

# 中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學(一)科

佳作

082804

進擊的螞蟻—螞蟻繞圈的終極奧義

學校名稱：苗栗縣公館鄉公館國民小學

|        |       |
|--------|-------|
| 作者：    | 指導老師： |
| 小六 蕭立穎 | 湯千慧   |
| 小六 朱嘉瑋 | 謝祥宏   |
| 小五 涂妤華 |       |
| 小六 邱冠銘 |       |

關鍵詞：螞蟻雄兵、轉彎、光敏電阻

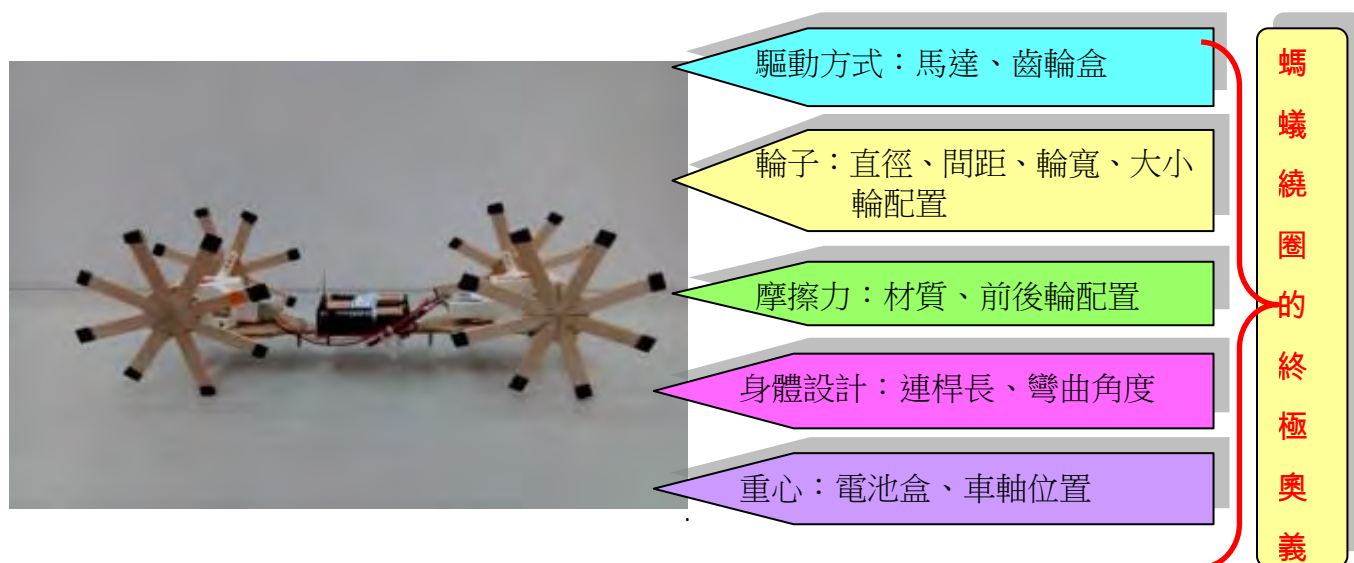
## 摘要

本研究源於參加 Power Tech 科技創作競賽，螞蟻雄兵的機械獸要兼顧「接力賽」與「繞圈賽」，因此進行研究。結果發現：

- 一、**不同驅動方式**：以馬達並聯、四輪驅動、交換後齒輪排列方式，是最佳速度組合。
- 二、**不同輪子設計**：平面輪、輪長 17.1cm、間距 2.1cm、輪直徑 17.1cm 和 14.25cm 的組合、全止滑，是最快速的設計。
- 三、**不同摩擦力**：以止滑墊黏貼四輪，走得最快，繞圈也比較好。
- 四、**不同身體設計**：彎曲角度 55 度、連桿 2 公分，繞圈圈數多。
- 五、**不同重心位置**：重心在內、車軸偏內，繞圈圈數多。
- 六、**兼具速度與繞圈的條件**：馬達並聯、四輪驅動、平面輪、全止滑、彎曲角度 55 度、重心在內、車軸在內，調整原型齒輪排列、輪長 11.4cm、間距 3.6cm、輪直徑 11.4cm(2:2)的組合，在競賽中會有較佳效果。

## 壹、研究動機

本研究源自於我們參加過 Power Teach 科技創作競賽，做過各種不同的機械獸。螞蟻雄兵這隻機械獸，既要參加競速型的「接力賽」，又要參加進入晉級後的「繞圈賽」。如何兼顧接力賽時能走得很快速，又能在繞圈比賽時能贏過對手，在我們比賽過後，依然興致高昂的想找出致勝秘訣，由於螞蟻雄兵行進速度相當快，因此我們運用了光遮斷感測器，利用雷射光打在光敏電阻上，改變電阻的大小，以偵測有沒有物體通過，4 個象限依序偵測，進行了許多實驗，希望能製作出兼具速度與繞圈超強的螞蟻雄兵。四年級下學期的自然課第四單元神奇的電力中，老師介紹了燈泡的串聯與並聯，五年級下學期的自然課第四單元力與運動中，學習有關測量力的大小、影響摩擦力的因素、測量物體運動的快慢等，這些概念讓我們在這個實驗中有了很大的啟發，能使螞蟻雄兵行進時發揮不同的能力，在日常生活中，也能夠將這些概念運用在大貨車及聯結車的過彎控制，使生活更便利。研究方向思考圖，如下：



## 貳、研究目的及研究問題

我們針對螞蟻雄兵的驅動方式、輪子、摩擦力、身體設計及重心，進行一系列的研究，並根據研究目的，提出以下研究問題：

### 目的一、進行螞蟻原型的測試。

研究 1-1：不同廠牌的電池，對螞蟻轉速有何影響？

研究 1-2：身體重量對螞蟻直線前進速度有何影響？

### 目的二、比較不同驅動方式的螞蟻，對直線前進速度有何影響。

研究 2-1：馬達的串聯與並聯，對螞蟻直線前進的速度有何影響？

研究 2-2：不同驅動方式，對螞蟻直線前進的速度有何影響？

研究 2-3：不同齒輪排列方式，對螞蟻直線前進的速度有何影響？

### 目的三、比較不同輪子設計的螞蟻，對直線前進速度及繞圈圈數有何影響。

研究 3-1：不同輪子的寬度，對螞蟻直線前進的速度有何影響？

研究 3-2：不同輪直徑，對螞蟻直線前進的速度有何影響？

研究 3-3：不同輪軸間距，對螞蟻直線前進的速度有何影響？

研究 3-4：不同大小輪配置，對螞蟻直線前進的速度有何影響？

研究 3-5：不同大小輪配置，對螞蟻繞圈的圈數有何影響？

### 目的四、比較不同摩擦力的螞蟻，對直線前進速度及繞圈圈數有何影響。

研究 4-1：不同材質的止滑墊，對螞蟻直線前進的速度有何影響？

研究 4-2：不同摩擦力配置，對螞蟻直線前進的速度有何影響？

研究 4-3：不同摩擦力配置，對螞蟻繞圈的圈數有何影響？

### 目的五：比較不同身體設計的螞蟻，對直線前進速度及繞圈圈數有何影響。

研究 5-1：不同身體彎曲角度，對螞蟻繞圈的圈數有何影響？

研究 5-2：不同連桿長(身體長度)，對螞蟻繞圈的圈數有何影響？

### 目的六：在最佳速度的條件下，探討不同重心位置，對螞蟻繞圈有何影響。

研究 6-1：不同電池盒位置，對螞蟻繞圈有何影響？

研究 6-2：不同車軸位置，對螞蟻繞圈有何影響？

### 目的七：製作一隻速度與繞圈最佳效果的螞蟻雄兵。

## 參、文獻探討

### 一、比賽規則與設計要點

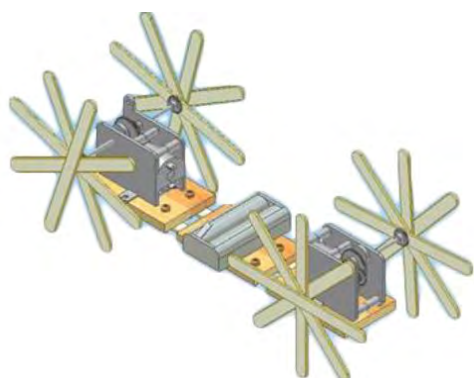


圖 1 螞蟻雄兵示意圖

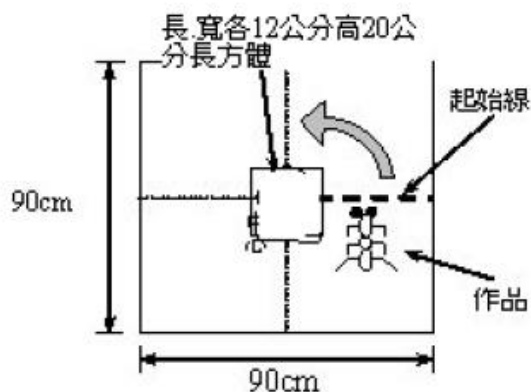


圖 2 繞圈場地示意圖

根據〈2018PowerTech 青少年科技創作競賽 Mini-Com 區賽暨全國賽競賽規則〉螞蟻雄兵需設計為四輪前進，作品需在長 40 公分、寬 22 公分、高不限制，並可平放於尺寸盒，並展開至最大長度。螞蟻完整身體之設計必須是分開並可彎曲之三節身軀，腳底設計須以「點接觸」方式為原則接觸賽道，作品重量限制(包含造型重量)，上限為 700 公克。(圖 1)

繞圈場地為長、寬各為 90 公分之正方形場地，中央放有長、寬各為 12 公分、高 20 公分之長方體，以方桶為中心劃分成四等分，於競賽時間內同方向前進至下一區獲得積分一分，依此類推，於時間結束或競賽物出界時計算總積分。開始及結束皆以作品前端為基準，比賽採積分制，如圖 2 所示。

### 二、螞蟻雄兵相關研究

我們上網查閱相關資料後，發現有 1 篇相關的研究，整理如下表 1:

| 科別                                   | 作品名稱       | 研究發現  |
|--------------------------------------|------------|---|
| 中華民國第四十四屆中小學科學展覽會<br>國小組<br>生活與應用科學科 | 有趣的車子(圖 3) | <ul style="list-style-type: none"><li>● 四輪車和路面的接觸摩擦，容易造成車輪的偏移。</li><li>● 車子爬坡時，由於地心引力的影響，會產生減速作用。</li><li>● 在不同路面輪胎形狀會影響行車效能。</li><li>● 使用動力系統並聯、電力系統串聯的方式，可以使四輪車行進得更快。</li></ul> |

這篇文獻是使用橡膠輪胎、平面車身的車子進行研究，而我們與這些研究不同的是：

1. 根據比賽規則用三節可彎曲之身體(圖 4)的設計。
2. 採用冰棒棍組合成點接觸前進的輪子。
3. 探討摩擦力和重心配置等，進行繞圈賽的測試與改造，期待能有更多的突破。

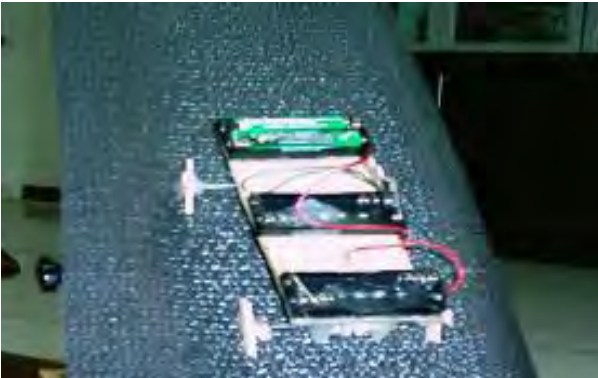


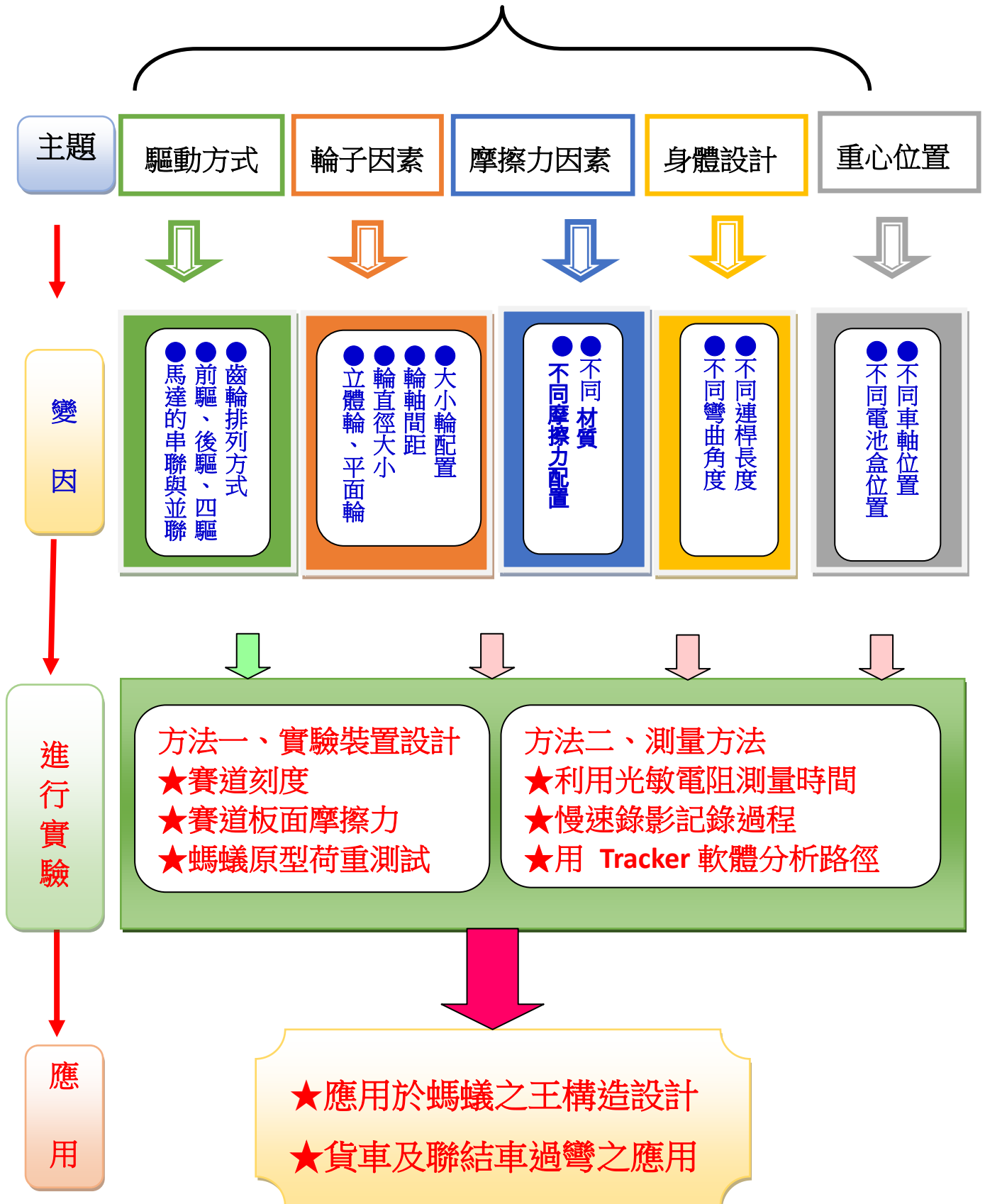
圖 3 有趣的車子-模型示意圖



圖 4 螞蟻雄兵-實驗模型圖

## 肆、研究架構

### 進擊的螞蟻～螞蟻繞圈的終極奧義



## 伍、研究設備及器材

### 一、實驗材料：

- (一) 螞蟻雄兵製作：齒輪盒 2 組、螺絲/螺帽數顆、電池盒 1 組、冰棒棍數支、長軸/短軸各 2 支、電線 2 組、密集板數片、矽膠管數支
- (二) 荷重使用：砝碼、電子秤
- (三) 動力來源：同一廠牌電池
- (四) 增加摩擦力：黑色磨砂紙、止滑墊
- (五) 直線及繞圈競賽裝置：光敏電阻、雷射光、電腦、直線賽道、繞圈賽道

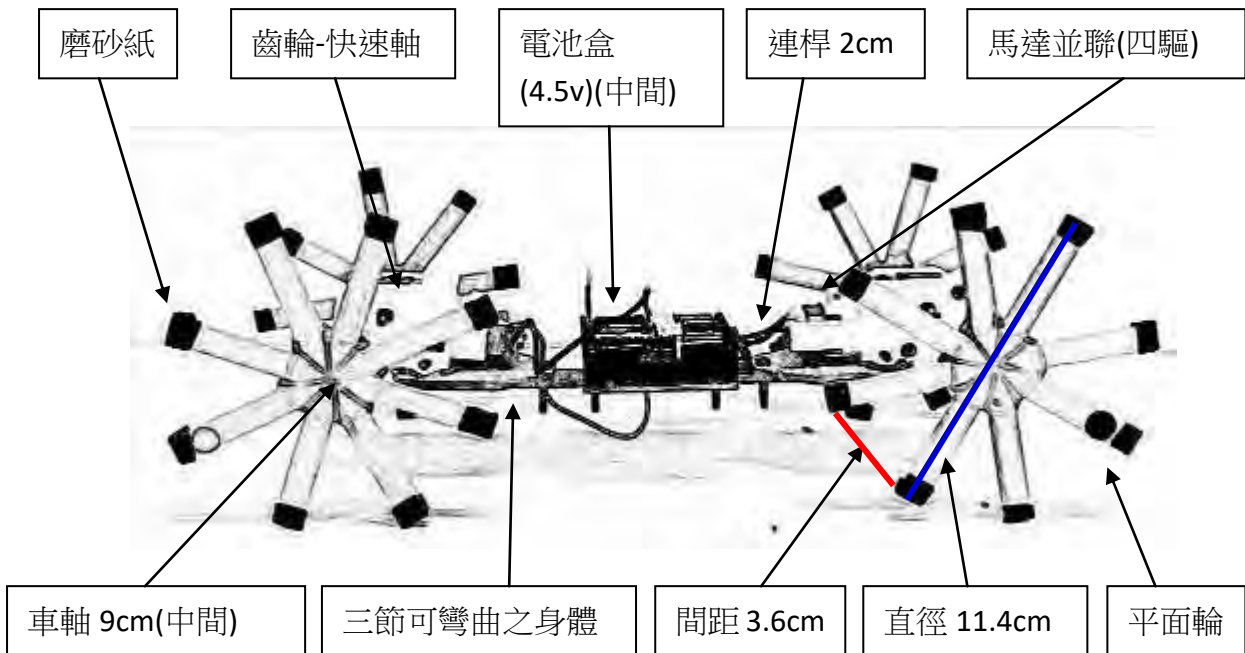
### 二、實驗器材：

- (一) 工具箱（內部包含手搖鑽、小扳手、防鑽板、熱融膠條、熱融槍、螺絲起子、剪刀、螺帽、螺絲、電線、電池盒、剪線鉗、長尺、量角器、鉛筆、簽字筆、雙面膠、絕緣膠帶、橡皮擦）
- (二) 測量工具：電子秤（1 台）、磅秤(10KG)、三公尺魯班尺、鐵尺、光敏電阻、雷射光、錄影機、照相機、三用電表、電腦、Tracker 軟體、Protractor App

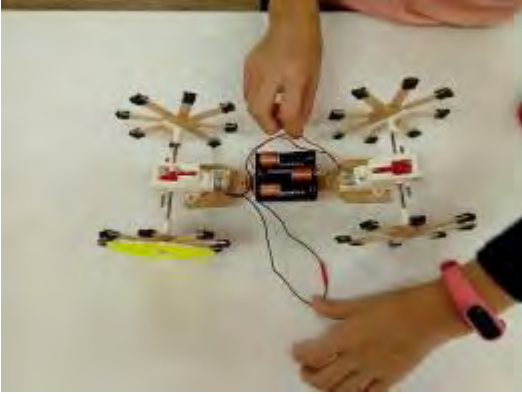
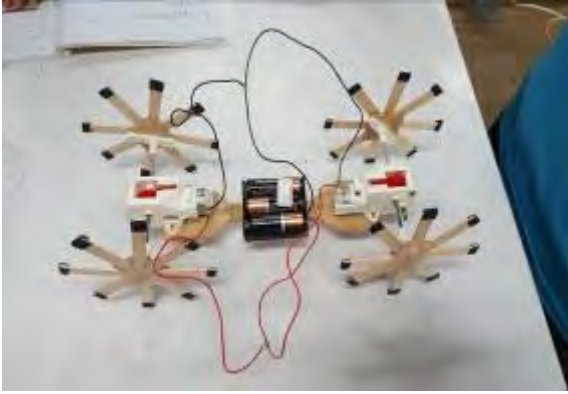
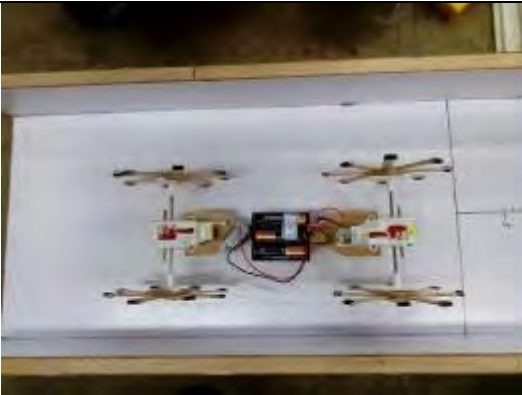
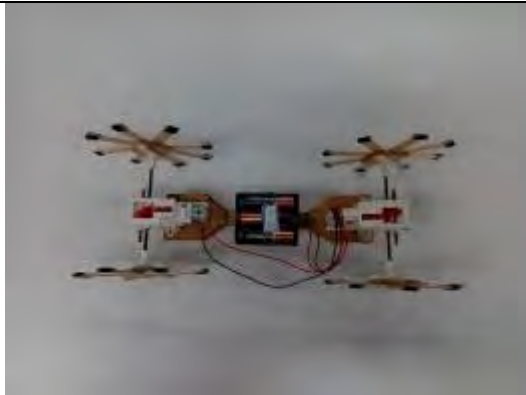
|   |  |
|---|--|
|  |  |
| <p>大會提供之競賽材料包內容</p>   | <p>工具箱器材</p>   |
|  |  |
| <p>直線賽道(光敏電阻、雷射光、顯示面板)</p>  | <p>繞圈賽道(光敏電阻、雷射光、電腦)</p>   |

