |
| 1          | 10.2  | 8    | 2.94 | 0.62 | 5.06           | 4.76           | 1.06 | 24.1 | 5.02           | 4.75           | 1.06 | 23.8 | 4.92           | 4.66           | 1.06 | 22.9 | 4.9            | 4.64           | 1.06 | 22.7 | 4.82           | 4.58           | 1.05 | 22.1 | 4.78           | 4.53           | 1.06 | 21.7 |
| 1.25       | 13.4  | 8.11 | 2.81 | 0.62 | 5.3            | 4.5            | 1.18 | 23.9 | 5.20           | 4.48           | 1.16 | 23.3 | 5.13           | 4.44           | 1.16 | 22.8 | 5.07           | 4.41           | 1.15 | 22.4 | 5.00           | 4.36           | 1.15 | 21.8 | 4.96           | 4.29           | 1.16 | 21.3 |
| 1.5        | 16.2  | 8.19 | 2.31 | 0.61 | 5.88           | 3.77           | 1.56 | 22.2 | 5.77           | 3.69           | 1.56 | 21.3 | 5.70           | 3.67           | 1.55 | 20.9 | 5.65           | 3.65           | 1.55 | 20.6 | 5.61           | 3.62           | 1.55 | 20.3 | 5.56           | 3.60           | 1.54 | 20   |
| 1.75       | 19    | 8.28 | 2.1  | 0.63 | 6.18           | 3.31           | 1.87 | 20.5 | 6.11           | 3.28           | 1.86 | 20   | 6.07           | 3.27           | 1.86 | 19.8 | 6.03           | 3.28           | 1.84 | 19.8 | 5.98           | 3.26           | 1.83 | 19.5 | 5.96           | 3.24           | 1.84 | 19.3 |
| 2          | 21.5  | 8.36 | 1.98 | 0.64 | 6.38           | 3.09           | 2.06 | 19.7 | 6.31           | 3.06           | 2.06 | 19.3 | 6.27           | 3.05           | 2.06 | 19.1 | 6.22           | 3.04           | 2.05 | 18.9 | 6.19           | 3.02           | 2.05 | 18.7 | 6.15           | 3.01           | 2.04 | 18.5 |
| 0.5mm 圓電熱絲 |       |      |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |
| 電熱絲電阻      | 電熱絲長度 | 空載電壓 | 電壓消耗 | 迴路電阻 | 負載             |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |
|            |       |      |      |      | 5 秒            |                |      |      | 10 秒           |                |      |      | 15 秒           |                |      |      | 20 秒           |                |      |      | 25 秒           |                |      |      | 30 秒           |                |      |      |
|            |       |      |      |      | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  |
| 0.25       | 1     | 7.82 | #### | #### | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      |
| 0.5        | 5.3   | 7.82 | #### | #### | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      |
| 0.75       | 8.6   | 7.82 | #### | #### | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      | 發光並燒斷          |                |      |      |
| 1          | 12.6  | 7.82 | 3.15 | 0.64 | 4.67           | 4.9            | 0.95 | 22.9 | 4.60           | 4.78           | 0.96 | 22   | 4.53           | 4.77           | 0.95 | 21.6 | 4.5            | 4.63           | 0.97 | 20.8 | 4.98           | 4.50           | 1.11 | 22.4 | 4.34           | 4.51           | 0.96 | 19.6 |
| 1.25       | 16.4  | 7.93 | 2.87 | 0.67 | 5.06           | 4.26           | 1.19 | 21.6 | 4.99           | 4.12           | 1.21 | 20.6 | 4.93           | 4.08           | 1.21 | 20.1 | 4.87           | 4.03           | 1.21 | 19.6 | 4.83           | 4.00           | 1.21 | 19.3 | 4.78           | 3.96           | 1.21 | 18.9 |
| 1.5        | 21.1  | 7.93 | 2.38 | 0.62 | 5.55           | 3.84           | 1.45 | 21.3 | 5.49           | 3.74           | 1.47 | 20.5 | 5.45           | 3.68           | 1.48 | 20.1 | 5.42           | 3.61           | 1.5  | 19.6 | 5.34           | 3.59           | 1.49 | 19.2 | 5.32           | 3.56           | 1.49 | 18.9 |
| 1.75       | 27.6  | 8    | 2.02 | 0.64 | 5.98           | 3.16           | 1.89 | 18.9 | 5.94           | 3.10           | 1.92 | 18.4 | 5.86           | 3.04           | 1.93 | 17.8 | 5.85           | 3.03           | 1.93 | 17.7 | 5.83           | 3.01           | 1.94 | 17.5 | 5.78           | 3.00           | 1.93 | 17.3 |