### 三、實驗裝置

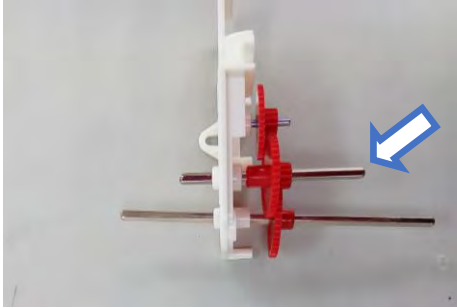
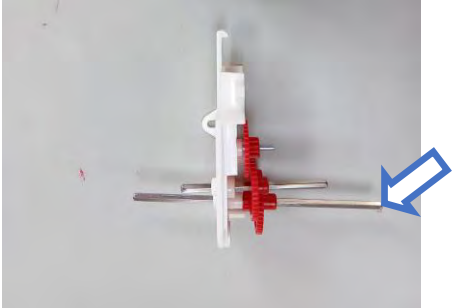
#### (一) 螞蟻原型示意圖



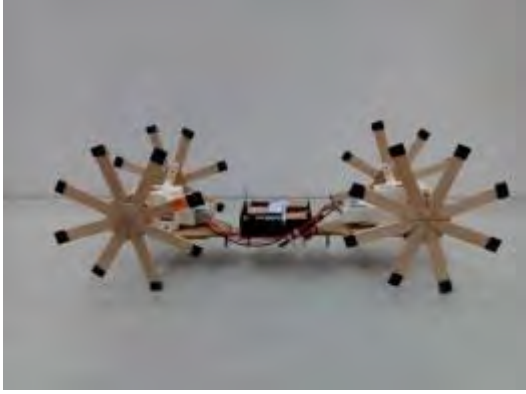

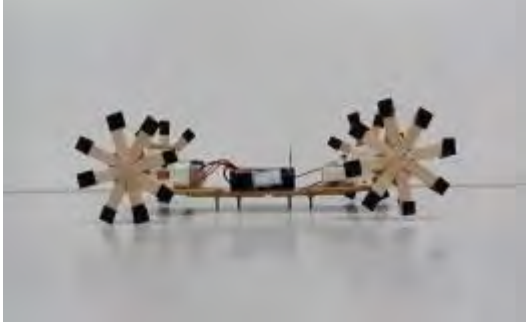


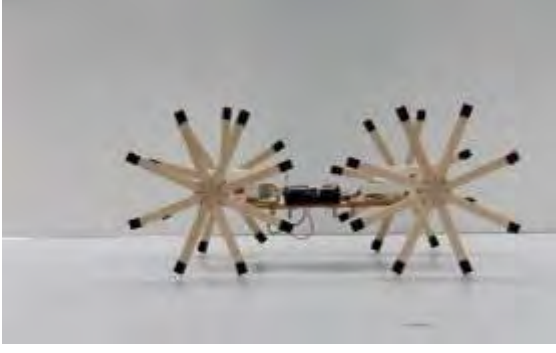
#### (二) 螞蟻雄兵~驅動方式

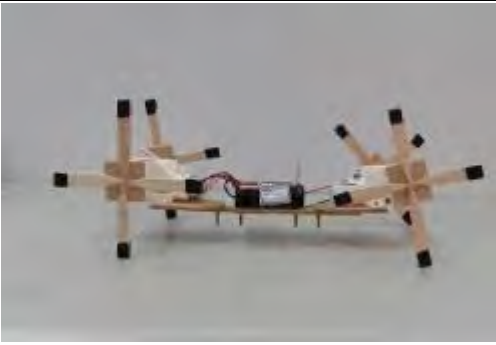
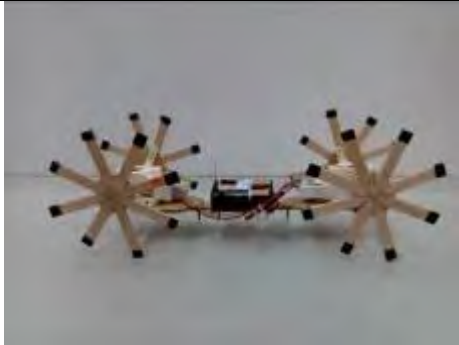
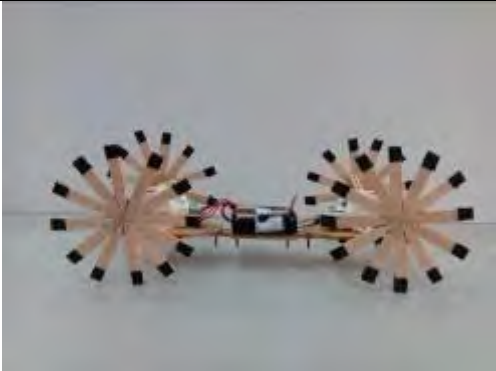
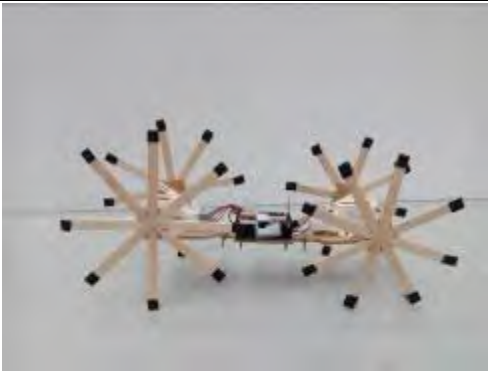
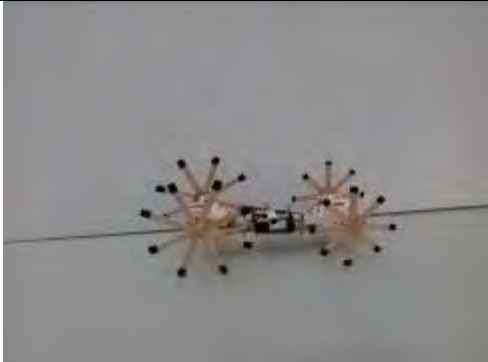
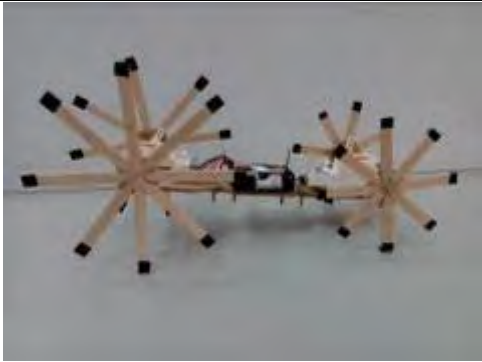
|   |  |
|---|--|
|  |  |
| <p>馬達串聯</p>   | <p>馬達並聯</p>  |
|  |  |
| <p>前輪驅動</p>   | <p>四輪驅動</p>  |



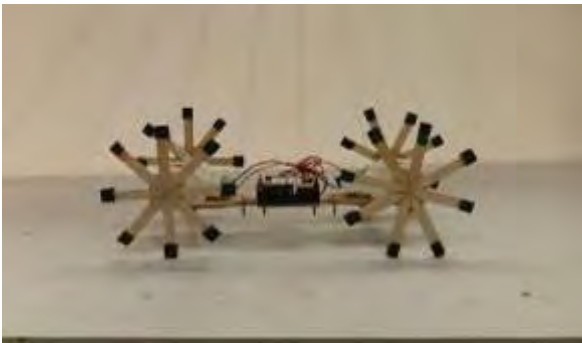

|   |  |
|---|--|
|  |  |
| <p>齒輪排列-快速軸</p>   | <p>齒輪排列-超級快速軸</p>  |

(三) 螞蟻雄兵~輪子設計



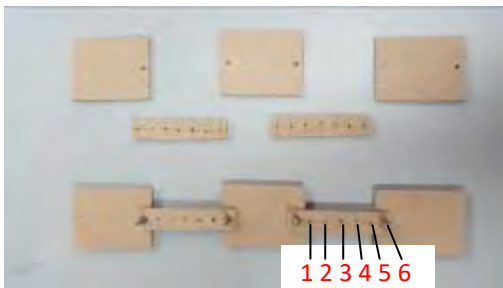



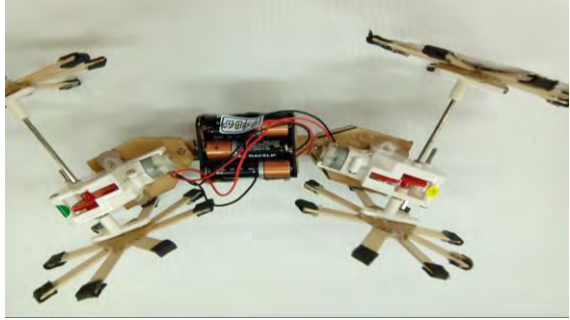

|   |  |
|---|--|
|   |   |
| <p>輪寬-平面輪</p>   | <p>輪寬-立體輪</p>  |
|  |  |
| <p>輪直徑 5.7cm (1 倍) (無法實驗)</p>   | <p>輪直徑 11.4cm (2 倍)</p>  |
|  |  |
| <p>輪直徑 14.25cm (2.5 倍)</p>  | <p>輪直徑 17.1cm (3 倍)</p>  |

|   |  |
|---|--|
|    |    |
| <p>輪間距 8.1cm</p>  | <p>輪間距 3.6cm</p>   |
|    |    |
| <p>輪間距 2.1cm</p>  | <p>輪配置 3 : 2.5</p>   |
|  |  |
| <p>輪配置 2.5 : 2</p>  | <p>輪配置 3 : 2</p>   |

(四) 螞蟻雄兵~不同摩擦力配置

|   |  |
|---|--|
|  |  |
| <p>不同材質-止滑墊</p>   | <p>不同摩擦力配置—後止滑</p>   |

(五) 螞蟻雄兵~不同身體彎曲角度

|   |  |
|---|--|
|    |    |
| <p>自製量角器-彎曲 40 度</p>  | <p>Protractor App 量角度-彎曲 40 度</p>  |
|   |   |
| <p>連桿長 6 公分</p>   | <p>連桿長 2 公分</p>  |
|  |  |
| <p>電池盒在內</p>  | <p>電池盒在外</p>   |
|  |  |
| <p>車軸偏內</p>   | <p>車軸偏外</p>  |

#### 四、感測器設計

##### (一) 程式設計概念

為了偵測速度太快的螞蟻雄兵機械獸，我們運用光遮斷感測器的原理進行測量。利用雷射光打在光敏電阻上，改變電阻的大小，以偵測有沒有物體通過，再將繞圈場地分為 4 個象限，依序偵測。老師協助我們以 Arduino 的 c 程式語言寫入，程式碼說明如下：

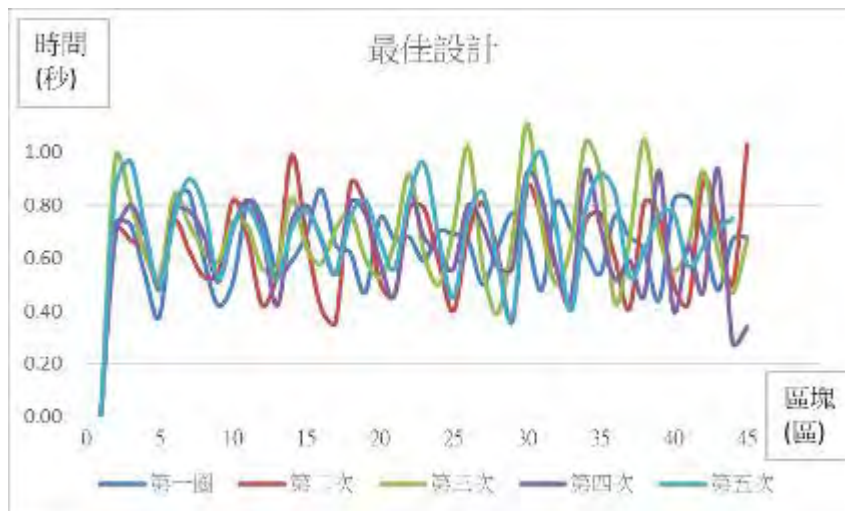
```
int PointTime=0;           //設定位置變數
unsigned long ReadTime=0;  //設定時間變數
void setup()
{
    //串列及腳位設定
    Serial.begin(9600);     //串列傳輸速率 9600 位元/秒
    Serial.println("LABEL,Time,NO"); //設定 EXCELL 資料檔的抬頭標籤
    pinMode(A0, INPUT_PULLUP);pinMode(A1, INPUT_PULLUP);pinMode(A2,
INPUT_PULLUP);pinMode(A3, INPUT_PULLUP); //紅外線輸入腳位設定
}

//主程式
void loop()
{

    int ReadValue=analogRead(PointTime%4); //讀取光感位置腳位，腳位值除以 4 取
餘數
    if(ReadValue>512) //判斷光感的值，如果大於 512，表示光
被遮斷
    {
        Serial.print("DATA"); //資料寫入 EXCELL 資料檔
        Serial.print(",");
        Serial.print(float(millis()-ReadTime)/1000); //寫入時間
        Serial.print(",");
        Serial.println(PointTime%4+1); //寫入象限
        PointTime++; //腳位值加 1
        ReadTime=millis(); //時間重計
    }
}
```

(二) 實驗記錄舉隅

| 最佳設計 |      |     |      |     |      |   |      |   |      |   |
|------|------|-----|------|-----|------|---|------|---|------|---|
|      | 第一圈  | 第二次 | 第三次  | 第四次 | 第五次  |   |      |   |      |   |
| 開始   | 0.00 | 1   | 0.00 | 1   | 0.00 | 1 | 0.00 | 1 | 0.00 | 1 |
|      | 0.73 | 2   | 0.71 | 2   | 0.98 | 2 | 0.68 | 2 | 0.87 | 2 |
|      | 0.73 | 3   | 0.67 | 3   | 0.82 | 3 | 0.80 | 3 | 0.97 | 3 |
| 一圈   | 0.54 | 4   | 0.63 | 4   | 0.62 | 4 | 0.69 | 4 | 0.72 | 4 |
|      | 0.38 | 1   | 0.52 | 1   | 0.53 | 1 | 0.48 | 1 | 0.49 | 1 |
| 二圈   | 0.82 | 2   | 0.74 | 2   | 0.84 | 2 | 0.78 | 2 | 0.75 | 2 |
|      | 0.85 | 3   | 0.63 | 3   | 0.73 | 3 | 0.78 | 3 | 0.90 | 3 |
|      | 0.60 | 4   | 0.53 | 4   | 0.63 | 4 | 0.69 | 4 | 0.80 | 4 |
| 三圈   | 0.42 | 1   | 0.54 | 1   | 0.59 | 1 | 0.51 | 1 | 0.52 | 1 |
|      | 0.51 | 2   | 0.82 | 2   | 0.74 | 2 | 0.71 | 2 | 0.72 | 2 |
|      | 0.81 | 3   | 0.68 | 3   | 0.72 | 3 | 0.82 | 3 | 0.79 | 3 |
| 四圈   | 0.75 | 4   | 0.42 | 4   | 0.56 | 4 | 0.69 | 4 | 0.68 | 4 |
|      | 0.55 | 1   | 0.54 | 1   | 0.57 | 1 | 0.42 | 1 | 0.52 | 1 |
|      | 0.59 | 2   | 0.99 | 2   | 0.83 | 2 | 0.74 | 2 | 0.71 | 2 |
| 五圈   | 0.69 | 3   | 0.68 | 3   | 0.64 | 3 | 0.80 | 3 | 0.78 | 3 |
|      | 0.86 | 4   | 0.41 | 4   | 0.58 | 4 | 0.67 | 4 | 0.68 | 4 |
|      | 0.65 | 1   | 0.36 | 1   | 0.71 | 1 | 0.54 | 1 | 0.54 | 1 |
| 六圈   | 0.62 | 2   | 0.88 | 2   | 0.77 | 2 | 0.81 | 2 | 0.76 | 2 |
|      | 0.47 | 3   | 0.80 | 3   | 0.60 | 3 | 0.77 | 3 | 0.82 | 3 |
|      | 0.75 | 4   | 0.51 | 4   | 0.53 | 4 | 0.59 | 4 | 0.67 | 4 |
| 七圈   | 0.67 | 1   | 0.46 | 1   | 0.66 | 1 | 0.46 | 1 | 0.56 | 1 |
|      | 0.68 | 2   | 0.79 | 2   | 0.92 | 2 | 0.83 | 2 | 0.83 | 2 |
|      | 0.59 | 3   | 0.79 | 3   | 0.62 | 3 | 0.68 | 3 | 0.96 | 3 |
| 八圈   | 0.70 | 4   | 0.59 | 4   | 0.50 | 4 | 0.62 | 4 | 0.68 | 4 |
|      | 0.69 | 1   | 0.40 | 1   | 0.71 | 1 | 0.56 | 1 | 0.45 | 1 |
|      | 0.67 | 2   | 0.69 | 2   | 1.02 | 2 | 0.80 | 2 | 0.75 | 2 |
| 九圈   | 0.50 | 3   | 0.81 | 3   | 0.57 | 3 | 0.72 | 3 | 0.85 | 3 |
|      | 0.64 | 4   | 0.62 | 4   | 0.39 | 4 | 0.57 | 4 | 0.59 | 4 |
|      | 0.77 | 1   | 0.36 | 1   | 0.66 | 1 | 0.56 | 1 | 0.37 | 1 |
| 十圈   | 0.68 | 2   | 0.86 | 2   | 1.11 | 2 | 0.92 | 2 | 0.90 | 2 |
|      | 0.48 | 3   | 0.75 | 3   | 0.73 | 3 | 0.83 | 3 | 1.00 | 3 |
|      | 0.81 | 4   | 0.56 | 4   | 0.50 | 4 | 0.57 | 4 | 0.72 | 4 |
| 十一圈  | 0.71 | 1   | 0.42 | 1   | 0.65 | 1 | 0.45 | 1 | 0.40 | 1 |
|      | 0.63 | 2   | 0.74 | 2   | 1.04 | 2 | 0.93 | 2 | 0.78 | 2 |
|      | 0.54 | 3   | 0.77 | 3   | 0.92 | 3 | 0.72 | 3 | 0.92 | 3 |
| 十二圈  | 0.76 | 4   | 0.60 | 4   | 0.43 | 4 | 0.52 | 4 | 0.85 | 4 |
|      | 0.68 | 1   | 0.41 | 1   | 0.67 | 1 | 0.59 | 1 | 0.53 | 1 |
|      | 0.63 | 2   | 0.81 | 2   | 1.05 | 2 | 0.46 | 2 | 0.63 | 2 |
| 十三圈  | 0.44 | 3   | 0.76 | 3   | 0.69 | 3 | 0.93 | 3 | 0.76 | 3 |
|      | 0.82 | 4   | 0.50 | 4   | 0.55 | 4 | 0.40 | 4 | 0.77 | 4 |
|      | 0.83 | 1   | 0.43 | 1   | 0.65 | 1 | 0.65 | 1 | 0.57 | 1 |
| 十四圈  | 0.70 | 2   | 0.89 | 2   | 0.93 | 2 | 0.47 | 2 | 0.64 | 2 |
|      | 0.48 | 3   | 0.74 | 3   | 0.63 | 3 | 0.94 | 3 | 0.71 | 3 |
|      | 0.67 | 4   | 0.50 | 4   | 0.47 | 4 | 0.28 | 4 | 0.75 | 4 |
| 十五圈  | 0.68 | 1   | 1.03 | 1   | 0.67 | 1 | 0.34 | 1 | 0.59 | 1 |
|      | 0.59 | 2   |      |     | 0.92 | 2 | 0.95 | 2 | 0.68 | 2 |
|      | 0.70 | 3   |      |     | 0.71 | 3 |      |   | 0.73 | 3 |



## 陸、研究過程與研究結果

### 目的一、進行螞蟻原型的測試。

#### 研究 1-1：不同廠牌的電池，對螞蟻轉速有何影響？

##### 【研究構想】

PowerTech 青少年科技創作競賽場地為「立光板」板面，賽道單項全長為 210cm(預備區 40 公分、競速區 170 公分)、寬 25cm、高 8cm。由於電力大小會影響螞蟻前進的速度，因此我們運用轉速器，分別測量螞蟻前後輪的轉速。