| 2          | 31.5  | 8.1  | 2.06 | 0.7  | 6.04           | 2.96           | 2.04 | 17.9 | 6.02           | 2.92           | 2.06 | 17.6 | 5.98           | 2.90           | 2.06 | 17.3 | 5.97           | 2.89           | 2.07 | 17.3 | 5.93           | 2.88           | 2.06 | 17.1 | 5.91           | 2.87           | 2.06 | 17   |
| 2.25       | 33    | 8.17 | 2.48 | 0.71 | 5.69           | 3.51           | 1.62 | 20   | 5.62           | 3.47           | 1.62 | 19.5 | 5.61           | 3.49           | 1.61 | 19.6 | 5.53           | 3.4            | 1.63 | 18.8 | 5.48           | 3.37           | 1.63 | 18.5 | 5.40           | 3.31           | 1.63 | 17.9 |
| 2mm 扁電熱絲   |       |      |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |
| 電熱絲電阻      | 電熱絲長度 | 空載電壓 | 電壓消耗 | 迴路電阻 | 負載             |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |
|            |       |      |      |      | 5 秒            |                |      |      | 10 秒           |                |      |      | 15 秒           |                |      |      | 20 秒           |                |      |      | 25 秒           |                |      |      | 30 秒           |                |      |      |
|            |       |      |      |      | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  | V <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> | R    | V*A  |
| 0.25       | 1.6   | X    | #### | #### |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |
| 0.5        | 9.1   | X    | #### | #### |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |
| 0.75       | 15.1  | X    | #### | #### |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |                |                |      |      |
| 1          | 20.2  | 8.08 | 3.3  | 0.68 | 4.78           | 4.84           | 0.99 | 23.1 | 4.79           | 4.85           | 0.99 | 23.2 | 4.70           | 4.77           | 0.99 | 22.4 | 4.65           | 4.72           | 0.99 | 21.9 | 4.58           | 4.62           | 0.99 | 21.2 | 4.51           | 4.63           | 0.97 | 20.9 |
| 1.25       | 27.3  | 8.19 | 2.85 | 0.7  | 5.34           | 4.05           | 1.32 | 21.6 | 5.29           | 3.98           | 1.33 | 21.1 | 5.22           | 3.91           | 1.34 | 20.4 | 5.15           | 3.88           | 1.33 | 20   | 5.10           | 3.85           | 1.33 | 19.5 | 5.05           | 3.80           | 1.33 | 19.2 |
| 1.5        | 35.4  | 8.25 | 2.4  | 0.67 | 5.85           | 3.59           | 1.63 | 21   | 5.81           | 3.52           | 1.65 | 20.5 | 5.78           | 3.52           | 1.64 | 20.3 | 5.73           | 3.48           | 1.65 | 19.9 | 5.69           | 3.45           | 1.65 | 19.6 | 5.66           | 3.44           | 1.65 | 19.5 |
| 1.75       | 40.2  | 8.38 | 2.35 | 0.73 | 6.03           | 3.22           | 1.87 | 19.4 | 6.02           | 3.19           | 1.89 | 19.2 | 6.02           | 3.20           | 1.88 | 19.3 | 5.98           | 3.18           | 1.88 | 19   | 5.99           | 3.16           | 1.9  | 18.9 | 5.91           | 3.15           | 1.88 | 18.6 |
| 2          | 44.3  | 7.61 | 1.83 | 0.63 | 5.78           | 2.92           | 1.98 | 16.9 | 5.76           | 2.89           | 1.99 | 16.6 | 5.73           | 2.88           | 1.99 | 16.5 | 5.70           | 2.86           | 1.99 | 16.3 | 5.68           | 2.85           | 1.99 | 16.2 | 5.66           | 2.84           | 1.99 | 16.1 |
| 2.25       | 50.6  | 7.68 | 1.55 | 0.58 | 6.13           | 2.66           | 2.3  | 16.3 | 6.06           | 2.62           | 2.31 | 15.9 | 6.01           | 2.60           | 2.31 | 15.6 | 5.98           | 2.58           | 2.32 | 15.4 | 5.93           | 2.56           | 2.32 | 15.2 | 5.90           | 2.55           | 2.31 | 15   |

選用直徑 0.4mm 長 10.2cm 電阻值為一歐姆的電熱絲

## 十一. 加熱器材實驗－包覆材料實驗

1. 用吸管填充以下的七種材質，製作兩公分的圓柱體。
2. 等待六小時固化後，用筷子夾住不同材質的圓柱體放入七十度的熱水中
3. 再分析導熱性、溶解性、耐熱性與特質

表 11-1 包覆材料熱水測試

|      | 溫度   |      |      |      |      |      | 溶解/變形 | 特質   | 耐熱性 |
|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-----|
|      | 10 秒 | 20 秒 | 30 秒 | 40 秒 | 50 秒 | 60 秒 |       |      |     |
| AB 膠 | 58   | 57.4 | 57.8 | 57.4 | 57.2 | 57   |       | 臭臭的  | 耐熱  |
| 熱熔膠  | 56   | 56   | 56.2 | 56.2 | 56.1 | 56.9 |       | 很快就乾 | 不耐熱 |
| 石膏   | 59.2 | 59.3 | 56.9 | 58.2 | 58.6 | 58.9 | 溶     |      |     |
| 油性黏土 | 57.3 | 57.4 | 57.6 | 57.6 | 58   | 57.7 | 溶     |      |     |
| 輕質土  | x    | x    | x    | x    | x    | x    | 斷裂    |      |     |
| 紙黏土  | 57.1 | 56.7 | 56.8 | 57   | 56.1 | 57.1 | 變形    |      |     |
| 陶土   | 57.4 | 57.7 | 58.2 | 57.4 | 57.9 | 57.2 | 有點變形  |      |     |