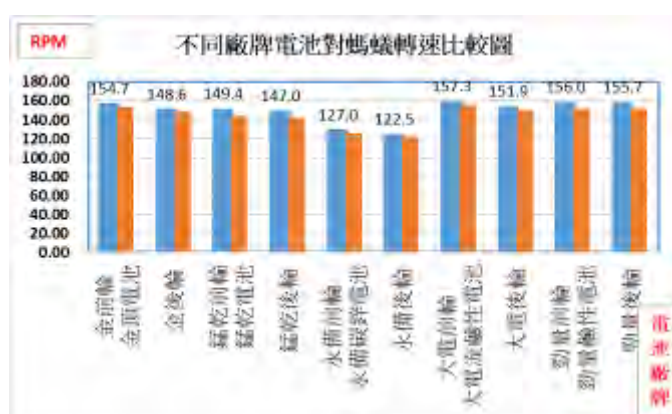


##### 【實驗步驟】

1. 將螞蟻懸空固定在拍攝架上，固定轉速器和螞蟻間的距離。
2. 裝上 3 顆金\*牌 3 號電池。
3. 在螞蟻輪子貼上反光條，同時打開電源和轉速器 10 秒，紀錄初始速度(0-10 秒)平均轉速。
4. 打開電源 10 秒後，再開啟轉速器 10 秒，紀錄平均轉速。
5. 重複步驟 2-4，更換不同廠牌的電池進行測量。
6. 將結果記錄成如下表 1-1、圖 1-1。先以轉速器測量不同廠牌的電池之前後輪轉速，再依據及平均速度(10-20 秒)進行探索。

表 1-1.不同廠牌電池對螞蟻轉速表

| 廠牌      | 金*電池  |       | 錳乾電池  |       | 永備碳鋅電池 |       | 大電流鹼性電池 |       | 勁*鹼性電池 |       |
|---------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|-------|--------|-------|
|         | 金前輪   | 金後輪   | 錳乾前輪  | 錳乾後輪  | 永備前輪   | 永備後輪  | 大電前輪    | 大電後輪  | 勁量前輪   | 勁量後輪  |
| 0-10 秒  | 154.7 | 148.6 | 149.4 | 147.0 | 127.0  | 122.5 | 157.3   | 151.9 | 156.0  | 155.7 |
| 10-20 秒 | 153.1 | 148.1 | 144.2 | 141.8 | 125.8  | 121.8 | 155.7   | 149.8 | 152.0  | 151.8 |



##### 【研究發現】

1. 前輪轉速皆優於後輪，原因是電線接線方式為使前輪接收較多的電流量。
2. 初始速度(0-10 秒) 平均轉速較平均速度(10-20 秒)快。
3. 大電流鹼性電池勁\*鹼性電池初始速度快，有爆衝的情形。錳乾電池電量從初始轉速到平均轉速相差較多。

圖 1-1.不同廠牌電池對螞蟻轉速表

## 研究 1-2：身體重量對螞蟻直線前進速度有何影響？

### 【研究構想】

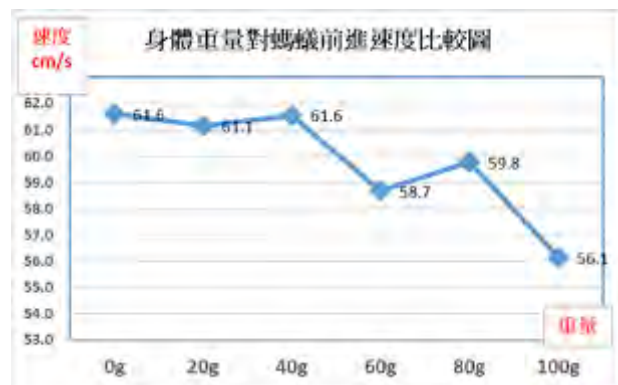
在調整不同的變因時，所使用的材料長短與數量不同，基於物體重量會影響物體移動所受的摩擦力大小，而影響行走的速度。因此我們運用同一隻螞蟻，分別加上不同的重量，在賽道上行走，測試身體重量對螞蟻行走速度影響情形。

### 【實驗步驟】

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 分別將 0g、20g、40g、60g、80g、100g 的砝碼裝到螞蟻雄兵身上，再放到賽道上。
3. 按下開關，以光敏電阻計時並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵走完全程的平均速度。
4. 將結果記錄如下表 1-2，圖 1-2。

表 1-2. 身體重量對螞蟻直線前進速度

|     | 0g   | 20g  | 40g  | 60g  | 80g  | 100g |
|-----|------|------|------|------|------|------|
| 第一次 | 64.2 | 60.5 | 64.6 | 60.5 | 61.8 | 60.3 |
| 第二次 | 59.6 | 61.2 | 61.2 | 59.9 | 59.9 | 53.5 |
| 第三次 | 61.2 | 60.3 | 61.8 | 56.1 | 59.2 | 53.5 |
| 第四次 | 64.6 | 59.6 | 60.5 | 57.2 | 60.5 | 55.0 |
| 第五次 | 58.4 | 64.2 | 59.6 | 59.6 | 57.4 | 58.4 |
| 平均  | 61.6 | 61.1 | 61.6 | 58.7 | 59.8 | 56.1 |



1-2. 身體重量對螞蟻直線前進速度比較圖

### 【研究發現】

1. 隨著荷重重量增加，螞蟻雄兵的行走速度有變慢的趨勢。
2. 0-40g 之間時，速度大致相同，我們以最大重量的螞蟻為基準，將更動的重量黏貼至螞蟻身上，以求重量一致。
3. 誤差來源也可能源於按碼錶之誤差，因此我們將運用紅外線、光敏電阻和 Arduino 設置計時的感測裝置。



## 目的二、比較不同驅動方式的螞蟻，對直線前進速度有何影響。

### 研究 2-1：馬達的串聯與並聯，對螞蟻直線前進的速度有何影響？

### 【研究構想】

在自然課中我們學習到燈泡的串聯與並聯會影響亮度，我們很好奇馬達的串聯與並聯是否也會影響螞蟻直線前進的速度。因此，我們改變電線連接的方式，並測量前進的速度。

### 【實驗步驟】

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 分別改變電線連接方式為馬達串聯與馬達並聯。
3. 放到賽道上，按下開關計時並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵走完全程的平均速度。
5. 將結果記錄如下表 2-1，圖 2-1。

**【研究發現】**

表 2-1.馬達串聯與並聯

|     | 馬達串聯 | 馬達並聯 1 | 馬達並聯 2 |
|-----|------|--------|--------|
| 第一次 | 43.0 | 77.3   | 73.0   |
| 第二次 | 42.8 | 74.2   | 71.4   |
| 第三次 | 44.5 | 75.6   | 76.6   |
| 第四次 | 42.1 | 75.6   | 78.7   |
| 第五次 | 42.8 | 77.3   | 76.2   |
| 平均  | 43.1 | 76.0   | 75.2   |

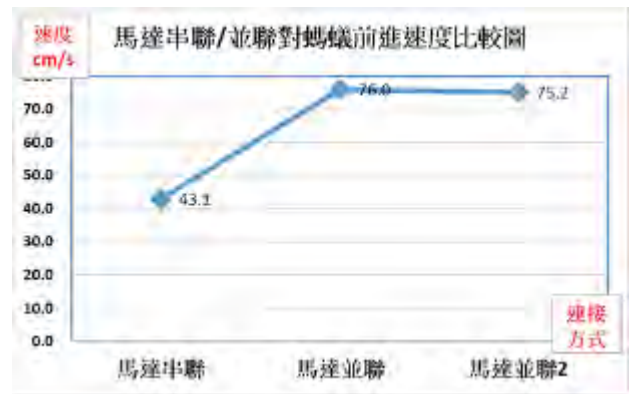


圖2-1.馬達連接方式對螞蟻直線前進速度比較

**【實驗結果與討論】**

1. 馬達並聯的速度較快。
2. 在供電量只有 4.5v 的情況下，串聯 2 個馬達速度明顯變慢。

**研究 2-2：不同驅動方式，對螞蟻直線前進的速度有何影響？**

**【研究構想】**

螞蟻雄兵為二個馬達的設計，我們想了解不同驅動方式，對螞蟻前進的速度是否有影響，因此利用螞蟻雄兵原型，將馬達抽出齒輪盒的方式，測量前進的速度。

**【實驗步驟】**

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 分別將馬達抽出齒輪盒，將驅動方式改為前驅動、後驅動、四輪驅動。
3. 放到賽道上，按下開關，計時並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵走完全程的平均速度。
4. 將結果記錄如下表 2-2，圖 2-2。

**【研究發現】**

表 2-2.不同驅動方式

|     | 四輪驅動 | 前輪驅動 | 後輪驅動 |
|-----|------|------|------|
| 第一次 | 64.2 | 45.0 | 51.4 |
| 第二次 | 59.6 | 45.7 | 49.9 |
| 第三次 | 61.2 | 49.9 | 50.0 |
| 第四次 | 64.6 | 50.4 | 47.8 |
| 第五次 | 58.4 | 50.9 | 54.1 |
| 平均  | 61.6 | 48.4 | 50.6 |



2-2.不同驅動方式對螞蟻直線前進速度比較圖

**【實驗結果與討論】**

1. 四輪驅動速度最快。
2. 後輪驅動的前進方向會左右不定。

**研究 2-3：不同齒輪排列方式，對螞蟻直線前進的速度有何影響？**

**【研究構想】**

組裝齒輪盒的時候，我們發現齒輪的排列方式，可以將雙凸齒輪和平凸齒輪的位置交換。因此，我們利用螞蟻雄兵原型，改變齒輪排列的方式，並測量前進的速度。



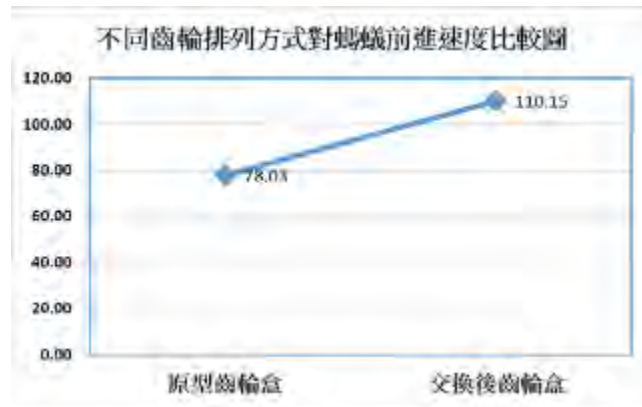
### 【實驗步驟】

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 分別將齒輪的排列方式分為原型齒輪和交換後齒輪組合。
3. 放到賽道上，按下開關，計時並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵走完全程的平均速度。
4. 將結果記錄如下表 2-3，圖 2-3。

### 【研究發現】

表 2-3.原型和交換後的齒輪盒

|     | 原型齒輪 | 交換後齒輪 |
|-----|------|-------|
| 第一次 | 75.6 | 111.1 |
| 第二次 | 81.3 | 108.3 |
| 第三次 | 78.7 | 111.1 |
| 第四次 | 81.0 | 106.9 |
| 第五次 | 73.6 | 113.3 |
| 平均  | 78.0 | 110.2 |



2-3.不同齒輪排列方式對螞蟻直線前進速度比較圖

### 【實驗結果與討論】

1. 我們觀察到交換後的齒輪排列方式，行走速度明顯的提升。
2. 交換後的齒輪組盒，速度快但扭力不佳，碰撞時容易造成齒輪磨損，因此後續研究採用原型齒輪排列。

## 目的三、比較不同輪子設計的螞蟻，對前進速度及繞圈圈數有何影響。

### 研究 3-1：不同輪子的寬度，對螞蟻直線前進的速度有何影響？

#### 【研究構想】

當冰棒棍重疊排列時，會形成一些空隙，快速轉動時，就像增加了輪寬一樣，我們好奇這樣的設計，是否會影響前進的速度，因此，改變冰棒棍黏貼的方式，並測量前進的速度。



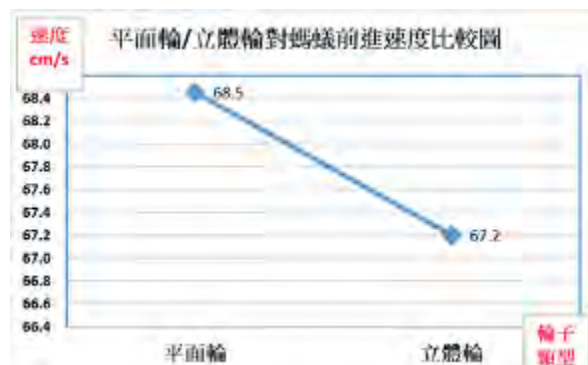
#### 【實驗步驟】

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 分別將冰棍製作成直徑 11.4 公分的立體輪與平面輪。
3. 放到賽道上按下開關，計時並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵走完全程的平均速度。
4. 將結果記錄如下表 3-1，圖 3-1。

### 【研究發現】

表 3-1.平面輪和立體輪

|     | 平面輪  | 立體輪  |
|-----|------|------|
| 第一次 | 70.0 | 67.5 |
| 第二次 | 68.3 | 66.1 |
| 第三次 | 67.5 | 68.5 |
| 第四次 | 67.5 | 67.2 |
| 第五次 | 69.1 | 66.7 |
| 平均  | 68.5 | 67.2 |



3-1.平面輪和立體輪對螞蟻直線前進速度比較圖

### 【實驗結果與討論】

1. 平面輪的速度較快一些。
2. 實驗中觀察到，立體輪的起伏較大。

## 研究 3-2：不同輪直徑，對螞蟻直線前進的速度有何影響？

### 【研究構想】

不同直徑的輪子，圓周長也不同，我們想知道對螞蟻前進的速度是否會有影響，因此，利用螞蟻雄兵原型，改變輪子直徑，並測量前進的速度。

### 【實驗步驟】

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 以冰棒棍一半的長度 5.7cm 為基準，依比例將輪直徑分為 5.7cm(1 倍)、8.55cm(1.5 倍)、11.4cm(2 倍)、14.25cm(2.5 倍)、17.1cm(3 倍)的長度。
3. 放到賽道上按下開關，計時並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵走完全程的平均速度。
4. 將結果記錄如下表 3-2，圖 3-2。

### 【研究發現】

表 3-2.輪直徑對速度的影響

|     | 8.55 公分 | 11.4 公分 | 14.25 公分 | 17.1 公分 |
|-----|---------|---------|----------|---------|
| 第一次 | 52.8    | 64.2    | 57.8     | 81.0    |
| 第二次 | 54.5    | 59.6    | 71.4     | 90.9    |
| 第三次 | 51.7    | 61.2    | 81.3     | 72.6    |
| 第四次 | 51.4    | 64.6    | 67.2     | 74.6    |
| 第五次 | 50.9    | 58.4    | 70.8     | 88.1    |
| 平均  | 52.24   | 61.60   | 69.72    | 81.43   |

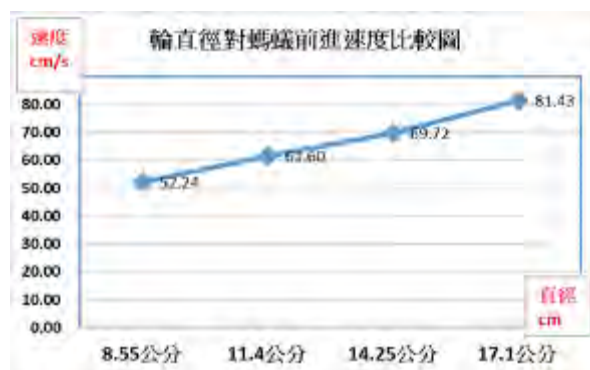


圖3-2.輪直徑對螞蟻直線前進速度比較圖

### 【實驗結果與討論】

1. 直徑愈大的輪子，速度比較快。
2. 直徑過短(5.7 公分)的輪子，會造成螞蟻身體與賽道摩擦。
3. 直徑愈大，螞蟻愈容易爬出賽道。

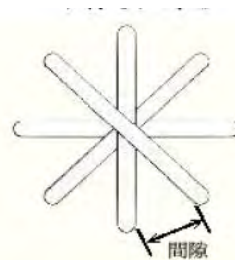
## 研究 3-3：不同輪軸間距，對螞蟻直線前進的速度有何影響？

### 【研究構想】

依據競賽規則「螞蟻腳底間隙（尖端邊緣）須大於2公分。」因此以直徑11.4公分的輪子為原型，其圓周長約為35.8公分，扣除冰棒棍寬度 $0.9 \times n$ ，再將剩餘長度除以n的方式進行規劃。

### 【實驗步驟】

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 以冰棒棍一半的長度 5.7cm 為基準，分別黏上 4 根（間距 8.1cm）、8 根（間距 3.6cm）、12 根（間距 2.1cm）冰棒棍。
3. 放到賽道上，按下開關，計時並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵走完全程的平均速度。
4. 將結果記錄如下表 3-3，圖 3-3。



**【研究發現】**

表 3-3.輪間距(平面輪)

|     | 8.1公分 | 3.6公分 | 2.1公分 |
|-----|-------|-------|-------|
| 第一次 | 53.8  | 70.0  | 77.3  |
| 第二次 | 53.0  | 68.3  | 78.0  |
| 第三次 | 52.5  | 67.5  | 76.2  |
| 第四次 | 54.0  | 67.5  | 75.9  |
| 第五次 | 53.3  | 69.1  | 77.6  |
| 平均  | 53.3  | 68.5  | 77.0  |

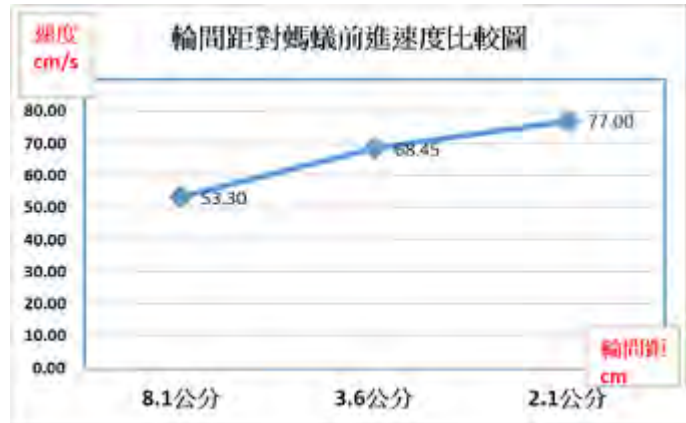


圖 3-3.輪間距對螞蟻直線前進速度比較圖

**【實驗結果與討論】**

1. 輪間距愈小，愈接近圓形，行走較穩定不偏斜，速度愈快。
2. 間距 2.1 公分，在製作時稍微偏斜很容易小於 2 公分，違反比賽規則。

**研究 3-4：不同大小輪配置，對螞蟻直線前進的速度有何影響？**

**【研究構想】**

根據研究 3-2 我們發現大輪速度快但易爬出賽道外，小輪速度稍慢但穩定，因此我們利用螞蟻雄兵原型，改變大小輪的配置，並測量前進的速度。

**【實驗步驟】**

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 以冰棒棍一半的長度 5.7cm 為基準，依比例將輪直徑分為 5.7cm(1 倍)、8.55cm(1.5 倍)、11.4cm(2 倍)、14.25cm(2.5 倍)、17.1cm(3 倍)的長度進行組合。
3. 放到賽道上按下開關，計時並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵走完全程的平均速度。
4. 將結果記錄如下表 3-4，圖 3-4。

**【研究發現】**

表 3-4.大小輪配置

|     | 3 : 3 | 3 : 2.5 | 3 : 2 | 3 : 1.5 | 3 : 1 | 2.5 : 3 | 2.5 : 2.5 | 2.5 : 2 | 2.5 : 1.5 | 2.5 : 1 |
|-----|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| 第一次 | 67.7  | 72.0    | 72.0  | 72.3    | 無法實驗  | 73.0    | 75.6      | 63.7    | 71.7      | 無法實驗    |
| 第二次 | 76.2  | 79.1    | 71.7  | 66.1    | 無法實驗  | 71.1    | 72.3      | 64.9    | 68.0      | 無法實驗    |
| 第三次 | 73.3  | 71.1    | 69.4  | 67.2    | 無法實驗  | 71.1    | 75.6      | 63.4    | 67.7      | 無法實驗    |
| 第四次 | 75.2  | 72.6    | 65.4  | 70.5    | 無法實驗  | 76.6    | 73.0      | 62.3    | 66.7      | 無法實驗    |
| 第五次 | 77.6  | 74.9    | 62.5  | 70.8    | 無法實驗  | 71.1    | 71.1      | 63.7    | 60.1      | 無法實驗    |
| 平均  | 74.0  | 74.0    | 68.2  | 69.4    | 無法實驗  | 72.6    | 73.5      | 63.6    | 66.8      | 無法實驗    |
|     | 2 : 3 | 2 : 2.5 | 2 : 2 | 2 : 1.5 | 2 : 1 | 1.5 : 3 | 1.5 : 2.5 | 1.5 : 2 | 1.5 : 1.5 | 1.5 : 1 |
| 第一次 | 68.3  | 64.4    | 63.9  | 69.4    | 無法實驗  | 70.5    | 68.8      | 68.5    | 63.0      | 無法實驗    |
| 第二次 | 63.9  | 64.4    | 61.8  | 72.0    | 無法實驗  | 68.5    | 69.4      | 68.8    | 63.7      | 無法實驗    |
| 第三次 | 67.7  | 64.9    | 60.9  | 72.3    | 無法實驗  | 69.4    | 69.1      | 68.5    | 61.4      | 無法實驗    |
| 第四次 | 66.4  | 63.4    | 60.3  | 70.0    | 無法實驗  | 68.0    | 68.5      | 70.0    | 60.9      | 無法實驗    |
| 第五次 | 65.4  | 62.5    | 60.7  | 71.4    | 無法實驗  | 70.5    | 70.0      | 71.1    | 60.7      | 無法實驗    |
| 平均  | 66.3  | 63.9    | 61.5  | 71.0    | 無法實驗  | 69.4    | 69.2      | 69.4    | 61.9      | 無法實驗    |



圖 3-4.不同大小輪配置對速度比較圖

**【實驗結果與討論】**

1. 輪直徑 14.25cm(2.5 倍)、17.1cm(3 倍)的長度組合 (3 : 3 和 3 : 2.5)，有較佳的速度。
2. 大輪與小輪差距過大，速度明顯的減慢。