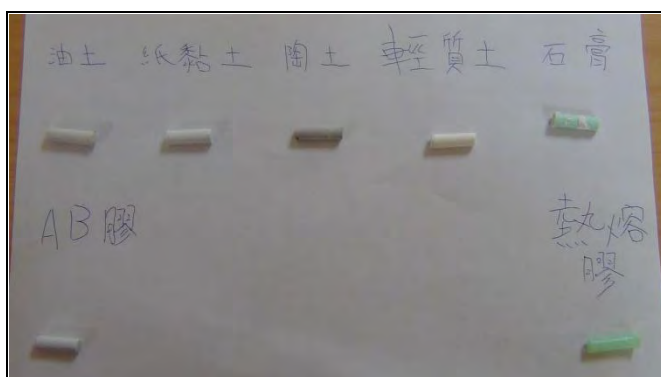


圖 11-1 製作兩公分的圓柱體



圖 11-2 夾住不同材質的圓柱體

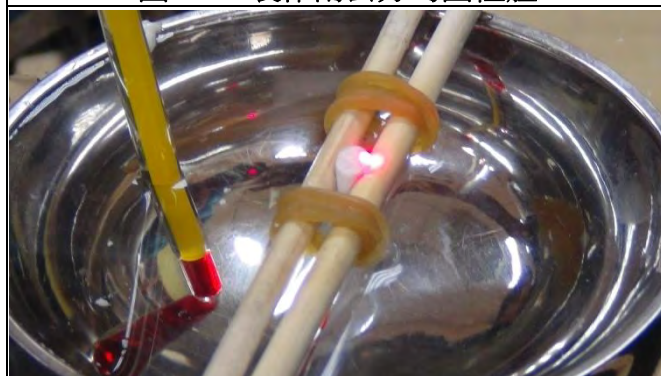


圖 11-3 將 AB 膠放入七十度的熱水中

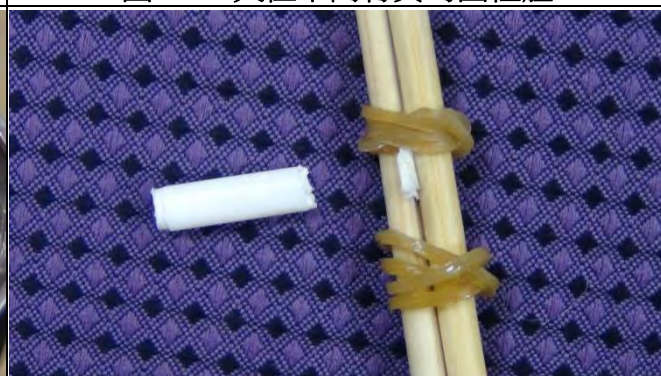


圖 11-4 輕質土被夾成兩段

AB 膠最耐高溫又不會融化變形



## 十二. 殺蟑器發展－設計熱水殺蟑器

1. 先討論即熱式噴頭的功能和結構。
2. 畫出即熱式噴頭的設計圖



圖 12-1 即熱式噴頭

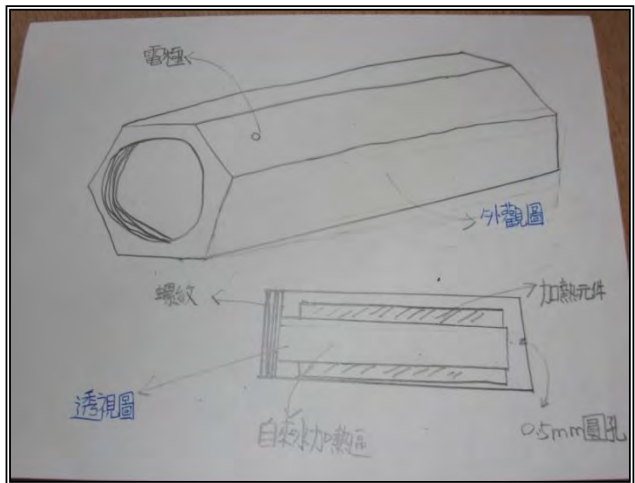


圖 12-2 即熱式殺蟑器設計圖



圖 12-3 組裝電池組與加熱噴頭



圖 12-4 加熱自來水殺死害蟲

最後成品(第三代即熱式殺蟑器)與原先設計相似度達 70%

### 十三. 殺蟑器發展－製作即熱式噴頭

1. 把漆包線的兩頭用砂紙磨掉。
2. 剪下一條 2 公分的發熱絲。
3. 再發熱絲的兩頭各接上一條磨過的漆包線。
4. 用焊接的方式固定。
5. 最後用 AB 膠把發熱絲還有發熱絲和漆包線連接的地方封起來