**研究 3-5：不同大小輪配置，對螞蟻繞圈的圈數有何影響？**

**【研究構想】**

大輪速度快、小輪穩定，在繞圈賽中繞出圈數最多，是獲勝的關鍵。為了找出最佳圈數，因此我們利用螞蟻雄兵原型，改變大小輪配置，並測量所繞的圈數。

**【實驗步驟】**

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 以冰棒棍一半的長度 5.7cm 為基準，依比例將輪直徑分為 5.7cm(1 倍)、8.55cm(1.5 倍)、11.4cm(2 倍)、14.25cm(2.5 倍)、17.1cm(3 倍)的長度進行組合。
3. 放到繞圈賽道起點上，利用雷射光打在光敏電阻上，4 個象限依序偵測，計時 30 秒並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵所繞圈數。
4. 將結果記錄如下表 3-5，圖 3-5。

**【研究發現】**表3-5.大小輪配置

|     | 3 : 3 | 3 : 2.5 | 3 : 2 | 3 : 1.5 | 3 : 1 | 2.5 : 3 | 2.5 : 2.5 | 2.5 : 2 | 2.5 : 1.5 | 2.5 : 1 |
|-----|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| 第一次 | 無法實驗  | 無法實驗    | 10.8  | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 1.8       | 1.3     | 無法實驗      | 無法實驗    |
| 第二次 | 無法實驗  | 無法實驗    | 4.0   | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 4.3       | 4.3     | 無法實驗      | 無法實驗    |
| 第三次 | 無法實驗  | 無法實驗    | 9.5   | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 3.5       | 3.5     | 無法實驗      | 無法實驗    |
| 第四次 | 無法實驗  | 無法實驗    | 3.8   | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 5.5       | 4.0     | 無法實驗      | 無法實驗    |
| 第五次 | 無法實驗  | 無法實驗    | 2.0   | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 4.0       | 5.5     | 無法實驗      | 無法實驗    |
| 平均  | 無法實驗  | 無法實驗    | 6.0   | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 3.8       | 3.7     | 無法實驗      | 無法實驗    |
|     | 2 : 3 | 2 : 2.5 | 2 : 2 | 2 : 1.5 | 2 : 1 | 1.5 : 3 | 1.5 : 2.5 | 1.5 : 2 | 1.5 : 1.5 | 1.5 : 1 |
| 第一次 | 0.8   | 11.3    | 10.0  | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗      | 9.3     | 無法實驗      | 無法實驗    |
| 第二次 | 5.8   | 4.5     | 2.5   | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗      | 6.0     | 無法實驗      | 無法實驗    |
| 第三次 | 7.5   | 2.0     | 5.8   | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗      | 10.0    | 無法實驗      | 無法實驗    |
| 第四次 | 1.8   | 3.0     | 11.3  | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗      | 4.3     | 無法實驗      | 無法實驗    |
| 第五次 | 3.3   | 3.0     | 13.0  | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗      | 5.3     | 無法實驗      | 無法實驗    |
| 平均  | 3.8   | 4.8     | 8.5   | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗      | 7.0     | 無法實驗      | 無法實驗    |

**【實驗結果與討論】**

1. 14.25cm(2.5 倍)、17.1cm(3 倍)的配置，在繞圈賽中彎曲身體時會卡住，因此無法實驗。
2. 實驗發現，輪子 11.4cm(2 倍)能繞出較多的圈數。

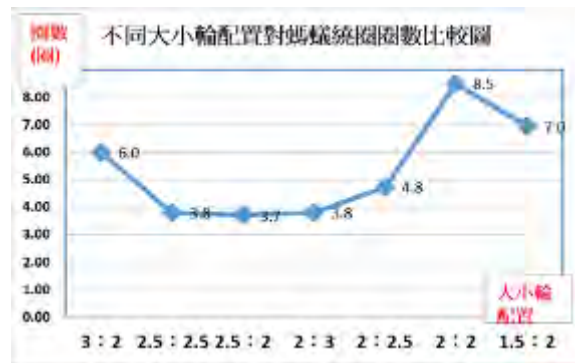


圖 3-5.大小輪配置對螞蟻繞圈圈數比較圖

## 目的四、比較不同摩擦力的螞蟻，對前進速度及繞圈圈數有何影響。

### 研究 4-1：不同材質的止滑墊，對螞蟻直線前進的速度有何影響？

#### 【研究構想】

競賽規定若加裝防滑置，其最大寬度不得大於冰棒棍原始寬度，厚度須小於 0.5 公分。搜尋坊間的防滑貼條，符合厚度要求的材質我們選用了粗砂紙和止滑墊進行實驗。

#### 【實驗步驟】

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 於冰棒棍末端貼上長寬各 1cm 的粗砂紙。
3. 放到賽道上按下開關，計時並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵走完全程的平均速度。
4. 撕下粗砂紙，改貼上長寬各 1cm 的止滑墊，重複步驟 3。
5. 將結果記錄如下表 4-1，圖 4-1。

#### 【研究發現】

表 4-1.不同材質

|     | 止滑墊   | 粗砂紙   | 無止滑   |
|-----|-------|-------|-------|
| 第一次 | 75.9  | 75.6  | 70.0  |
| 第二次 | 76.2  | 79.1  | 68.3  |
| 第三次 | 75.2  | 73.6  | 70.5  |
| 第四次 | 78.3  | 74.6  | 70.5  |
| 第五次 | 78.3  | 74.6  | 70.0  |
| 平均  | 76.81 | 75.47 | 69.85 |



圖4-1.不同材質的止滑墊對前進速度的比較圖

#### 【實驗結果與討論】

1. 止滑墊的止滑效果較佳，較柔軟帶有避震效果。
2. 貼上止滑後，螞蟻較不會偏斜，因此速度較佳。

### 研究 4-2：不同摩擦力配置，對螞蟻直線前進的速度有何影響？

#### 【研究構想】

加上止滑墊後速度有所提升，我們好奇是否在不同的位置加上摩擦力，能使速度更快。因此我們利用螞蟻雄兵原型，改變摩擦力配置，並測量前進的速度。

#### 【實驗步驟】

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 分別在前輪、後輪、四輪貼上止滑墊。
3. 放到賽道上按下開關，計時並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵走完全程的平均速度。
4. 將結果記錄如下表 4-2，圖 4-2。

#### 【研究發現】

表 4-2.不同止滑位置

|     | 無止滑  | 前止滑  | 後止滑  | 全止滑  |
|-----|------|------|------|------|
| 第一次 | 65.1 | 77.3 | 81.7 | 82.1 |
| 第二次 | 66.4 | 76.2 | 79.8 | 79.1 |
| 第三次 | 69.4 | 75.2 | 81.7 | 82.9 |
| 第四次 | 64.6 | 76.6 | 79.4 | 80.6 |
| 第五次 | 69.1 | 76.9 | 80.2 | 80.2 |
| 平均  | 66.9 | 76.4 | 80.6 | 81.0 |

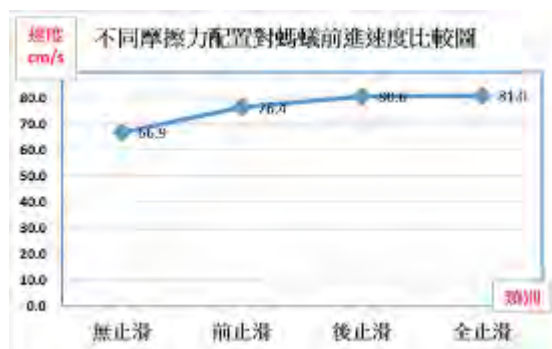


圖4-2.不同摩擦力配置對速度的比較圖

### 【實驗結果與討論】

1. 四輪貼上止滑墊，有最佳的行走速度。
2. 後輪貼上止滑墊，防止打滑，提供直線前進的力量。

## 研究 4-3：不同摩擦力配置，對螞蟻繞圈的圈數有何影響？

### 【研究構想】

繞圈賽中螞蟻會改變行進方向，止滑墊在彎道中能發揮怎樣的作用，令我們感到好奇。為了找出最佳圈數，我們利用螞蟻雄兵原型，改變前後輪止滑的位置，並測量所繞的圈數。

### 【實驗步驟】

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 分別在前輪、後輪、四輪貼上止滑墊。
3. 放到繞圈賽道起點上，利用雷射光打在光敏電阻上，4 個象限依序偵測，計時 30 秒並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵所繞圈數。
4. 將結果記錄如下表 4-3，圖 4-3。

### 【研究發現】

表 4-3.不同摩擦力配置

|     | 無止滑  | 前止滑  | 後止滑  | 全止滑  |
|-----|------|------|------|------|
| 第一次 | 3.8  | 8.8  | 5.3  | 12.5 |
| 第二次 | 11.5 | 8.5  | 3.5  | 10.3 |
| 第三次 | 11.3 | 7.5  | 3.5  | 2.8  |
| 第四次 | 6.0  | 5.0  | 2.5  | 6.0  |
| 第五次 | 8.5  | 13.0 | 3.5  | 11.5 |
| 平均  | 8.20 | 8.55 | 3.65 | 8.60 |



表4-3.不同摩擦力配置對螞蟻繞圈圈數比較圖

### 【實驗結果與討論】

1. 四輪止滑，有最佳的繞圈圈數。
2. 前輪止滑能導引方向，有較佳的繞圈圈數。

## 目的五：比較不同身體設計的螞蟻，對前進速度及繞圈圈數有何影響。

### 研究 5-1：不同身體彎曲角度，對螞蟻繞圈的圈數有何影響？

### 【研究構想】

繞圈賽場地中央有個長方體，如何在有限的場地內繞圈，我們利用螞蟻雄兵原型，以 Protractor App 測出身體彎曲角度(兩車軸之間夾角)，並測量其繞圈圈數。

### 【實驗步驟】

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 分別將身體彎曲成 40 度、45 度、50 度、55 度、60 度、65 度。
3. 放到繞圈賽道起點上，利用雷射光打在光敏電阻上，4 個象限依序偵測，計時 30 秒並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵所繞圈數。
4. 將結果記錄如下表 5-1，圖 5-1。

**【研究發現】**

表 5-1.身體彎曲角度

|     | 40度 | 45度 | 50度 | 55度 | 60度 | 65度 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 第一次 | 0.8 | 8.5 | 1.5 | 3.0 | 0.8 | 0.0 |
| 第二次 | 2.0 | 1.3 | 6.3 | 9.5 | 0.5 | 0.0 |
| 第三次 | 2.5 | 0.8 | 8.0 | 7.0 | 3.0 | 0.0 |
| 第四次 | 1.0 | 3.0 | 2.5 | 5.0 | 1.0 | 0.0 |
| 第五次 | 1.3 | 0.8 | 4.3 | 3.0 | 2.8 | 0.0 |
| 平均  | 1.5 | 2.9 | 4.5 | 5.5 | 1.6 | 0.0 |

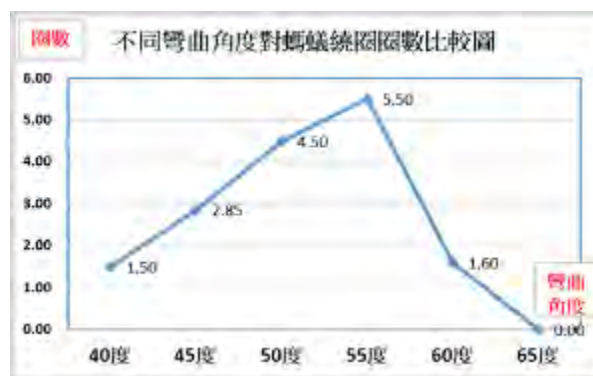
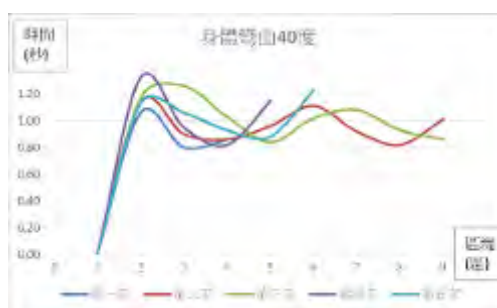
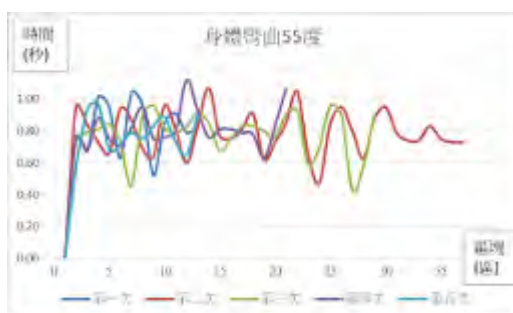


圖5-1.不同彎曲角度對繞圈圈數比較圖



**【實驗結果與討論】**

1. 身體彎曲 55 度能繞出最佳圈數。
2. 角度太小容易碰撞，角度過大就會跑出場外。
3. 彎曲 55 度時，每個區塊(象限)所耗費的時間較短；彎曲 40 度，則耗費較長的時間。

**研究 5-2：不同連桿長度(身體長度)，對螞蟻繞圈的圈數有何影響？**

**【研究構想】**

連桿較長，螞蟻的身體相對較長，是否會影響繞圈我們感到好奇，因此利用螞蟻雄兵原型，改變連桿的長短，並測量其繞圈圈數。

**【實驗步驟】**

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 將螞蟻身體之間的連桿，依序移動螺絲的位置，增加為 2、3、4、5 公分。
3. 放到繞圈賽道起點上，利用雷射光打在光敏電阻上，4 個象限依序偵測，計時 30 秒並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵所繞圈數。
4. 將結果記錄如下表 5-2，圖 5-2。

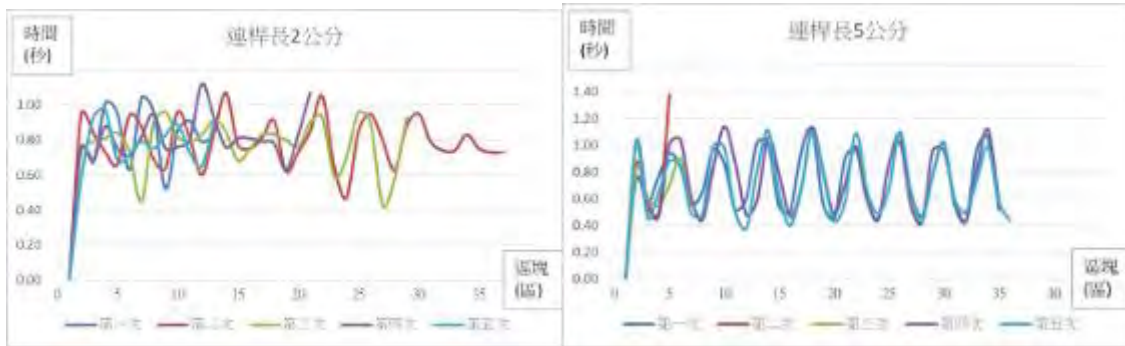
**【研究發現】**

表5-2.連桿長度

|     | 2公分 | 3公分 | 4公分 | 5公分 |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 第一次 | 3.0 | 5.8 | 5.5 | 8.5 |
| 第二次 | 9.5 | 4.0 | 4.3 | 1.0 |
| 第三次 | 7.0 | 5.8 | 5.0 | 1.5 |
| 第四次 | 5.0 | 3.5 | 4.0 | 8.5 |
| 第五次 | 3.0 | 3.5 | 6.5 | 8.8 |
| 平均  | 5.5 | 4.5 | 5.1 | 5.7 |



圖5-2.連桿長度對繞圈圈數比較圖



**【實驗結果與討論】**

1. 連桿長 5 公分有最佳繞圈圈數，連桿長 2 公分也有好的繞圈圈數。
2. 由各區塊的比較圖可以發現，連桿長 5 公分繞圈時間長，但穩定。

**目的六：在最佳速度的條件下，探討不同重心位置，對螞蟻繞圈有何影響。**

**研究 6-1：不同電池盒位置，對螞蟻繞圈有何影響？**

**【研究構想】**

一個電池盒(含 3 顆電池)約 110 克，佔了整隻螞蟻重量的 1/3，因此是螞蟻移動過程中很重要的重心位置，我們利用螞蟻雄兵原型，調整電池盒的位置，並測量其繞圈圈數。

**【實驗步驟】**

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 將電池盒更動位置為重心在內、重心在中、重心在外。
3. 放到繞圈賽道起點上，利用雷射光打在光敏電阻上，4 個象限依序偵測，計時 30 秒並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵所繞圈數。
4. 將結果記錄如下表 6-1、圖 6-1。

**【研究發現】**

表 6-1.重心位置

|     | 重心在內  | 重心在中 | 重心在外  |
|-----|-------|------|-------|
| 第一次 | 10.50 | 3.25 | 6.75  |
| 第二次 | 10.50 | 9.75 | 9.50  |
| 第三次 | 10.75 | 7.25 | 8.00  |
| 第四次 | 10.50 | 5.25 | 6.75  |
| 第五次 | 10.50 | 3.25 | 10.00 |
| 平均  | 10.55 | 5.75 | 8.20  |

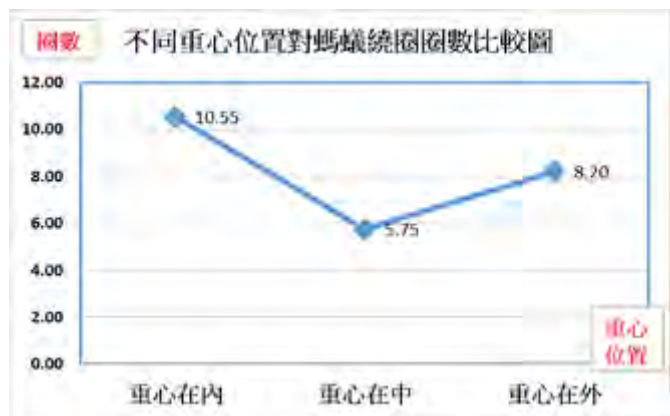
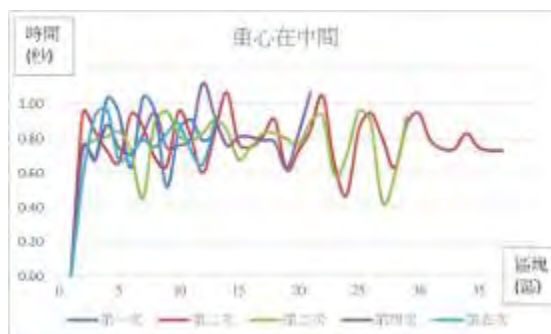
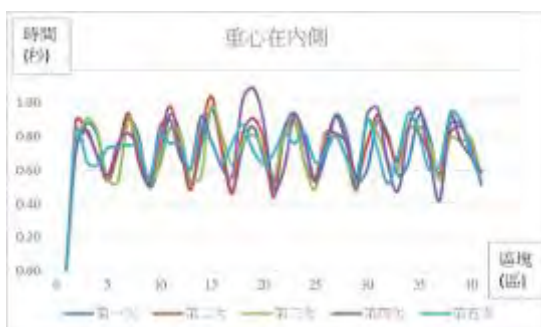


表6-1.重心位置對繞圈圈數比較圖





### 【實驗結果與討論】

1. 重心在內側有最佳的繞圈。
2. 從各區塊的比較圖可以發現，重心在內側時螞蟻的移動穩定又快速；我們過去認為電池要平放在中央，原來會造成繞圈時的不穩定。

### 研究 6-2：不同車軸位置，對螞蟻繞圈有何影響？

#### 【研究構想】

在製作的過程中，我們發現車軸可以左右推動，因此想改變左右車軸的長短位置，一個長軸是 9 公分，齒輪盒寬度 2.5 公分，與左右曲柄連接約 0.5 公分，剩餘的六公分以左：右=1：5、和右：左=5：1 的比例進行螞蟻繞圈的測試。

#### 【實驗步驟】

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 分別將車軸左右推動為車軸偏內(左：右=1：5)、車軸在中(左：右=3：3)和車軸偏外(左：右=5：1)的比例進行。
3. 放到繞圈賽道起點上，利用雷射光打在光敏電阻上，4 個象限依序偵測，計時 30 秒並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵所繞圈數。
4. 將結果記錄如下表 6-2，圖 6-2。

#### 【研究發現】

表 6-2.車軸位置

|     | 車軸偏內 | 車軸在中 | 車軸偏外 |
|-----|------|------|------|
| 第一次 | 9.8  | 3.0  | 10.5 |
| 第二次 | 5.3  | 9.5  | 7.0  |
| 第三次 | 9.3  | 7.0  | 6.8  |
| 第四次 | 9.5  | 5.0  | 10.5 |
| 第五次 | 9.0  | 3.0  | 5.0  |
| 平均  | 8.6  | 5.5  | 8.0  |

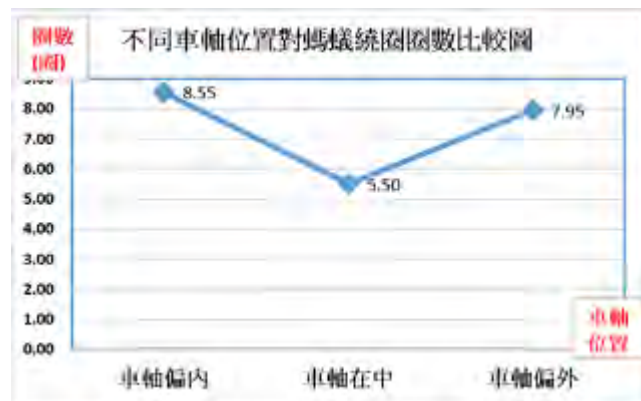
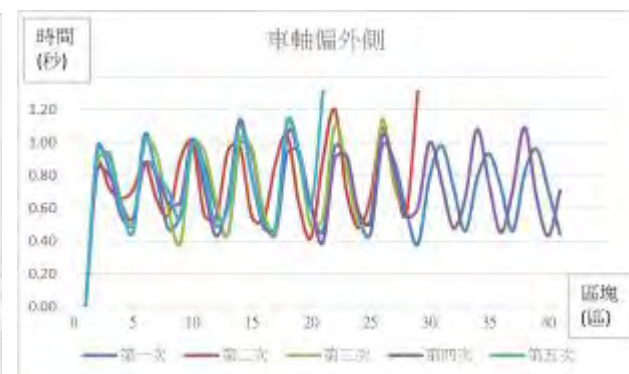
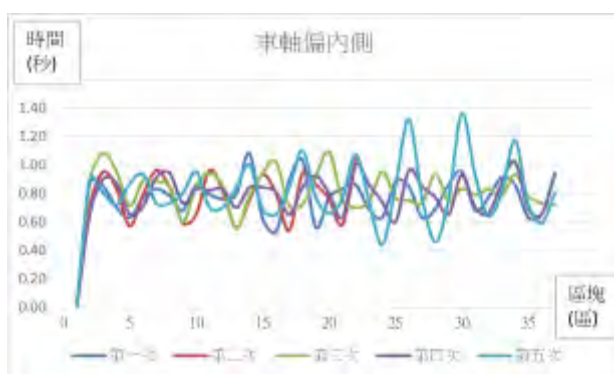


圖 6-2.車軸位置對繞圈圈數比較圖



### 【實驗結果與討論】

1. 車軸在內側有最佳的繞圈圈數。
2. 從各區塊的比較圖可以發現，車軸在內側時螞蟻繞圈的移動速度快，車軸在外側時，在固定的角度會有較大的偏斜，造成繞圈時間變長。

## 目的七：製作一隻速度與繞圈最佳效果的螞蟻雄兵。

### 【研究構想】

螞蟻雄兵要在第一關「行走速度快」勝出，又能在第二關的「繞圈」比賽中獲勝，結合以上的實驗結果要找出最佳的組合。

### 【實驗步驟】

1. 整理上述研究結果，討論與歸納螞蟻雄兵的驅動方式、輪子設計、摩擦力、身體設計及重心位置。
2. 根據結論製作一隻速度與繞圈最佳效果的螞蟻雄兵。

### 【研究發現】

|       | 最佳速度(cm/s) | 最佳圈數(圈) |
|-------|------------|---------|
| 第 1 次 | 72.3       | 11.8    |
| 第 2 次 | 71.4       | 11.0    |
| 第 3 次 | 71.4       | 11.0    |
| 第 4 次 | 75.6       | 11.8    |
| 第 5 次 | 75.6       | 10.8    |
| 平均    | 73.3       | 11.3    |

### 【實驗結果與討論】




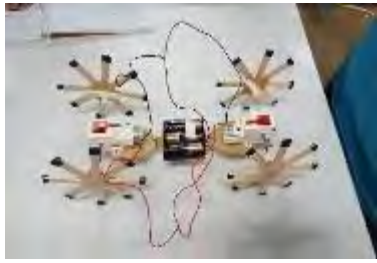
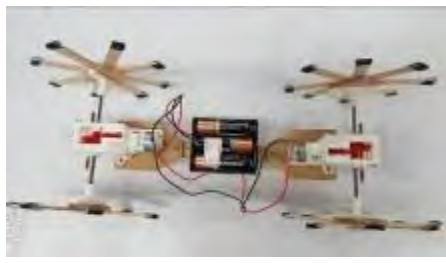
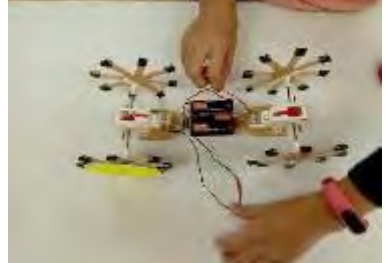
1. 使用交換後齒輪排列雖然速度快，但容易磨損而失去動力。
2. 大輪速度雖然快，但容易爬出賽道或繞圈時爬上中央的長方體，因此調整為較穩定的小輪直徑 11.4cm 進行繞圈。
3. 重心與車軸位置在速度賽時在中央，避免偏斜；待繞圈賽時，可以在限定的 10 分鐘內迅速調整位置為內側，繞圈圈數有明顯的提升。

| 競賽項目                   | 改變的因素    | 最佳效果  | 選擇   |          |
|------------------------|----------|---|--|----------|
| 行走速度最快                 | 一、不同驅動方式 | 馬達並聯  | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 馬達並聯</li> <li>✓ 四輪驅動</li> <li>✓ <u>調整為:原型齒輪排列</u></li> <li>✓ 平面輪</li> <li>✓ <u>調整為:輪長 11.4cm 間距 3.6cm</u></li> <li>✓ <u>調整為: 輪直徑 11.4cm(2:2)的組合</u></li> <li>✓ 全止滑</li> <li>✓ 連桿 2 公分</li> <li>✓ 彎曲角度 55 度</li> <li>✓ 重心在內</li> <li>✓ 車軸在內</li> </ul> |          |
|                        |          | 四輪驅動  |  |          |
|                        |          | 交換後齒輪排列方式                                     |  |          |
|                        | 二、不同輪子設計 | 平面輪   |  |          |
|                        |          | 輪長 17.1cm                                     |  |          |
|                        |          | 間距 2.1cm                                      |  |          |
|                        |          | 輪直徑 14.25cm(2.5 倍)、17.1cm(3 倍)的組合 (3:3、3:2.5) |  |          |
|                        |          | 三、不同摩擦力配置                                     |  | 止滑墊、全止滑  |
|                        |          |   |  | 四、不同身體設計 |
| 連桿 5 公分/連桿 2 公分        |          |   |  |          |
| 輪子 11.4cm(2 倍)的組合(2:2) |          |   |  |          |
| 五、不同重心位置               | 重心在內     |   |  |          |
|                        | 車軸偏內     |   |  |          |

## 柒、討論

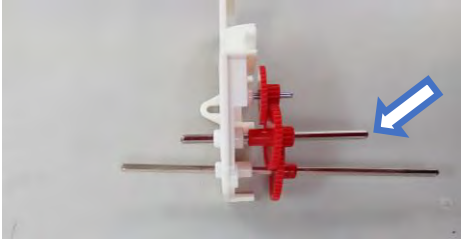

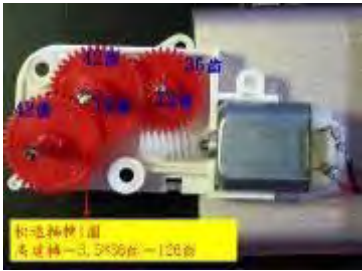

### 一、比較不同驅動方式的螞蟻，對直線前進速度有何影響。

從【研究 2-1】發現，馬達的串聯與並聯對螞蟻移動的速度有明顯的差異。一開始我們將並聯 1 的情況誤認為串聯，覺得實驗數據很奇怪，經過向老師求證後發現，由電池盒正極連接其中一個馬達，負極連至另一個馬達，兩個馬達之間再用線連接才是串聯的接法，果然書本知識與應用時還是有點差異，需要一些實戰經驗才會更確認。最後實驗結果發現三種接法的速度是：並聯 1 > 並聯 2 > 串聯。

| 並聯 1   | 並聯 2  | 串聯   |
|--|---|--|
|   |   |   |
|  |  |  |

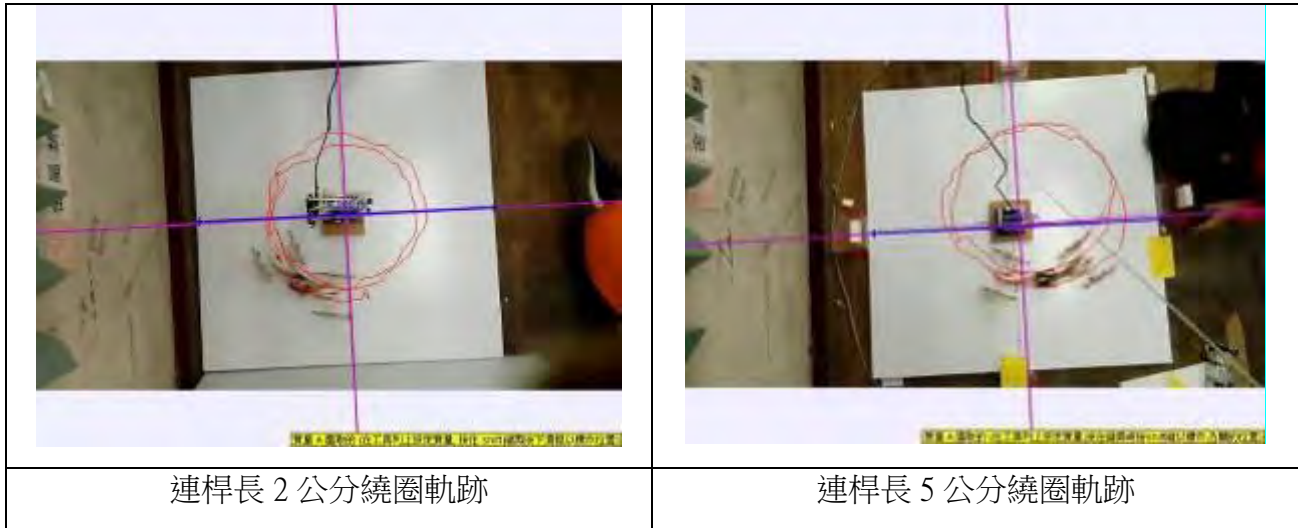
### 二、比較不同齒輪排列方式的螞蟻對移動速度有何影響。

從【研究 2-3】我們發現，一個齒輪盒裡的齒輪分為：小齒輪（軸 1 2 齒、輪 3 6 齒）、平凸齒輪（軸 0 齒、輪 4 2 齒）、雙凸齒輪（軸 0 齒、輪 4 2 齒、軸 1 2 齒），其排列方式分為原型齒輪以及交換後齒輪，交換後齒輪速度極快，但是扭力小，稍微碰撞到障礙物就會發出磨損的聲音並卡住，考量競賽更換時間來不及交換齒輪排列，以及有損壞的風險，最後採取原型齒輪進行後續的實驗。

|   |  |
|---|--|
|  |  |
| 齒輪排列-快速軸  | 齒輪排列-超級快速軸   |
|  |  |

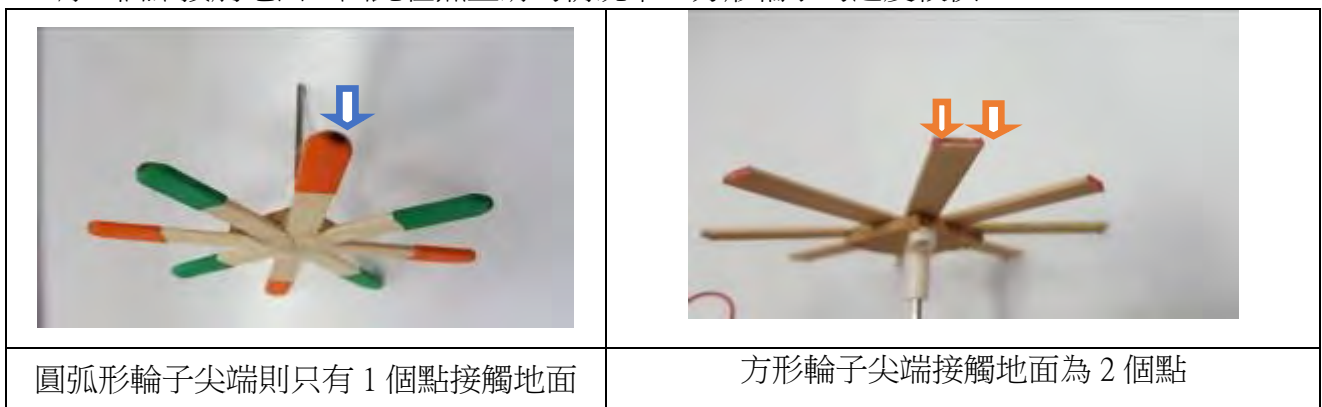
### 三、不同連桿長度對螞蟻直線前進的速度有何影響。

從【研究 5-2】實驗中發現，螞蟻雄兵連桿長 5 公分，竟然與連桿長 2 公分的設計，繞圈圈數相近，這引發我們的疑問。利用 Tracker 軟體分析，發現連桿長 2 公分是一種正圓形，但是很貼近中間，稍有偏斜便容易撞上中央的立方體；而連桿長 5 公分是一種長橢圓形，前輪抓準方向，後輪有點飄移，但是能在場地內順利繞圈。

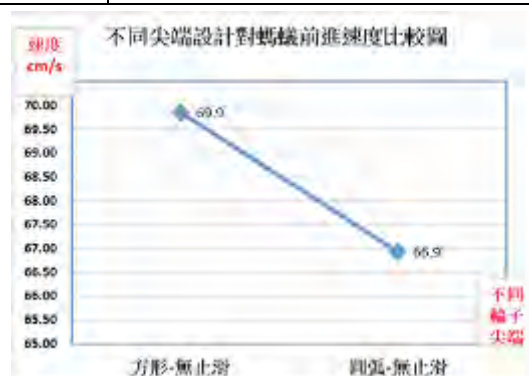


### 四、不同輪子摩擦力對螞蟻直線前進的速度有何影響。

從【研究 4-1】實驗中發現，螞蟻雄兵輪子尖端由方形改為圓弧形並沒有比較快，透過紅色粉筆的軌跡可以發現，方形輪子尖端接觸地面為 2 個點，反觀圓弧形輪子尖端則只有 1 個點接觸地面。因此在無止滑的情況下，方形輪子的速度較快。



| 類型  | 方形-無止滑 | 圓弧-無止滑 |
|-----|--------|--------|
| 第一次 | 70.0   | 65.1   |
| 第二次 | 68.3   | 66.4   |
| 第三次 | 70.5   | 69.4   |
| 第四次 | 70.5   | 64.6   |
| 第五次 | 70.0   | 69.1   |
| 平均  | 69.9   | 66.9   |



## 五、內外側不同大小輪子配置，對螞蟻繞圈圈數有何影響。

從【研究 3-5】實驗中發現，螞蟻雄兵在繞圈時，有向外側施予的力，所以會向內傾斜而產生向心力。由於螞蟻雄兵沒有汽車的懸吊系統，因此我們利用螞蟻雄兵原型，改變內外側大小輪配置，並測量所繞的圈數。

結果發現，當內側輪：外側輪=1.5：2.5 (內輪 8.55cm、外輪 14.25cm)，在身體彎曲 55 度的情況下，有佳的繞圈圈數；但在速度賽中，前輪：後輪=1.5：2.5 (前輪 8.55cm、後輪 14.25cm) 的情況下，速度會稍慢一些。

|       | 最佳速度(cm/s) | 最佳圈數(圈) |
|-------|------------|---------|
| 第 1 次 | 68.8       | 15      |
| 第 2 次 | 69.4       | 15      |
| 第 3 次 | 69.1       | 15      |
| 第 4 次 | 68.5       | 15      |
| 第 5 次 | 70.0       | 15      |
| 平均    | 69.2       | 15      |

## 捌、結論

在競賽的規則內，以 4.5v 電力的螞蟻雄兵機械獸，進行速度與繞圈的研究。結果發現：

- 一、**不同驅動方式的螞蟻**，以馬達並聯、四輪驅動、交換後齒輪排列方式，是最佳速度組合。
- 二、**不同輪子設計的螞蟻**，平面輪、輪長 17.1cm、間距 2.1cm、輪直徑 14.25cm(2.5 倍)和 17.1cm(3 倍)的組合 (3：3、3：2.5)，是最快速的設計。
- 三、**不同摩擦力的螞蟻**，以止滑墊黏貼，並將四輪全貼上止滑墊，能使螞蟻雄兵走得最快，繞圈的情況也比較好。
- 四、**不同身體設計**，彎曲角度 55 度、連桿 5 公分/連桿 2 公分，輪子 11.4cm(2：2)的組合，能有最多的繞圈圈數。
- 五、**不同重心位置**，以重心在內、車軸偏內的方式，能有最多的繞圈圈數。
- 六、**兼具速度與繞圈的條件下**，馬達並聯、四輪驅動、平面輪、全止滑、彎曲角度 55 度、重心在內、車軸在內，調整原型齒輪排列、輪長 11.4cm、間距 3.6cm、輪直徑 11.4cm(2：2)的組合，在競賽中會有較佳效果。

## 玖、未來展望

透過螞蟻雄兵的機械獸的研究，我們發現還可以進一步探討：

1. 聯結車過彎的內輪差關係：我們的組員也實地向聯結車司機請教過彎的一些基本概念，企圖讓這個實驗更具有應用性。
2. 防災機器人避障應用：這個科學競賽中，螞蟻藉由身體彎曲而能閃避中央的障礙物，當救災機器人在充滿瓦礫等障礙物的環境中，能適時的找出最佳彎曲角度，便能夠順利進行避障與救援行動。



## 拾、研究心得

朱 OO：在做實驗前有參加 power tech 比賽，我們製作仿生機械獸，所以對機械獸(螞蟻)很熟悉，而我在研究前覺得只有幾個變因而已，好像很簡單，沒想到光幾個實驗就做了上百次，在實驗中我們還發現，原來以前機械獸的螞蟻都是使用馬達並聯。這次我們測量方式是用電子儀器，許多都是使用雷射燈和光敏電阻，這些精密的儀器讓我大開眼界，希望我們的實驗可以造福更多學弟妹。

邱 OO：本來認為，我們參加過 Power-tech 仿生機械獸比賽，這個題目應該會比較輕鬆，事情卻事與願違，因為感測設備的因素，而使我們的進度變得緩慢；為了不讓進度落後，所以我們採取了用手按碼表來測量時間。白居易的《琵琶行》有個千古名句：「大珠小珠落玉盤」，跟我們差不多，但我們按的並不是琵琶，而是碼錶。多虧老師替我們修改感測設備，才沒有繼續「大珠小珠落玉盤」。另外，於「並聯與串聯」的實驗中，更發現了：過去以來，我們用的其實是馬達並聯，而非串聯呢！難怪跑那麼快。學校每年都會派學生參加 Power tech 比賽，希望我們的研究成果能造福學弟、學妹們。

涂 OO：在這項實驗中，我原本以為非常簡單，因為我們已經在 Power Tech 做過了螞蟻雄兵機械獸，但是後來發現有很多的實驗因素，我們為了要減少手按的誤差，所以透過儀器的測試，也遇到很多的瓶頸，比如：輪子的不精準，儀器也發生很多的問題，可是我們這組還是不怕困難，一步一步地做完實驗，到現在已將近做了 500 次的實驗了，也學習到了馬達串聯與馬達並聯的接法，透過這次的實驗，學到了很多原理，人生中又多了一樣豐富的經驗。

蕭 OO：所謂「萬事起頭難」，一開始做「螞蟻雄兵」的科展實驗時，雖然有製作 powertech 的經驗，但是對於在科展方面的應用卻一竅不通，藉由老師的耐心指導，才一步步的漸入佳境。原想接下來應該可以順順利利的進行全部實驗，沒想到先是經歷感應器的失靈及故障，接著又遇到錄影平板的當機問題，所幸組員們同心協力，土法煉鋼手做，分工合作下，實驗的實驗、計時的計時、記錄的記錄，加上老師們齊力修復儀器，終於一一克服困難，完成了研究。研究歷程印證了「事在人為」，只要肯努力，一定會有收穫。

## 拾壹、相關參考資料

有趣的車子，中華民國第 55 屆中小學科學展覽會，國小應用科學科，2019.01.17 取自

<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=503&sid=1421>

2018 PowerTech 青少年科技創作競賽 Mini-Com 區賽暨全國賽競賽規則。2019.01.17 取自

[http://isteam.ccda.org.tw/Client/news\\_detail/19](http://isteam.ccda.org.tw/Client/news_detail/19)

## 【評語】 082804

1. 本作品為參加 Power Tech 的作品做為研究動機，透過研究不同驅動方式、不同類型輪子設計、摩擦力調整、連桿本體設計、重心位置變化、不同電池，找出兼具速度與繞圈功能的機械螞蟻，能清楚地呈現設計理念與發展之成果，內容頗完整。
2. 能善用 Arduino 及光敏電阻偵測並記錄及計算螞蟻雄兵行走速率，避免手按碼錶誤差同時增加研究效能並提升資料的正確性。
3. 由於作品是在受控限制條件下完成的，如果有更驚豔的想法將會更好，且討論變因很多，可以利用田口法，以精簡參數探討的問題。

# 摘要

- 本研究源於參加科技創作競賽，螞蟻雄兵的機械獸要兼顧「接力賽」與「繞圈賽」，因此進行研究。結果發現：
- 一、不同驅動方式：以馬達並聯、四輪驅動、交換後齒輪排列方式，是最佳速度組合。
  - 二、不同輪子設計：平面輪、輪長17.1cm、間距2.1cm、輪直徑17.1cm和14.25cm的組合、全止滑，是最快速的設計。
  - 三、不同摩擦力：以止滑墊黏貼四輪，走得最快，繞圈也比較好。
  - 四、不同身體設計：彎曲角度55度、連桿2公分，繞圈圈數多。
  - 五、不同重心位置：重心在內、車軸偏內，繞圈圈數多。
  - 六、兼具速度與繞圈的條件：馬達並聯、四輪驅動、平面輪、全止滑、彎曲角度55度、重心在內、車軸在內，調整原型齒輪排列、輪長11.4cm、間距3.6cm、輪直徑11.4cm(2:2)的組合，在競賽中會有較佳效果。