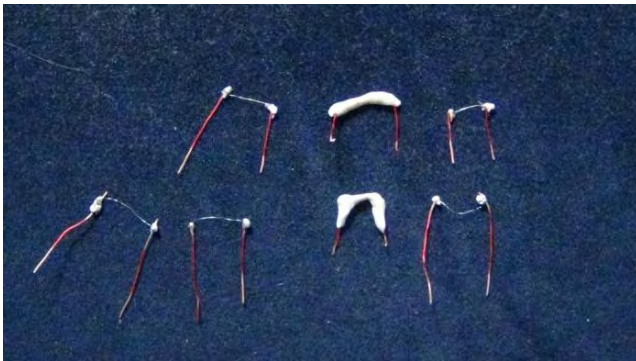


圖 13-1 封膠完畢的發熱單位

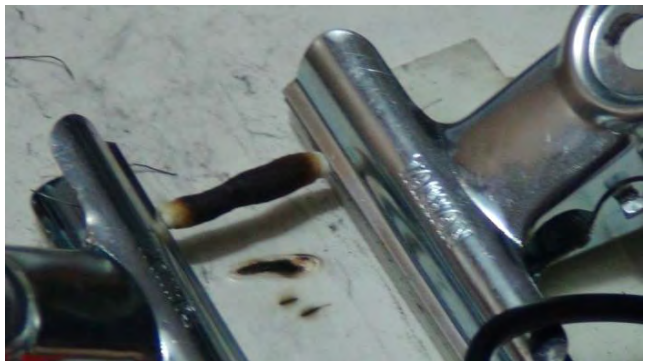


圖 13-2 未凝固的 AB 膠碳化

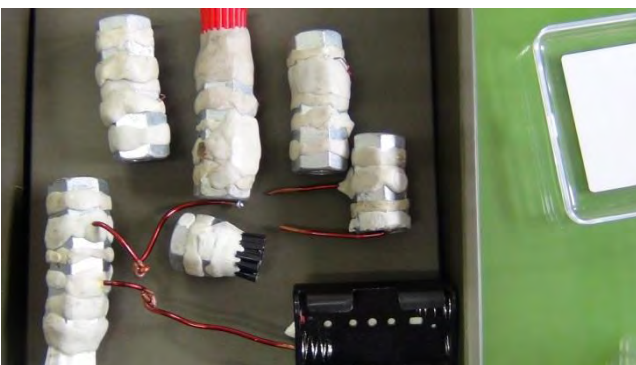


圖 13-4 第一代即熱式噴頭



圖 13-3 以螺絲帽製作噴頭

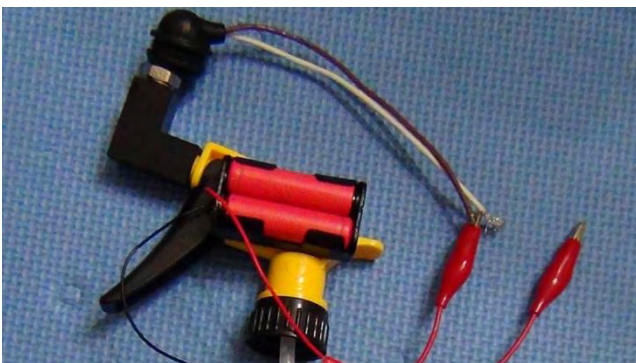


圖 13-5 第二代即熱式噴頭



圖 13-6 第三代即熱式噴頭

即熱式噴頭，第一代純手工、第二代設計委託製作、第三代半手工



#### 十四. 效果測試－噴射測試實驗

1. 噴射孔徑從 0.6mm 到 1.4 mm 進行溫度噴射，並記錄最高溫度。
2. 噴射距離(噴射孔徑 0.7mm)從 0cm 到 35cm 進行溫度噴射，並記錄最高溫度。

| 噴射孔徑   | 溫度   | 孔徑 0.7mm 噴射距離 | 溫度      |
|--------|------|---------------|---------|
| 0.6mm  | 62°C | 0cm           | 76.44°C |
| 0.7 mm | 61°C | 2.5cm         | 62.63°C |
| 0.8 mm | 62°C | 5cm           | 61.96°C |
| 0.9 mm | 63°C | 10cm          | 60.38°C |
| 1.0 mm | 62°C | 15cm          | 54.13°C |
| 1.1 mm | 61°C | 20cm          | 46.25°C |
| 1.2 mm | 60°C | 25cm          | 低於 44°C |
| 1.3 mm | 61°C | 30cm          |         |
| 1.4 mm | 60°C | 35cm          |         |



圖 14-1 玻璃噴射管加工



圖 14-2 第二代噴射測試(冒煙)



圖 14-3 第三代噴射測試(塑膠管融化)

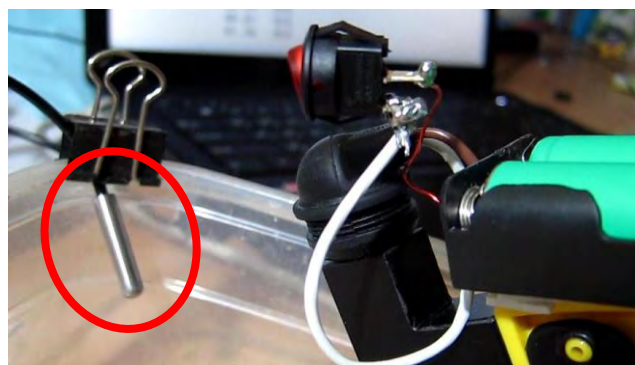


圖 14-4 噴射 USB 溫度計

孔徑 0.7mm 的噴頭，離蟑螂 20cm 以內都可噴射出 45°C 以上的熱水

## 十五. 效果測試—噴射蟑螂實驗

1. 抓九隻蟑螂來做實驗。
2. 用第二、三代即熱式殺蟑器來噴射蟑螂並記錄結果


| 編號 | 殺蟑器 | 過程  | 結果                       | 照 片   |
|----|-----|---|--------------------------|---|
| 1  | 二代  | 第一次噴射並沒有噴中，第二次一槍斃命，在抽搐中死亡，約耗時 12 秒，但由於蟑螂爬出時活力就不佳，為了取得更客觀的結果，決定再做更多實驗。 | 5 秒<br>死亡                |    |
| 2  | 三代  | 這隻蟑螂很胖，而且爬得很慢，因此方便以噴水器直接攻擊腹部，噴射第 2 下蟑螂就死亡，整個過程不到 3 秒。                 | 18 秒<br>死亡               |    |
| 3  | 二代  | 噴射第 8 下蟑螂跑到箱子後面，噴射第 9 下蟑螂翻面，並且六腳步停擺動，試圖翻回，但失敗，於噴射第 17 下射蟑螂才死亡。        | 25 秒<br>死亡               |   |
| 4  | 二代  | 蟑螂原本不太動，噴第 1 下蟑螂跳起來亂跑。噴第 8 下蟑螂翻面、全身抽動並且腹部排泄大便，噴第 15 下死亡               | 95 秒<br>停止抽搐<br>(可能早就死亡) |  |
| 5  | 二代  | 噴射第 3 下蟑螂翻面，噴射第 5 下身體和腳都不動，但是頭和觸鬚一直在擺動，噴射第 9 下蟑螂才完全不動                 | 9 秒<br>死亡                |  |