## 壹 研究動機

本研究源自於我們參加過Power Teach科技創作競賽，做過各種不同的機械獸。螞蟻雄兵這隻機械獸，既要參加競速型的「接力賽」，又要參加進入晉級後的「繞圈賽」。如何兼顧接力賽時能走得很快，又能在繞圈比賽時能贏過對手，在我們比賽過後，依然興致高昂的想找出致勝秘訣，希望能製作出兼具速度與繞圈超強的螞蟻雄兵。

## 貳 研究目的及問題

### 目的一、進行賽道和螞蟻原型的測試。

研究1-1：賽道板面摩擦力的一致性。

研究1-2：身體重量對螞蟻前進速度有何影響。

### 目的二、比較不同驅動方式的螞蟻對前進速度有何影響。

研究2-1：馬達的串聯與並聯，對螞蟻前進的速度有何影響？

研究2-2：不同驅動方式，對螞蟻前進的速度有何影響？

研究2-3：不同齒輪排列方式，對螞蟻前進的速度有何影響？

### 目的三、比較不同輪子設計的螞蟻，對前進速度及繞圈圈數有何影響。

研究3-1：不同輪子的寬度，對螞蟻前進的速度有何影響？

研究3-2：不同輪直徑，對螞蟻前進的速度有何影響？

研究3-3：不同輪軸間距，對螞蟻前進的速度有何影響？

研究3-4：不同大小輪配置，對螞蟻前進的速度有何影響？

研究3-5：不同大小輪配置，對螞蟻繞圈的圈數有何影響？

### 目的四、比較不同摩擦力的螞蟻，對前進速度及繞圈圈數有何影響。

研究4-1：不同材質的止滑墊，對螞蟻前進的速度有何影響？

研究4-2：不同摩擦力配置，對螞蟻前進的速度有何影響？

研究4-3：不同摩擦力配置，對螞蟻繞圈的圈數有何影響？

### 目的五：比較不同身體設計的螞蟻，對及繞圈圈數有何影響。

研究5-1：不同身體彎曲角度，對螞蟻繞圈的圈數有何影響？

研究5-2：不同連桿長(身體長度)，對螞蟻繞圈圈數有何影響？

### 目的六：在最佳速度的條件下，探討不同重心位置，對螞蟻繞圈有何影響。

研究6-1：不同電池盒位置，對螞蟻繞圈有何影響？

研究6-2：不同車軸位置，對螞蟻繞圈有何影響？

### 目的七：製作一隻速度與繞圈最佳效果的螞蟻雄兵。

## 二、相關研究

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會《有趣的車子》使用橡膠輪胎、平面車身的車子進行研究，而我們與這些研究不同的是：

1. 根據比賽規則用三節可彎曲之身體(圖4)的設計。
2. 採用冰棒棍組合成點接觸前進的輪子。
3. 探討摩擦力和重心配置等，進行繞圈賽的測試與改造，期待能有更多的突破。



圖3 有趣的車子-模型示意圖

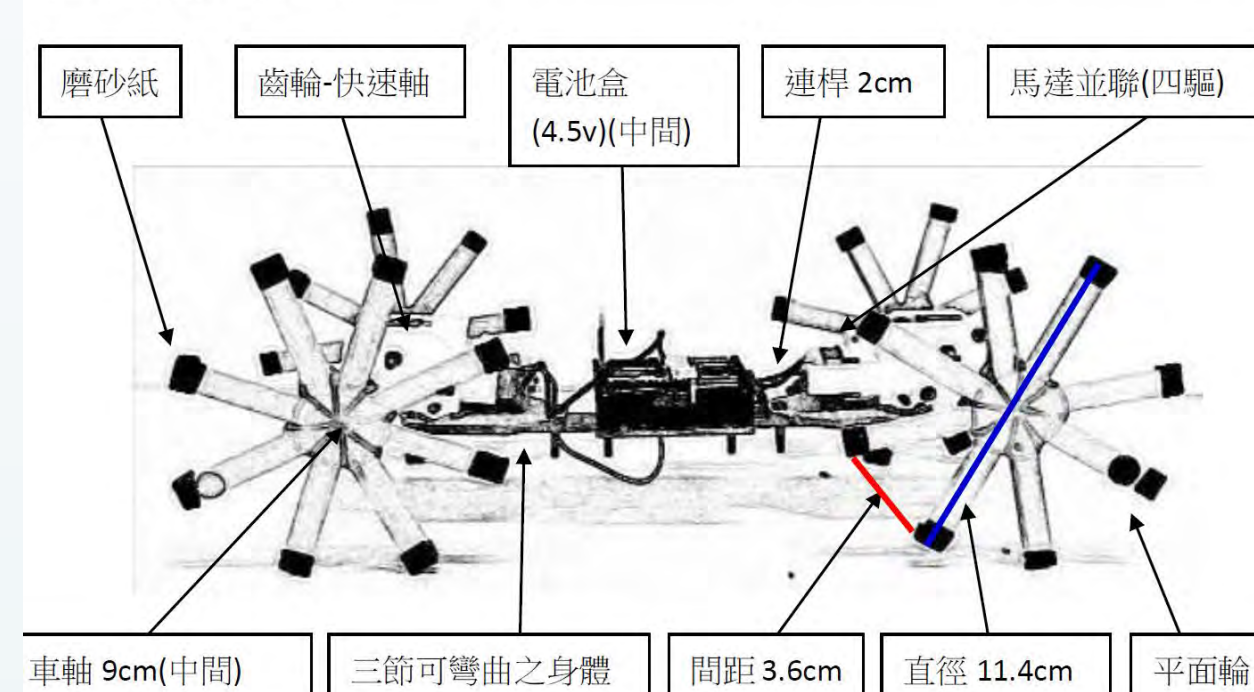
圖4 螞蟻雄兵-實驗模型圖

## 伍 研究設備及器材

### 一、實驗材料與器材(略)

### 二、實驗裝置

(一) 螞蟻原型示意圖



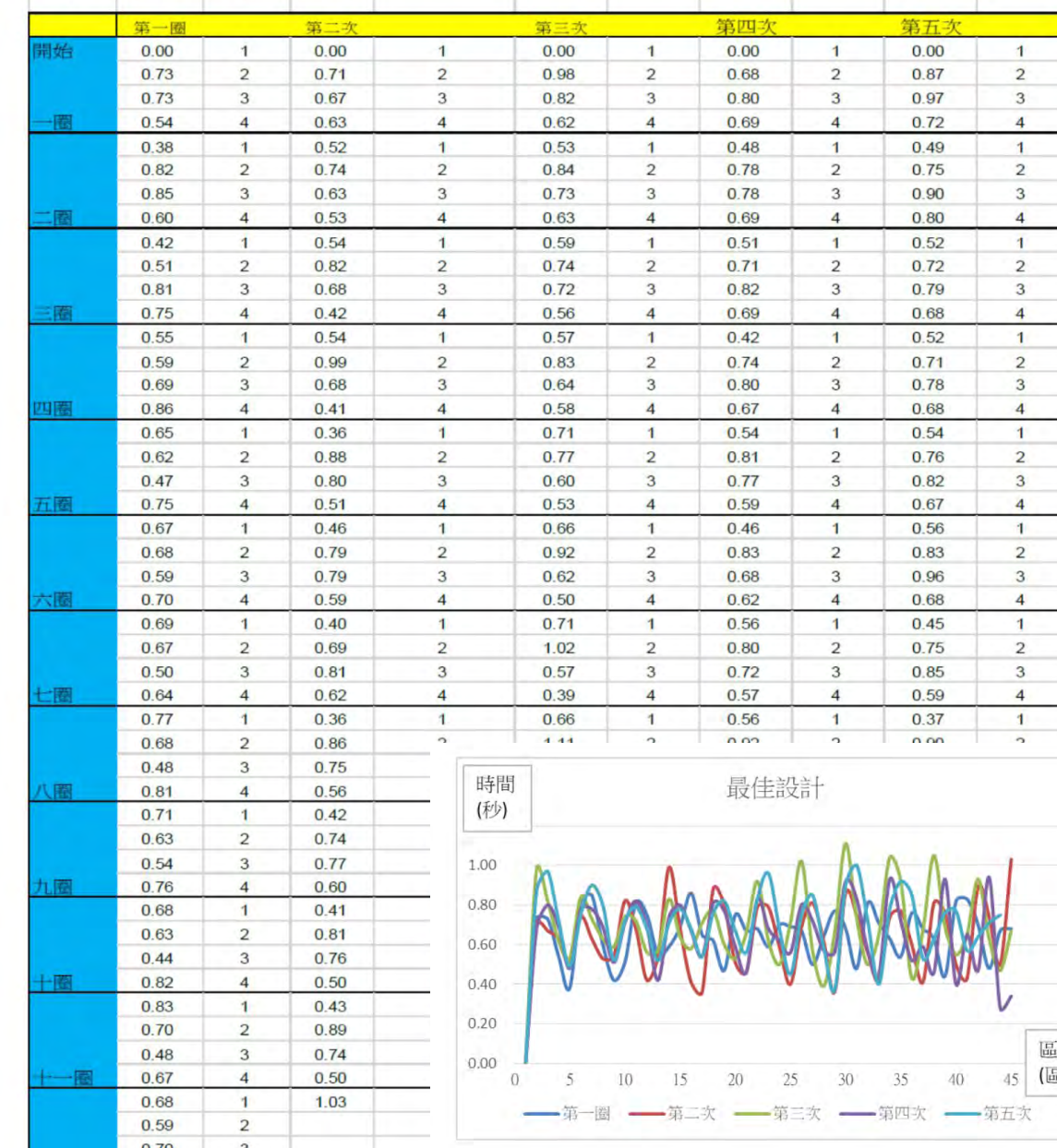
### 三、感測器設計

#### (一) 程式設計概念

為了偵測速度太快的螞蟻雄兵機械獸，我們運用光遮斷感測器的原理進行測量。利用雷射光打在光敏電阻上，改變電阻的大小，以偵測有沒有物體通過，再將繞圈場地分為4個象限，依序偵測，老師協助我們以Arduino的c程式語言寫入。

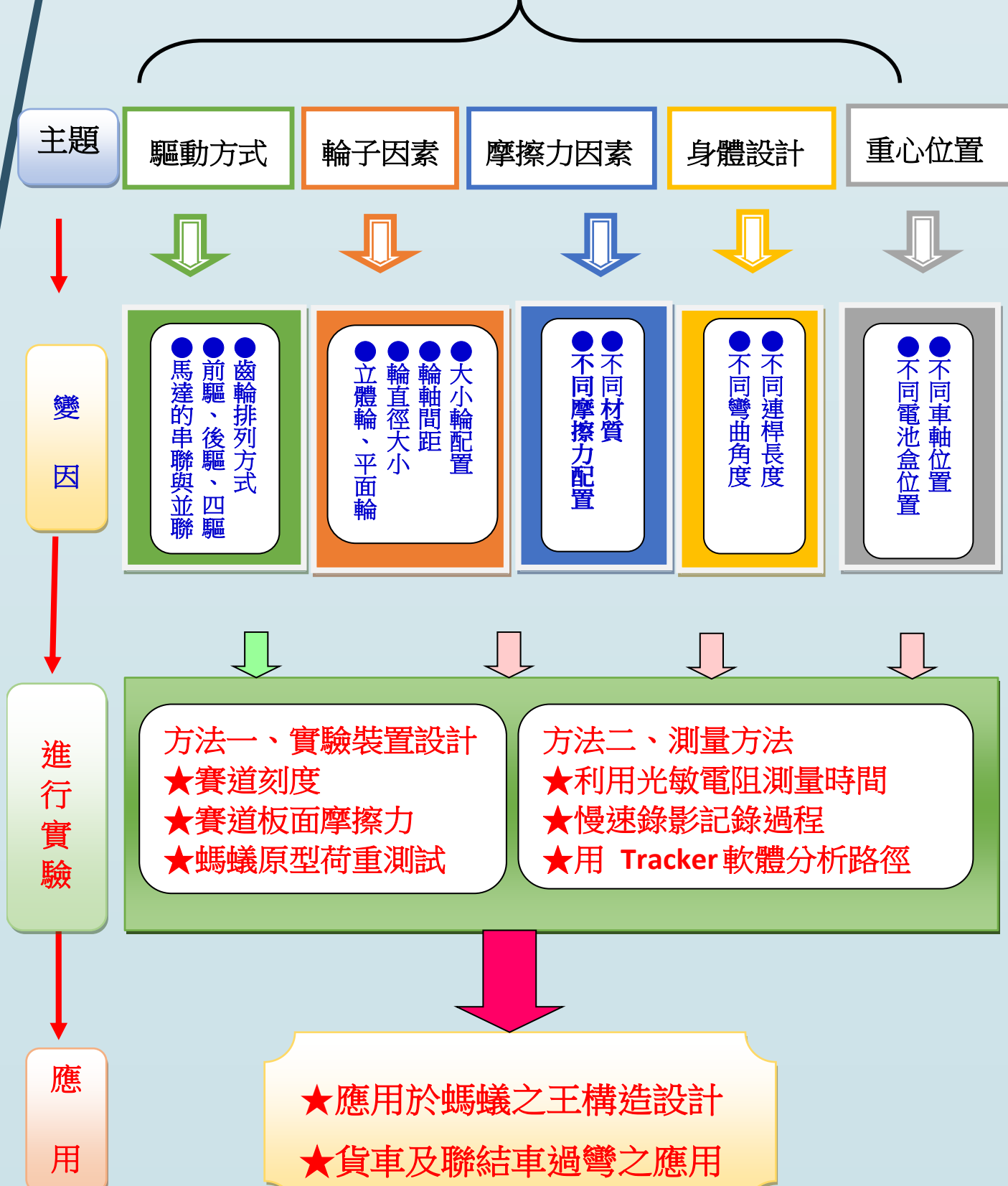
#### (二) 實驗記錄舉隅

#### 最佳設計



## 參 研究架構

### 進擊的螞蟻~螞蟻繞圈的終極奧義



## 陸 研究過程與研究結果

### 目的一、進行賽道和螞蟻原型的測試。

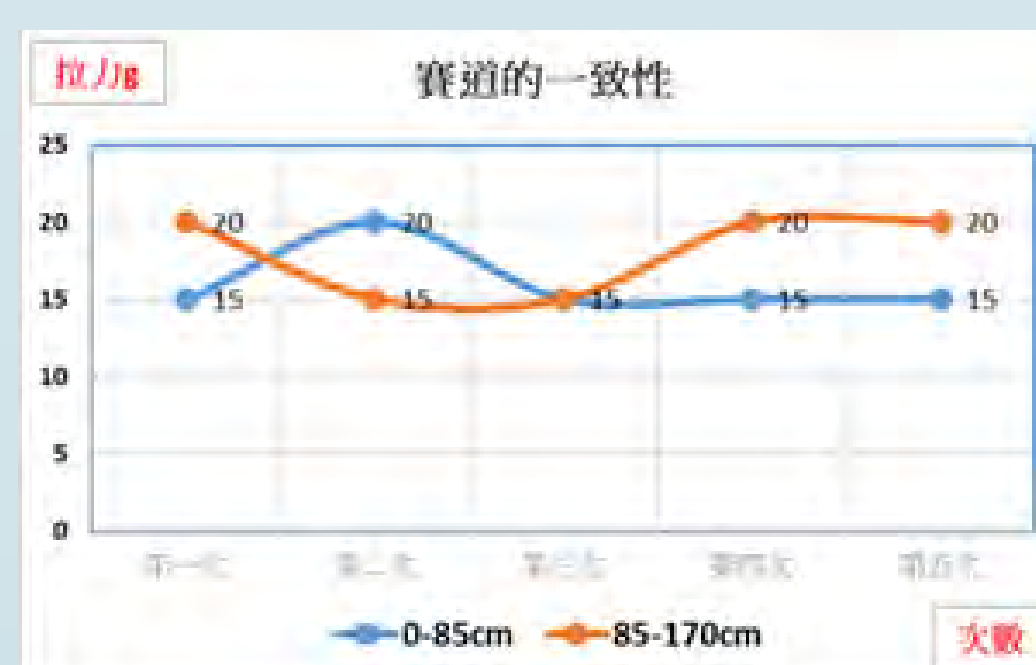
#### 研究1-1：賽道板面摩擦力的一致性。

##### 【實驗步驟】

1. 將密集板加上環狀掛勾，固定在彈簧秤的鈎環上。
2. 將密集板和彈簧秤放在賽道上，向前拉動85公分，並進行慢速攝影。
3. 將結果記錄成如下表1-1、圖1-1。

表 1-1. 賽道的一致性

|     | 0-85cm | 85-170cm |
|-----|--------|----------|
| 第一次 | 15     | 20       |
| 第二次 | 20     | 15       |
| 第三次 | 15     | 15       |
| 第四次 | 15     | 20       |
| 第五次 | 15     | 20       |
| 平均  | 16     | 18       |



##### 研究結果與討論

1. 彈簧秤在拉動密集板的瞬間，受靜摩擦力影響，數值稍大；移動時，數值穩定。
2. 彈簧秤在拉動時，要平貼軌道沿著中央線直行。
3. 直線賽道和繞圈場地的立光板，摩擦力大致相同。

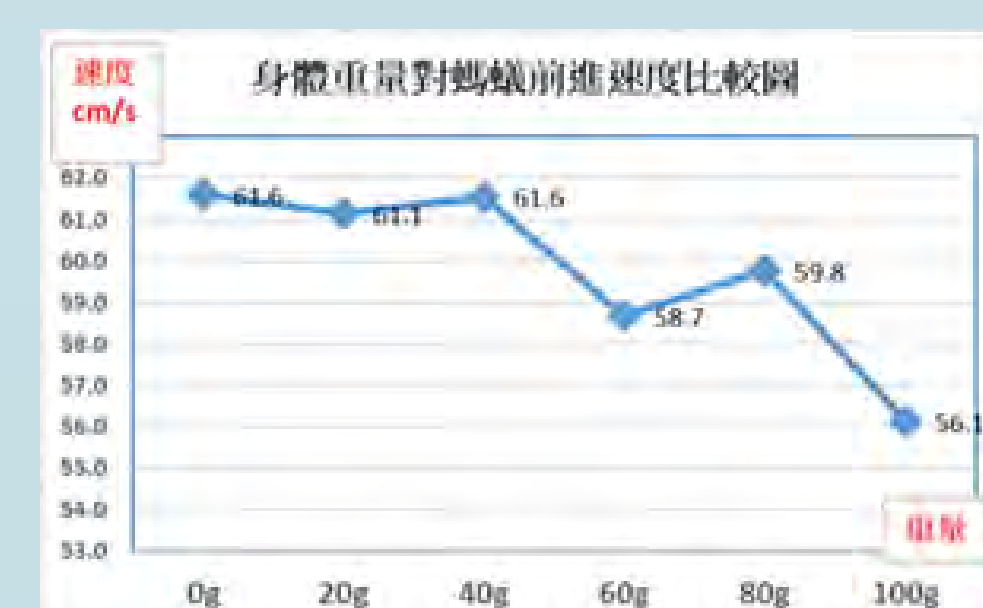
#### 研究1-2：身體重量對螞蟻前進速度有何影響。

##### 【實驗步驟】

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 分別將0g、20g、40g、60g、80g、100g的砝碼裝到螞蟻雄兵身上，再放到賽道上。
3. 按下開關，以光敏電阻計時並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵走完全程的平均速度。
4. 將結果記錄如下表1-2、圖1-2。

表 1-2. 身體重量對螞蟻前進速度

|     | 0g   | 20g  | 40g  | 60g  | 80g  | 100g |
|-----|------|------|------|------|------|------|
| 第一次 | 64.2 | 60.5 | 64.6 | 60.5 | 61.8 | 60.3 |
| 第二次 | 59.6 | 61.2 | 61.2 | 59.9 | 59.9 | 53.5 |
| 第三次 | 61.2 | 60.3 | 61.8 | 56.1 | 59.2 | 53.5 |
| 第四次 | 64.6 | 59.6 | 60.5 | 57.2 | 60.5 | 55.0 |
| 第五次 | 58.4 | 64.2 | 59.6 | 59.6 | 57.4 | 58.4 |
| 平均  | 61.6 | 61.1 | 61.6 | 58.7 | 59.8 | 56.1 |

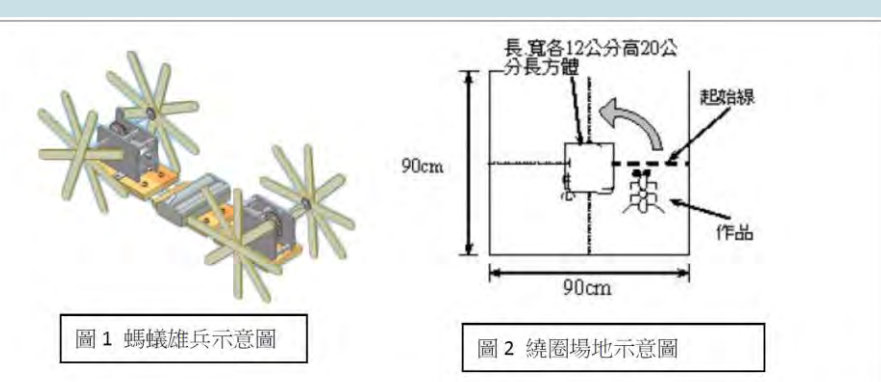


## 肆 文獻探討

### 一、比賽規則與設計要點

根據 < 2018PowerTech青少年科技創作競賽Mini-Com區賽暨全國賽競賽規則，螞蟻雄兵需設計為四輪前進，作品需在長40公分、寬22公分、高不限制，並可平放於尺寸盒，並展開至最大長度。螞蟻完整身體之設計必須是分開並可彎曲之三節身軀，腳底設計須以「點接觸」方式為原則接觸賽道，作品重量限制(包含造型重量)，上限為700公克。(圖1)

繞圈場地為長、寬各為90公分之正方形場地，中央放有長、寬各為12公分、高20公分之長方體，以方桶為中心劃分成四等分，於競賽時間內同方向前進至下一區獲得積分一分，依此類推，於時間結束或競賽物出界時計算總積分。開始及結束皆以作品前端為基準，比賽採積分制，如圖2所示。





### 研究結果與討論

1. 隨著荷重重量增加，螞蟻雄兵行走速度有變慢的趨勢。
2. 0-40g之間時，速度大致相同，我們以最大重量的螞蟻為基準，將更動的重量黏貼至螞蟻身上，以求重量一致。
3. 誤差來源也可能源於按碼錶之誤差，因此我們將運用紅外線、光敏電阻和Arduino設置計時的感測裝置。

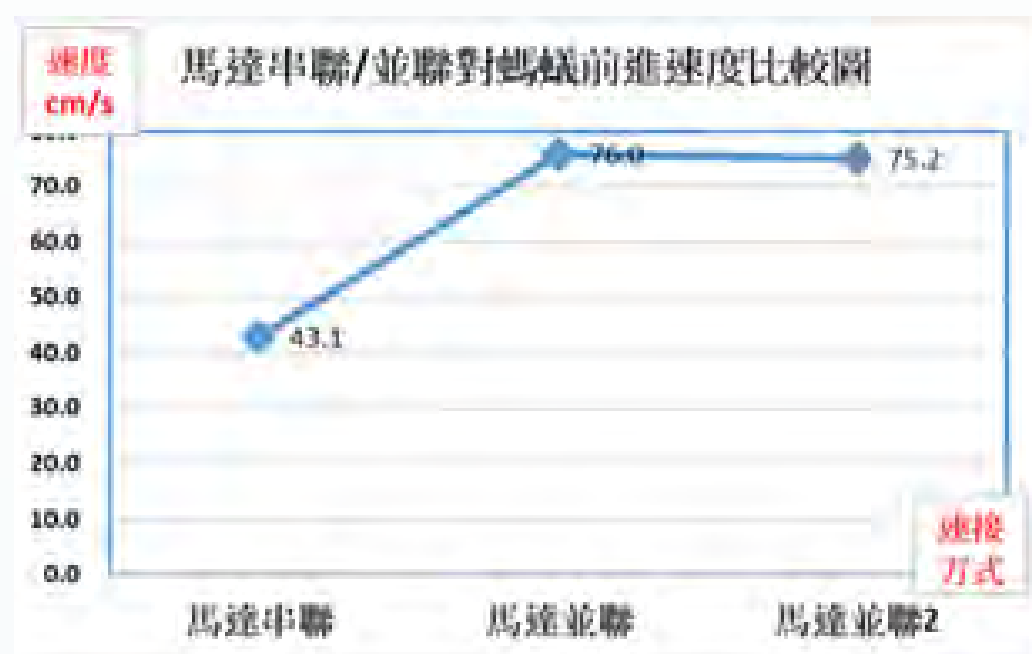
## 目的二、比較不同驅動方式的螞蟻，對前進速度有何影響。

### 研究2 - 1：馬達的串聯與並聯，對螞蟻前進的速度有何影響？

- 【實驗步驟】
1. 製作螞蟻雄兵的原型。
  2. 分別改變電線連接方式為馬達串聯與馬達並聯。
  3. 放到賽道上，按下開關計時並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵走完全程的平均速度。
  4. 將結果記錄如下表2-1，圖2-1。

表 2-1.馬達串聯與並聯

|     | 馬達串聯 | 馬達並聯1 | 馬達並聯2 |
|-----|------|-------|-------|
| 第一次 | 43.0 | 77.3  | 73.0  |
| 第二次 | 42.8 | 74.2  | 71.4  |
| 第三次 | 44.5 | 75.6  | 76.6  |
| 第四次 | 42.1 | 75.6  | 78.7  |
| 第五次 | 42.8 | 77.3  | 76.2  |
| 平均  | 43.1 | 76.0  | 75.2  |



### 研究結果與討論

1. 馬達並聯的速度較快。
2. 在供電量只有4.5v的情況，串聯2個馬達速度明顯變慢。

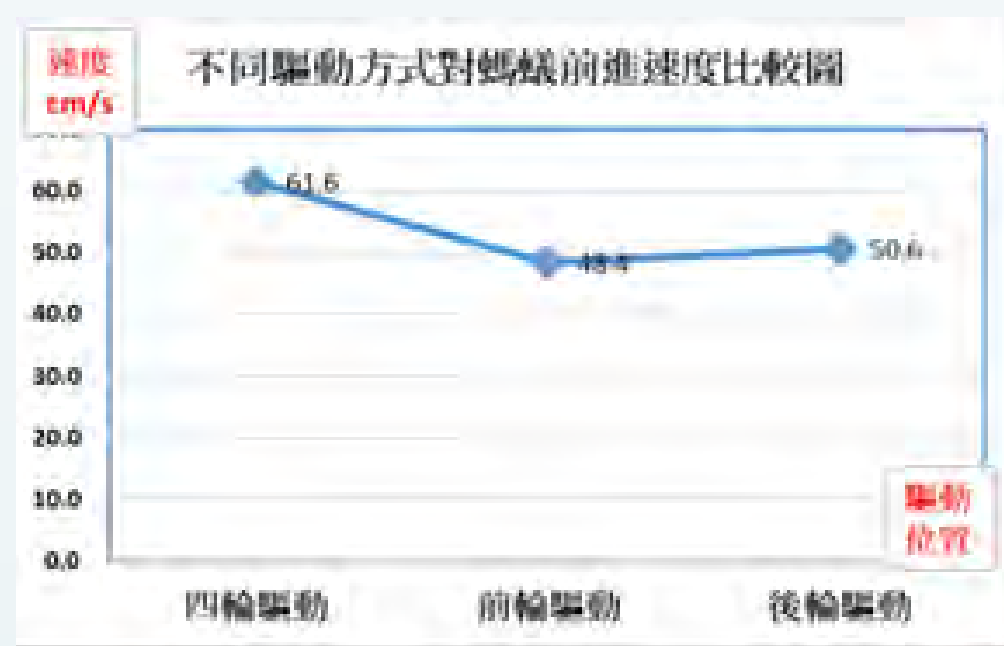
### 研究2 - 2：不同驅動方式，對螞蟻前進的速度

#### 【實驗步驟】 有何影響？

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 分別將馬達抽出齒輪盒，將驅動方式改為前驅動、後驅動、四輪驅動。
3. 放到賽道上，按下開關，計時並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵走完全程的平均速度。
4. 將結果記錄如下表2-2，圖2-2。

表 2-2.不同驅動方式

|     | 四輪驅動 | 前輪驅動 | 後輪驅動 |
|-----|------|------|------|
| 第一次 | 64.2 | 45.0 | 51.4 |
| 第二次 | 59.6 | 45.7 | 49.9 |
| 第三次 | 61.2 | 49.9 | 50.0 |
| 第四次 | 64.6 | 50.4 | 47.8 |
| 第五次 | 58.4 | 50.9 | 54.1 |
| 平均  | 61.6 | 48.4 | 50.6 |



### 研究結果與討論

1. 四輪驅動速度最快。
2. 後輪驅動的前進方向會左右不定。

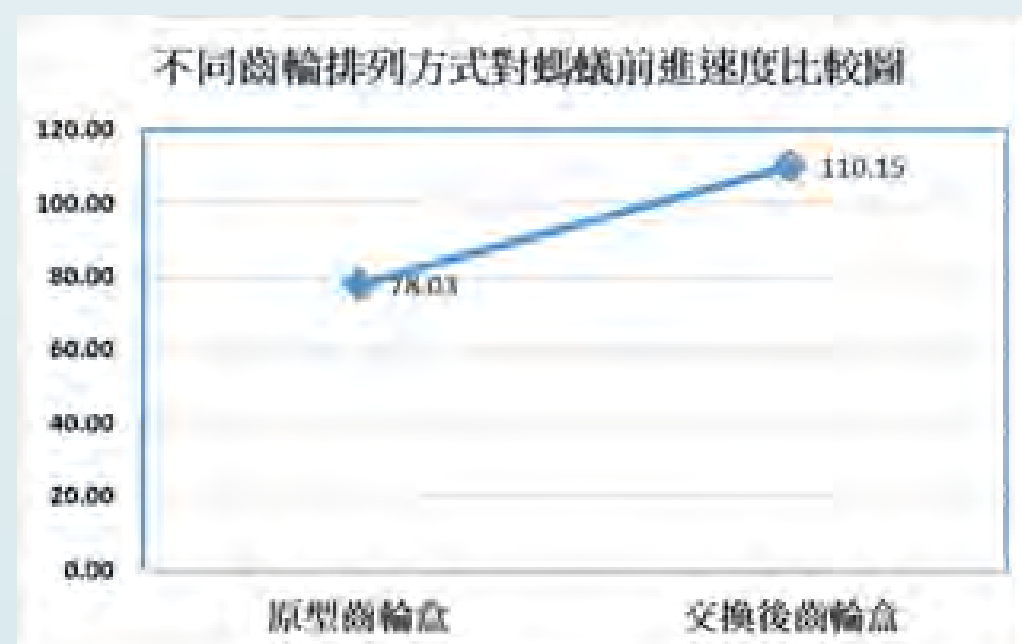
### 研究2 - 3：不同齒輪排列方式，對螞蟻前進的

#### 【實驗步驟】 速度有何影響？

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 分別將齒輪的排列方式分為原型齒輪和交換後齒輪組合。
3. 放到賽道上，按下開關，計時並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵走完全程的平均速度。
4. 將結果記錄如下表2-3，圖2-3。

表 2-3.原型和交換後的齒輪盒

|     | 原型齒輪 | 交換後齒輪 |
|-----|------|-------|
| 第一次 | 75.6 | 111.1 |
| 第二次 | 81.3 | 108.3 |
| 第三次 | 78.7 | 111.1 |
| 第四次 | 81.0 | 106.9 |
| 第五次 | 73.6 | 113.3 |
| 平均  | 78.0 | 110.2 |



### 研究結果與討論

1. 交換後的齒輪排列方式，行走速度明顯的提升。
2. 交換後的齒輪組盒，速度快但扭力不佳，碰撞時容易造成齒輪磨損，因此後續研究採用原型齒輪排列。

## 目的三、比較不同輪子設計的螞蟻，對前進速度及繞圈圈數有何影響。

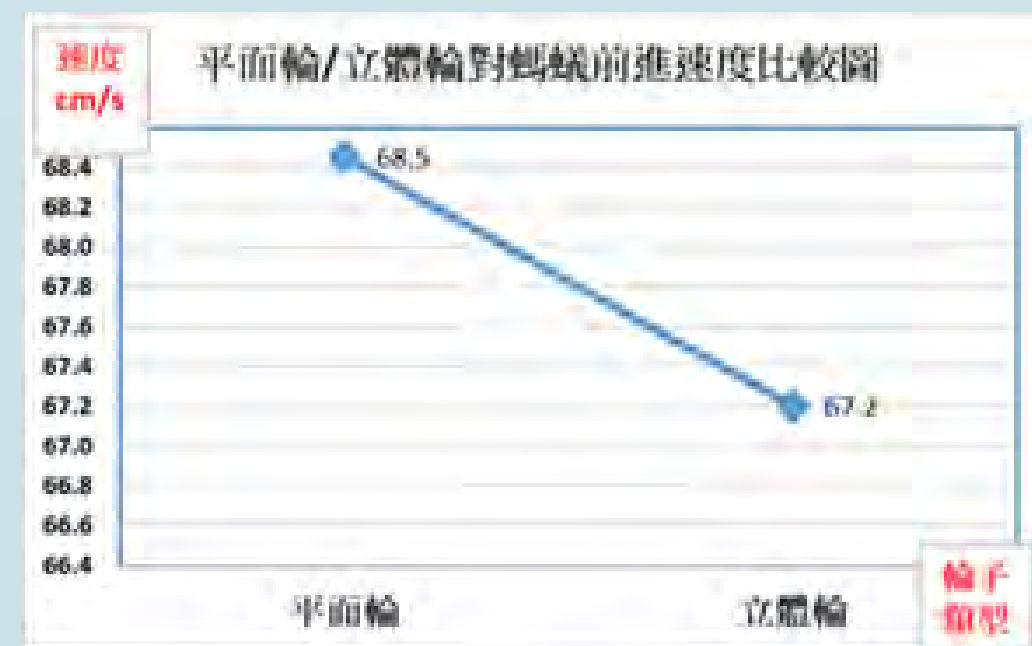
### 研究3 - 1：不同輪子的寬度，對螞蟻前進的

#### 【實驗步驟】 速度有何影響？

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 分別將冰棍製作成直徑11.4公分的立體輪與平面輪。
3. 放到賽道上按下開關，計時並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵走完全程的平均速度。
4. 將結果記錄如下表3-1，圖3-1。

表 3-1.平面輪和立體輪

|     | 平面輪  | 立體輪  |
|-----|------|------|
| 第一次 | 70.0 | 67.5 |
| 第二次 | 68.3 | 66.1 |
| 第三次 | 67.5 | 68.5 |
| 第四次 | 67.5 | 67.2 |
| 第五次 | 69.1 | 66.7 |
| 平均  | 68.5 | 67.2 |



### 研究結果與討論

1. 平面輪的速度較快一些。
2. 實驗中觀察到，立體輪的起伏較大。

### 研究3 - 2：不同輪直徑，對螞蟻前進的速度

#### 【實驗步驟】 有何影響？

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 以冰棍棍一半的長度5.7cm為基準，依比例將輪直徑分為5.7cm(1倍)、8.55cm(1.5倍)、11.4cm(2倍)、14.25cm(2.5倍)、17.1cm(3倍)的長度。
3. 放到賽道上按下開關，計時並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵走完全程的平均速度。
4. 將結果記錄如下表3-2，圖3-2。

表 3-2.輪直徑對速度的影響

|     | 8.55公分 | 11.4公分 | 14.25公分 | 17.1公分 |
|-----|--------|--------|---------|--------|
| 第一次 | 52.8   | 64.2   | 57.8    | 81.0   |
| 第二次 | 54.5   | 59.6   | 71.4    | 90.9   |
| 第三次 | 51.7   | 61.2   | 81.3    | 72.6   |
| 第四次 | 51.4   | 64.6   | 67.2    | 74.6   |
| 第五次 | 50.9   | 58.4   | 70.8    | 88.1   |
| 平均  | 52.24  | 61.60  | 69.72   | 81.43  |



### 研究結果與討論

1. 直徑愈大的輪子，速度比較快。
2. 直徑過短(5.7公分)的輪子，會造成螞蟻身體與賽道摩擦。
3. 直徑愈大，螞蟻愈容易爬出賽道。

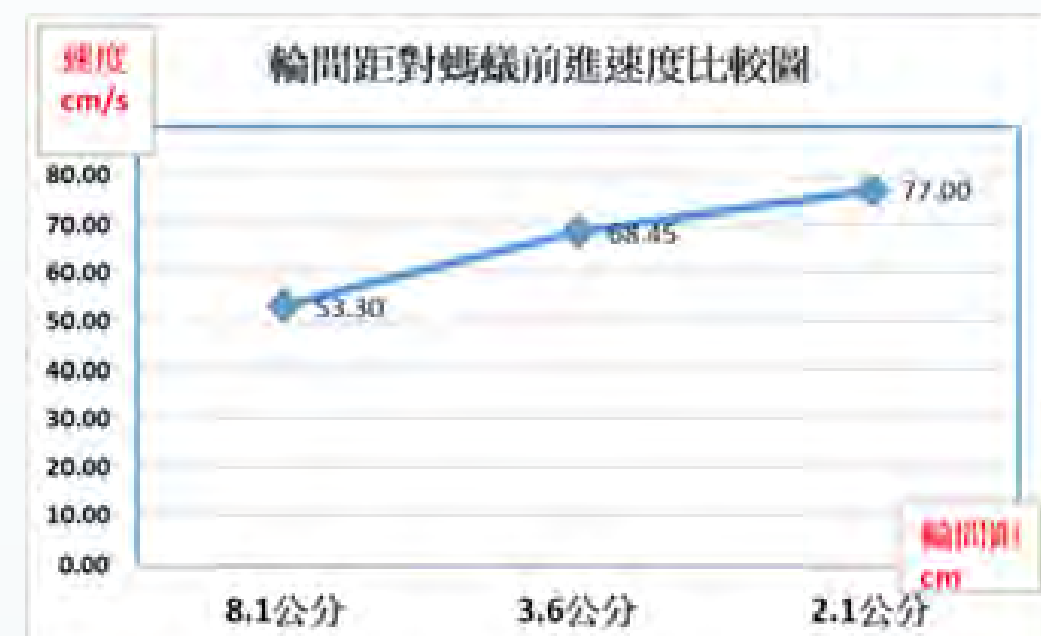
### 研究3 - 3：不同輪軸間距，對螞蟻前進的速度

#### 【實驗步驟】 有何影響？

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 以長度5.7cm為基準，分別黏上4根(間距8.1cm)、8根(間距3.6cm)、12根(間距2.1cm)冰棍棍。
3. 放到賽道上，按下開關，計時並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵走完全程的平均速度。
4. 將結果記錄如下表3-3，圖3-3。

表 3-3.輪間距(平面輪)

|     | 8.1公分 | 3.6公分 | 2.1公分 |
|-----|-------|-------|-------|
| 第一次 | 53.8  | 70.0  | 77.3  |
| 第二次 | 53.0  | 68.3  | 78.0  |
| 第三次 | 52.5  | 67.5  | 76.2  |
| 第四次 | 54.0  | 67.5  | 75.9  |
| 第五次 | 53.3  | 69.1  | 77.6  |
| 平均  | 53.3  | 68.5  | 77.0  |



### 研究結果與討論

1. 輪間距愈小愈接近圓形，行走較穩定不偏斜，速度愈快。
2. 間距2.1公分，在製作時稍微偏斜很容易小於2公分，因而違反比賽規則。

### 研究3 - 4：不同大小輪配置，對螞蟻前進的

#### 【實驗步驟】 速度有何影響？

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 以冰棍棍一半的長度5.7cm為基準，依比例將輪直徑分為5.7cm(1倍)、8.55cm(1.5倍)、11.4cm(2倍)、14.25cm(2.5倍)、17.1cm(3倍)的長度進行組合。
3. 放到賽道上按下開關，計時並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵走完全程的平均速度。
4. 將結果記錄如下表3-4，圖3-4。

表 3-4.大小輪配置

|     | 3 : 3 | 3 : 2.5 | 3 : 2 | 3 : 1.5 | 3 : 1 | 2.5 : 3 | 2.5 : 2.5 | 2.5 : 2 | 2.5 : 1.5 | 2.5 : 1 | 2 : 3 | 2 : 2.5 | 2 : 2 | 2 : 1.5 | 2 : 1 | 1.5 : 3 | 1.5 : 2.5 | 1.5 : 2 | 1.5 : 1.5 |
|-----|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-----------|---------|-----------|
| 第一次 | 67.7  | 72.0    | 72.0  | 72.3    | 無法實驗  | 73.0    | 75.6      | 63.7    | 71.7      | 無法實驗    | 67.7  | 71.7    | 無法實驗  | 67.7    | 71.7  | 無法實驗    | 67.7      | 71.7    | 無法實驗      |
| 第二次 | 76.2  | 79.1    | 71.7  | 66.1    | 無法實驗  | 71.1    | 72.3      | 64.9    | 68.0      | 無法實驗    | 68.0  | 68.0    | 無法實驗  | 68.0    | 68.0  | 無法實驗    | 68.0      | 68.0    | 無法實驗      |
| 第三次 | 73.3  | 71.1    | 69.4  | 67.2    | 無法實驗  | 71.1    | 75.6      | 63.4    | 67.7      | 無法實驗    | 67.7  | 67.7    | 無法實驗  | 67.7    | 67.7  | 無法實驗    | 67.7      | 67.7    | 無法實驗      |
| 第四次 | 75.2  | 72.6    | 65.4  | 70.5    | 無法實驗  | 76.6    | 73.0      | 62.3    | 66.7      | 無法實驗    | 66.7  | 66.7    | 無法實驗  | 66.7    | 66.7  | 無法實驗    | 66.7      | 66.7    | 無法實驗      |
| 第五次 | 77.6  | 74.9    | 62.5  | 70.8    | 無法實驗  | 71.1    | 71.1      | 63.7    | 60.1      | 無法實驗    | 60.1  | 60.1    | 無法實驗  | 60.1    | 60.1  | 無法實驗    | 60.1      | 60.1    | 無法實驗      |
| 平均  | 74.0  | 74.0    | 68.2  | 69.4    | 無法實驗  | 72.6    | 73.5      | 63.6    | 66.8      | 無法實驗    | 66.8  | 66.8    | 無法實驗  | 66.8    | 66.8  | 無法實驗    | 66.8      | 66.8    | 無法實驗      |



### 研究結果與討論

1. 輪直徑14.25cm(2.5倍)、17.1cm(3倍)的長度組合(3 : 3和3 : 2.5)，有較佳的速度。
2. 大輪與小輪差距過大，速度明顯的減慢。

### 研究3 - 5：不同大小輪配置，對螞蟻繞圈的

#### 【實驗步驟】 圈數有何影響？

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 選用速度較快的(大)輪直徑17.1cm、(中)輪直徑14.25cm、(小)輪直徑11.4cm進行組合。
3. 放到繞圈賽道起點上，利用雷射光打在光敏電阻上，4個象限依序偵測，計時30秒並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵所繞圈數。
4. 將結果記錄如下表3-5，圖3-5。