圖 15-1 第二代實際噴射蟑螂

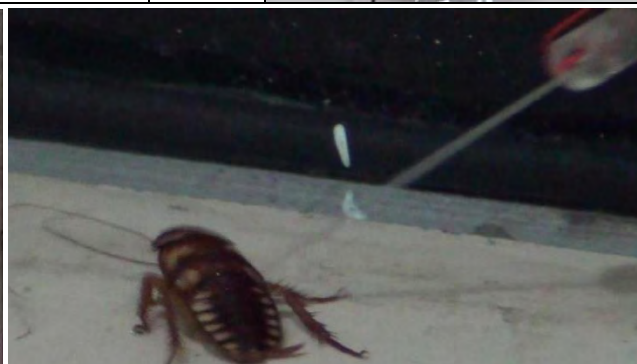


圖 15-4 第三代實際噴射蟑螂

連續殺死 5 隻蟑螂，成功率為 100%。

## 柒、討論

### 一. 實驗討論

- (一) 經過實驗討論後我們覺得熱水殺蟑螂是最具環保效益也最乾淨，但是直接拿熱水潑蟑螂並不方便，也不容易對準目標，甚至希望能減少潑水量，以免造成積水。因此，後續的實驗將陸續克服這些問題。
- (二) 昆蟲都會假死，這個實驗的蟑螂如果假死通常回到常溫一個鐘頭後就會復活。麵包蟲最耐熱(只比德國小蠊耐熱  $1^{\circ}\text{C}$ )，可能是因為牠的體積相對較大，所以比較耐熱。各種昆蟲都禁不起  $45^{\circ}\text{C}$  的高溫，可能是因為昆蟲細胞數量不多  $45^{\circ}\text{C}$  的高溫就足以讓昆蟲死亡。
- (三) 3 號噴頭最好→溫度下降最少、噴水範圍較大、不需要打氣，因此之後的噴水器有效距離實驗以 3 號噴頭來執行。
- (四) 以熱水噴射時，距離越近溫度越高，但是實驗結果顯示， $45^{\circ}\text{C}$  才能殺死蟑螂，因此殺死蟑螂的有效距離是 60 公分以內 ( $80^{\circ}\text{C}$  的熱水)。
- (五) 噴水器平均噴水 10.3 次，可將藥水杯裝滿，所以平均每次噴射出的水量為 0.98 cc.，這個實驗數據用來做為噴頭構造製作的噴水量數據。
- (六) 以 2 mm .2 B 筆芯搭配鎳氫電池加熱效果最佳、定電壓電源加熱效果最差，碳鋅、鎳氫和鋰電池溫度折線線條穩定上升，代表電流穩定；定電壓電源、金頂鹼性電池則溫度折線不穩定，代表輸出電流不穩或測量的實驗誤差問題。鎳氫電池的電流流量和瓦特數( $I*V$ )最高，因此提供之能量充足，筆芯溫度加熱速度較快，升溫也較高。鋰電池內阻最小，為 0.351 歐姆；碳鋅電池內阻最大，為 2.061 歐姆。筆芯電阻趨近於電池內阻時，可以得到比較大的功率( $V*I$  會最大)，雖然鋰電池的空載電壓最小，但功率最大因為它的內阻最接近筆芯電阻。
- (七) 2 B、6 B、7 B、1 B 筆芯溫度上升速度非常穩定，代表筆芯的電阻最穩定。3B 筆芯上升溫度折線最不穩定上升溫度最誇張，可能是筆芯雜質較多而導致。電阻越低，電流越高，負載電壓也會降低。以之前的知識，負載電壓不會改變，但在本實驗中，當電流過大，使電源無法負荷，就會產生負載電壓下降的情形。
- (八) 通常較短的筆芯電阻越低，升溫較快，但 35 mm 之筆芯升溫最高，因為電池當時是全新的，而 15 mm 的筆芯應該溫度最高，卻溫度不理想，可能是電池沒電了所導致。淺綠色(長度 55 mm)的線溫度上升速度非常穩定，20 mm 筆芯電阻較其他長度相對的低，電流也較大，產生的功率( $I*I*R$ )最高。
- (九) 實驗原本是要放在水裡測量，但因為起始溫度有點難控制，且水的對流慢，最多也只上升十度，因此後來決定不放到水裡量。實驗做到後面結果會忽高忽低是因為電池回電，或者是測量溫度方式不夠穩定所造成的誤差。筆芯摩擦六十次的負載電壓最高，電流就會最小，由此可知它的電阻很高，所以發熱效果不好。相反的，效果最好的摩擦五十次，它的電壓就沒那麼高，電流就會較大，因此發熱效果會很好(電流太大也不太好)。由此實驗，我們可以知道:電阻和電流一樣，不管是低還是高，發熱效果都沒有中等的好。摩擦次數越多，電阻越大。
- (十) 電阻太小會造成電流過大，使電池的溫度過度上升，由於電池座是塑膠製的，不耐高溫，遇到電池發出的高熱會釋出白煙，並造成電池座部分塑膠融化使負極彈簧黏在底座上，造成電池座的傷害。實驗時要注意電池座和電熱絲的情況，因為在實驗中迴路電流一度高於 10 A，已超過電流表的極限，隨後電池發出的高熱讓電池座嚴重毀損。電阻值大約為一歐姆時發熱效果最佳。



- (十一) 雖然石膏固化後會變得很硬，但遇到水會融化；油性黏土、輕質土、紙黏土和陶土在常溫下不會凝固，因此這些材料都不採用。AB 膠和熱熔膠導熱性好，而且在常溫下很快就會凝固，但熱熔膠遇到高熱會融化，所以決定用 AB 膠。
- (十二) 在設計時，原本要在噴頭上裝雷射筆，但是由於每次噴水的距離不同，雷射筆的角度就必須改變，無法固定，因此我們最後決定不裝射雷射筆。
- (十三) 歸納實作經驗有以下幾點需要注意：
1. 漆包線不能剪太短,不然會很難磨。漆包線只能削兩頭,不然會漏電。
  2. 在包裹電熱絲時,要確實包好,不然有可能會漏電。
  3. 當包裹電熱絲的 AB 膠尚未凝固時,就將電熱絲通電,施加高熱,AB 膠將會碳化,還會冒煙、發紅,並釋出臭氣。
  4. 事後將該條電熱絲外遭碳化的 AB 膠移除,裡面的電熱絲仍然完好無缺,並未斷裂,可見 AB 膠能成功阻隔氧氣。
  5. 在電熱絲和漆包線的接觸點用焊接的方式固定,會減少兩條線接觸不良的機率。
- (十四) 噴頭的孔徑不太會影響熱水噴出時的溫度,所以我們最後採用的是孔徑 0.7mm 的噴頭。噴射越遠溫度下降越多。
- (十五) 實驗後發現，有些蟑螂一噴就死，但有些要噴好幾次才死。這可能是因為有些蟑螂已經被關起來一陣子，所以活動能力降低，無法逃跑，被射一次就死了。而那些要噴好幾次的是活動能力還很好，不容易被燙死。(這也可以被解釋為品種不同)

## 二. 與市面新產品的比較

| 效果               | 環保         | 價錢     | 維護           | 方便性        | 清理       | 臭味 | 照 片  |
|------------------|------------|--------|--------------|------------|----------|----|--|
| <b>第三代即熱式殺蟑器</b> |            |        |              |            |          |    |  |
| 大蟑螂              | 環保         | 400 元  | 充電費<br>2 元   | 須等<br>10 秒 | 蟑螂       | 無  |  |
| <b>凍殺・飛ぶ虫</b>    |            |        |              |            |          |    |  |
| 大蟑螂              | 非填充<br>不環保 | 390 元  | 再購買<br>390 元 | 不需<br>等待   | 蟑螂       | 無  |  |
| <b>滅蟑鹽巴散彈槍</b>   |            |        |              |            |          |    |  |
| 小蟑螂              | 環保         | 2499 元 | 鹽巴<br>0.1 元  | 裝填<br>鹽巴   | 蟑螂<br>鹽巴 | 無  |  |

## 捌、結論

### 一. 研究的實驗結果

| 實驗項目   | 實驗名稱        | 結 果   |
|--------|-------------|---|
| 殺蟑探究   | 一. 殺蟑螂的探究   | 用熱水殺蟑螂是最具環保效益也是最乾淨的方法   |
|        | 二. 熱水殺蟑實驗   | 45°C 以上的熱水即可殺死蟑螂  |
| 噴頭實驗   | 三. 噴頭的實驗    | 3 號噴頭最好，之後的實驗都以 3 號噴頭來進行  |
|        | 四. 有效距離實驗   | 以 80°C 的熱水噴射時，有效距離是 60 公分以內                                     |
|        | 五. 噴水量的實驗   | 3 號噴頭平均每次噴出水量為 0.98 cc  |
| 加熱器材實驗 | 六. 電源加熱實驗   | 鋰電池的效能最好，之後實驗都選擇鋰電池來進行  |
|        | 七. 各式筆芯電阻實驗 | 筆芯雜質多電阻不穩定，因此放棄用筆芯加熱水源  |
|        | 八. 筆芯長度電阻實驗 | 筆芯越長電阻越高，升溫較快   |
|        | 九. 筆芯粗細電阻實驗 | 摩擦次數越多，電阻越大   |
|        | 十. 電熱絲實驗    | 採用直徑 0.4 mm 長度 10.2 cm 一歐姆的電熱絲                                  |
|        | 十一. 包覆材料實驗  | 決定用 AB 膠(事後陸續增加凡立水、高溫絕緣漆)                                       |
| 殺蟑器發展  | 十二. 設計熱水殺蟑器 | 最後成品(第三代)與原先設計相似度達 70%  |
|        | 十三. 製作即熱式噴頭 | 第一代純手工，第二代半手工製作<br>第三代手工製作（壓克力螺帽委託製作外，低電阻電池座、電熱絲迴路、玻璃管改良都是自行製作） |
| 效果測試   | 十四. 噴射測試實驗  | 孔徑 0.7 mm 的噴頭，在 20cm 以內都可殺死蟑螂(噴射熱水 45°C 以上)                     |
|        | 十五. 噴射蟑螂實驗  | 殺死 5 隻大蟑螂的成功率為 100%(噴 2~17 次)                                   |

## 二. 整體結論

根據電熱原理，我們設計壓克力螺帽並且訂購外，自行製作出：低電阻電池座、電熱絲迴路、改良玻璃管，並選擇鋰電池與噴水器組合成即熱式噴水器；經過五隻大蟑螂的噴射測試結果，殺蟑效果達到 100%，可見本研發設計不僅環保、無毒而且確實很實用，極力推薦相關單位能夠協助進行製造與推廣。

## 三. 後續發展建議

### (一) 產品的改良建議

即熱式殺蟑器迴路電阻要求高(除電熱絲外，每項零件電阻須低於  $0.2\ \Omega$ )，許多零件都是自行焊接漆包線，因此作品整體看起來缺乏設計美感。

由於即熱式殺蟑器是利用大電流加熱，因為我們在實驗中時常發生電池座燒毀的情況，使用時的噴頭溫度也足以使人燙傷( $70^{\circ}\text{C}$ )，因此需要增加安全性開關。另外我們也擔心長期使用後管壁容易產生水垢、在加熱時會因水氣化而自行噴水，我們還希望噴射管能在不影響安全的情況下做成摺疊式的，這樣會更方便使用。

### (二) 商品化的建議

商品化前務必在安全性、美觀性、方便性、設計感上，做全面性的提升外，通路、廣告與品牌應該是所有產品的必要條件，如果可以和賣場的殺蟲劑品牌做適度的合作與產品區隔，應該是有很大的市場潛力。

## 玖、參考資料文獻

1. 蟑螂，維基百科。<http://zh.wikipedia.org/wiki/蟑螂>
2. 昆蟲假死現象介紹。[http://content.edu.tw/content/nerc/senior/computer/ks\\_ks/student/homepage/demo/ks/w87/h87008/www/ani/a2.htm](http://content.edu.tw/content/nerc/senior/computer/ks_ks/student/homepage/demo/ks/w87/h87008/www/ani/a2.htm)
3. 電燈泡，維基百科。<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%87%88%E6%B3%A1>
4. 機場美食街旁果蠅停牆。<http://www.youtube.com/watch?v=p14nEVhEmEY>
5. 電池的常用技術術語。<http://www.chentech.com.tw/html/qa/02.aspx?ix=6&kind1=13&kind2=>
6. 叫太陽站下。中華民國第 51 屆中小學科學展覽會，國小組，生活與應用科學科。
7. 鹽巴散彈槍，奇摩購物。<http://buy.yahoo.com.tw/gdsale/gdsale.asp?act=gdsearch&gdid=4286402>
8. 凍殺・飛ぶ虫，日本樂天。[http://review.rakuten.co.jp/item/1/203677\\_10113756/1.1/](http://review.rakuten.co.jp/item/1/203677_10113756/1.1/)

## 【評語】 080805

1. 作品實用性高，並不斷改進，研究精神佳！
2. 對作品的構造理解，且對材料選擇進行測試比較，作品完整。