【研究發現】表 3-5.大小輪配置

|     | 3 : 3 | 3 : 2.5 | 3 : 2 | 3 : 1.5 | 3 : 1 | 2.5 : 3 | 2.5 : 2.5 | 2.5 : 2 | 2.5 : 1.5 | 2.5 : 1 | 2 : 3 | 2 : 2.5 | 2 : 2 | 2 : 1.5 | 2 : 1 | 1.5 : 3 | 1.5 : 2.5 | 1.5 : 2 | 1.5 : 1.5 |
|-----|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-----------|---------|-----------|
| 第一次 | 無法實驗  | 無法實驗    | 10.8  | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 1.8       | 1.3     | 無法實驗      | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗      | 無法實驗    | 無法實驗      |
| 第二次 | 無法實驗  | 無法實驗    | 4.0   | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 4.3       | 4.3     | 無法實驗      | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗      | 無法實驗    | 無法實驗      |
| 第三次 | 無法實驗  | 無法實驗    | 9.5   | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 3.5       | 3.5     | 無法實驗      | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗      | 無法實驗    | 無法實驗      |
| 第四次 | 無法實驗  | 無法實驗    | 3.8   | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 5.5       | 4.0     | 無法實驗      | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗      | 無法實驗    | 無法實驗      |
| 第五次 | 無法實驗  | 無法實驗    | 2.0   | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 4.0       | 5.5     | 無法實驗      | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗      | 無法實驗    | 無法實驗      |
| 平均  | 無法實驗  | 無法實驗    | 6.0   | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 3.8       | 3.7     | 無法實驗      | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗  | 無法實驗    | 無法實驗      | 無法實驗    | 無法實驗      |



### 研究結果與討論

1. 輪直徑14.25cm(2.5倍)、17.1cm(3倍)的配置，在繞圈賽中彎曲身體時會卡住，因此無法實驗。
2. 實驗發現，輪直徑11.4cm(2倍)能繞出較多的圈數。

## 目的四、比較不同摩擦力的螞蟻，對前進速度及繞圈圈數有何影響。

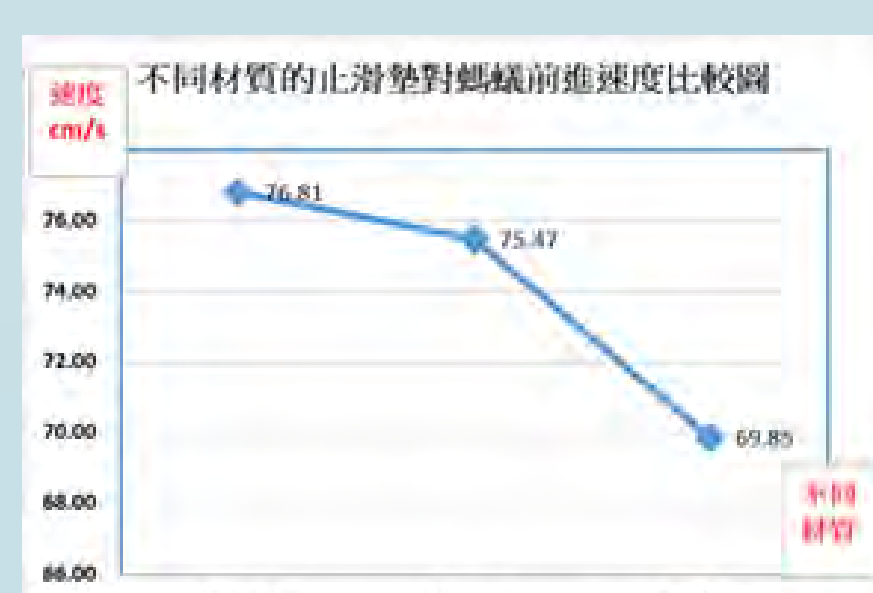
### 研究4 - 1：不同材質的止滑墊，對螞蟻前進

#### 【實驗步驟】 的速度有何影響？

1. 製作螞蟻雄兵的原型。
2. 於冰棍棍末端貼上長寬各1cm的粗砂紙。
3. 放到賽道上按下開關，計時並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵走完全程的平均速度。
4. 撕下粗砂紙，改貼上長寬各1cm的止滑墊，重複步驟3。
5. 將結果記錄如下表4-1，圖4-1。

表 4-1.不同材質

|     | 止滑墊   | 粗砂紙   | 無止滑   |
|-----|-------|-------|-------|
| 第一次 | 75.9  | 75.6  | 70.0  |
| 第二次 | 76.2  | 79.1  | 68.3  |
| 第三次 | 75.2  | 73.6  | 70.5  |
| 第四次 | 78.3  | 74.6  | 70.5  |
| 第五次 | 78.3  | 74.6  | 70.0  |
| 平均  | 76.81 | 75.47 | 69.85 |



### 研究結果與討論

1. 止滑墊的止滑效果較佳，較柔軟帶有避震效果。
2. 貼上止滑後，螞蟻較不會偏斜，因此速度較佳。

## 研究4 - 2：不同摩擦力配置，對螞蟻前進的速度有何影響？

【實驗步驟】

- 製作螞蟻雄兵的原型。
- 分別在前輪、後輪、四輪貼上止滑墊。
- 放到賽道上按下開關，計時並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵走完全程的平均速度。
- 將結果記錄如下表4-2，圖4-2。

表 4-2.不同止滑位置

|     | 無止滑  | 前止滑  | 後止滑  | 全止滑  |
|-----|------|------|------|------|
| 第一次 | 65.1 | 77.3 | 81.7 | 82.1 |
| 第二次 | 66.4 | 76.2 | 79.8 | 79.1 |
| 第三次 | 69.4 | 75.2 | 81.7 | 82.9 |
| 第四次 | 64.6 | 76.6 | 79.4 | 80.6 |
| 第五次 | 69.1 | 76.9 | 80.2 | 80.2 |
| 平均  | 66.9 | 76.4 | 80.6 | 81.0 |



### 研究結果與討論

- 四輪貼上止滑墊，有最佳的行走速度。
- 後輪貼上止滑墊，防止打滑，提供前進的力量。

## 研究4 - 3：不同摩擦力配置，對螞蟻繞圈的圈數有何影響？

【實驗步驟】

- 製作螞蟻雄兵的原型。
- 分別在前輪、後輪、四輪貼上止滑墊。
- 放到繞圈賽道起點上，利用雷射光打在光敏電阻上，4個象限依序偵測，計時30秒並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵所繞圈數。
- 將結果記錄如下表4-3，圖4-3。

表 4-3.不同摩擦力配置

|     | 無止滑  | 前止滑  | 後止滑  | 全止滑  |
|-----|------|------|------|------|
| 第一次 | 3.8  | 8.8  | 5.3  | 12.5 |
| 第二次 | 11.5 | 8.5  | 3.5  | 10.3 |
| 第三次 | 11.3 | 7.5  | 3.5  | 2.8  |
| 第四次 | 6.0  | 5.0  | 2.5  | 6.0  |
| 第五次 | 8.5  | 13.0 | 3.5  | 11.5 |
| 平均  | 8.20 | 8.55 | 3.65 | 8.60 |



### 研究結果與討論

- 四輪止滑，有最佳的繞圈圈數。
- 前輪止滑能導引方向，有較佳的繞圈圈數。

## 目的五：比較不同身體設計的螞蟻，對前進速度及繞圈圈數有何影響。

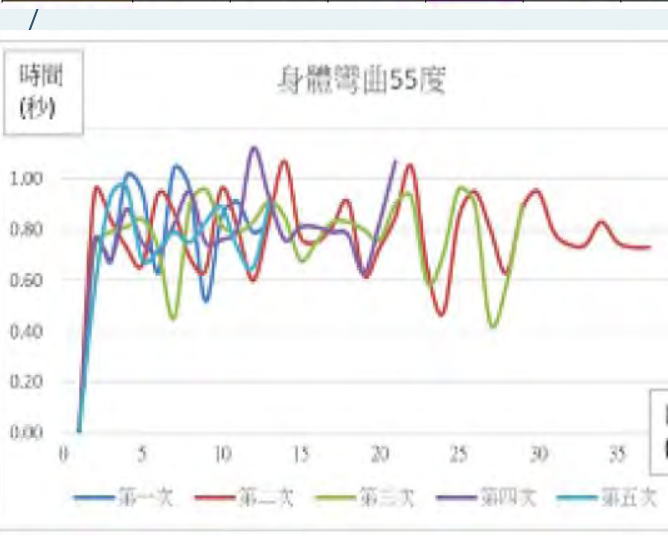
### 研究5 - 1：不同身體彎曲角度，對螞蟻繞圈的圈數有何影響？

【實驗步驟】

- 製作螞蟻雄兵的原型。
- 分別將身體彎曲成40、45、50、55、60、65度。
- 放到繞圈賽道起點，用雷射光打在光敏電阻，4個象限依序偵測，計時30秒並進行慢速攝影，計算所繞圈數。
- 將結果記錄如下表5-1，圖5-1。

表 5-1.身體彎曲角度

|     | 40度 | 45度 | 50度 | 55度 | 60度 | 65度 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 第一次 | 0.8 | 8.5 | 1.5 | 3.0 | 0.8 | 0.0 |
| 第二次 | 2.0 | 1.3 | 6.3 | 9.5 | 0.5 | 0.0 |
| 第三次 | 2.5 | 0.8 | 8.0 | 7.0 | 3.0 | 0.0 |
| 第四次 | 1.0 | 3.0 | 2.5 | 5.0 | 1.0 | 0.0 |
| 第五次 | 1.3 | 0.8 | 4.3 | 3.0 | 2.8 | 0.0 |
| 平均  | 1.5 | 2.9 | 4.5 | 5.5 | 1.6 | 0.0 |



### 研究結果與討論

- 身體彎曲55度能繞出最佳圈數。
- 角度太小容易碰撞，角度過大就會跑出場外。
- 彎曲55度時，每個區塊(象限)所耗費的時間較短；彎曲40度，則耗費較長的時間。

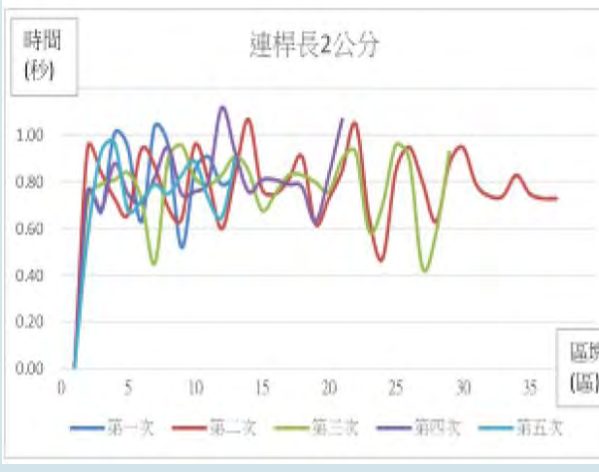
## 研究5 - 2：不同連桿長度(身體長度)，對螞蟻繞圈的圈數有何影響？

【實驗步驟】

- 製作螞蟻雄兵的原型。
- 將螞蟻身體之間的連桿，依序移動螺絲的位置，增加為2、3、4、5公分。
- 放到繞圈賽道起點上，利用雷射光打在光敏電阻上，4個象限依序偵測，計時30秒並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵所繞圈數。
- 將結果記錄如下表5-2，圖5-2。

表 5-2.連桿長度

|     | 2公分 | 3公分 | 4公分 | 5公分 |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 第一次 | 3.0 | 5.8 | 5.5 | 8.5 |
| 第二次 | 9.5 | 4.0 | 4.3 | 1.0 |
| 第三次 | 7.0 | 5.8 | 5.0 | 1.5 |
| 第四次 | 5.0 | 3.5 | 4.0 | 8.5 |
| 第五次 | 3.0 | 3.5 | 6.5 | 8.8 |
| 平均  | 5.5 | 4.5 | 5.1 | 5.7 |



### 研究結果與討論

- 連桿長5公分有最佳繞圈圈數，連桿長2公分也有好的繞圈圈數。
- 由各區塊的比較圖可以發現，連桿長5公分繞圈時間長，但穩定。

## 目的六：在最佳速度的條件下，探討不同重心位置，對螞蟻繞圈有何影響。

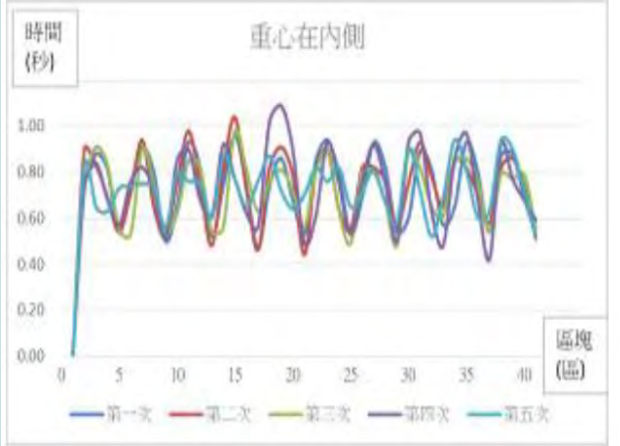
### 研究6 - 1：不同電池盒位置，對螞蟻繞圈有何影響？

【實驗步驟】

- 製作螞蟻雄兵的原型。
- 將電池盒更動位置為重心在內、重心在中、重心在外。
- 放到繞圈賽道起點上，利用雷射光打在光敏電阻上，4個象限依序偵測，計時30秒並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵所繞圈數。
- 將結果記錄如下表6-1，圖6-1。

表 6-1.重心位置

|     | 重心在內  | 重心在中 | 重心在外  |
|-----|-------|------|-------|
| 第一次 | 10.50 | 3.25 | 6.75  |
| 第二次 | 10.50 | 9.75 | 9.50  |
| 第三次 | 10.75 | 7.25 | 8.00  |
| 第四次 | 10.50 | 5.25 | 6.75  |
| 第五次 | 10.50 | 3.25 | 10.00 |
| 平均  | 10.55 | 5.75 | 8.20  |



### 研究結果與討論

- 重心在內側有最佳的繞圈。
- 從各區塊的比較圖可以發現，重心在內側時螞蟻的移动穩定又快速；我們過去認為電池要平放在中央，原來會造成繞圈時的不穩定。

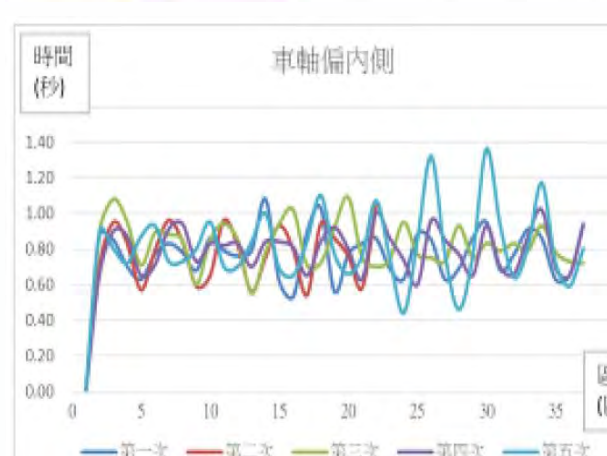
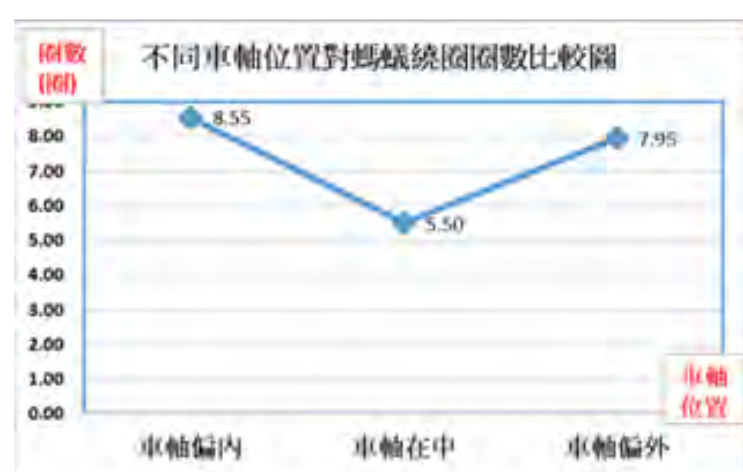
## 研究6 - 2：不同車軸位置，對螞蟻繞圈有何影響？

【實驗步驟】

- 製作螞蟻雄兵的原型。
- 分別將車軸左右推動為車軸偏內(左:右=1:5)、車軸在中(左:右=3:3)和車軸偏外(左:右=5:1)的比例進行。
- 放到繞圈賽道起點上，利用雷射光打在光敏電阻上，4個象限依序偵測，計時30秒並進行慢速攝影，計算螞蟻雄兵所繞圈數。
- 結果記錄如表6-2，圖6-2。

表 6-2.車軸位置

|     | 車軸偏內 | 車軸在中 | 車軸偏外 |
|-----|------|------|------|
| 第一次 | 9.8  | 3.0  | 10.5 |
| 第二次 | 5.3  | 9.5  | 7.0  |
| 第三次 | 9.3  | 7.0  | 6.8  |
| 第四次 | 9.5  | 5.0  | 10.5 |
| 第五次 | 9.0  | 3.0  | 5.0  |
| 平均  | 8.6  | 5.5  | 8.0  |



### 研究結果與討論

- 車軸在內側有最佳的繞圈圈數。
- 從各區塊的比較圖可以發現，車軸在內側時螞蟻繞圈的移動速度快，車軸在外側時，在固定的角度會有較大的偏斜，造成繞圈時間變長。

## 目的七：製作一隻速度與繞圈最佳效果的螞蟻雄兵。

【實驗步驟】

- 整理上述研究結果，討論與歸納螞蟻雄兵的驅動方式、輪子設計、摩擦力、身體設計及重心位置。
- 根據結論製作一隻速度與繞圈最佳效果的螞蟻雄兵。

【研究發現】

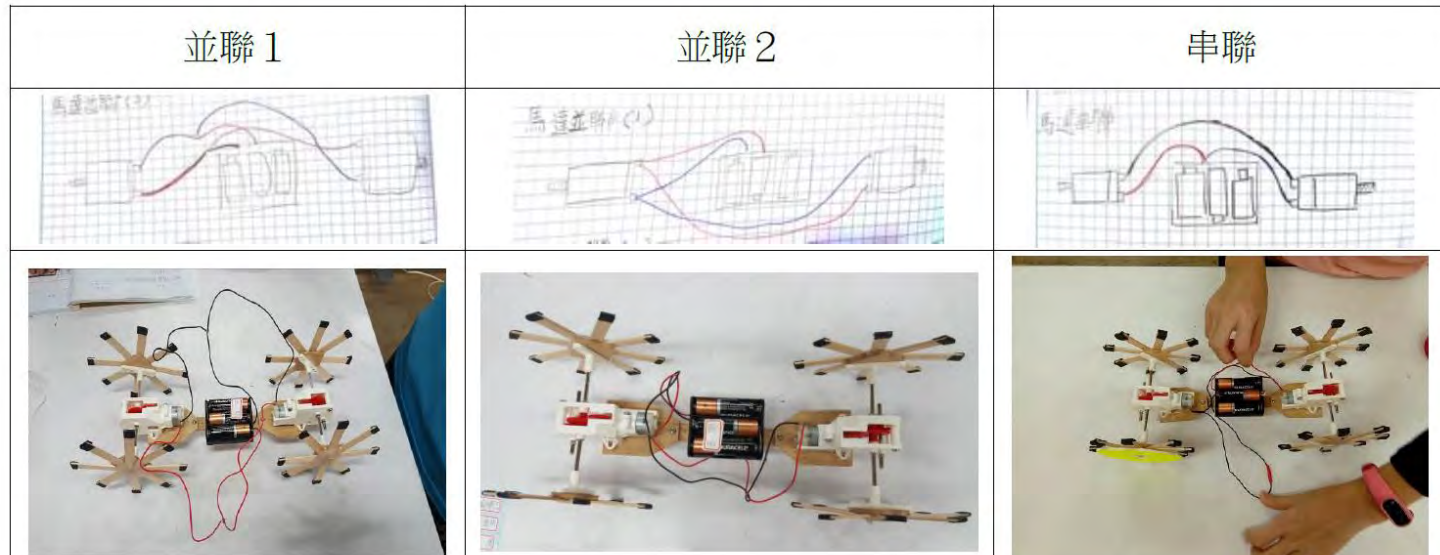
|     | 最佳速度(cm/s) | 最佳圈數(圈) |
|-----|------------|---------|
| 第1次 | 72.3       | 11.8    |
| 第2次 | 71.4       | 11.0    |
| 第3次 | 71.4       | 11.0    |
| 第4次 | 75.6       | 11.8    |
| 第5次 | 75.6       | 10.8    |
| 平均  | 73.3       | 11.3    |

| 競賽項目   | 改變的因素     | 最佳效果   | 選擇                                 |
|--------|-----------|--|------------------------------------|
| 行走速度最快 | 一、不同驅動方式  | 馬達並聯<br>四輪驅動<br>交換後齒輪排列方式<br>平面輪                                       | ✓ 馬達並聯<br>✓ 四輪驅動<br>✓ 調整為: 原型齒輪排列  |
|        | 二、不同輪子設計  | 輪長 17.1cm<br>間距 2.1cm<br>輪直徑 14.25cm(2.5個) - 17.1cm(3個)的組合 (3:3:3:2.5) | ✓ 平面輪<br>✓ 調整為: 輪長 11.4cm 間距 3.6cm |
|        | 三、不同摩擦力配置 | 止滑墊、全止滑  | ✓ 調整為: 輪直徑 11.4cm(2:2)的組合          |
|        | 四、不同身體設計  | 彎曲角度 55度<br>連桿 5公分/連桿 2公分<br>輪子 11.4cm(2個)的組合(2:2)                     | ✓ 全止滑<br>✓ 連桿 2公分<br>✓ 彎曲角度 55度    |
| 繞圈最佳   | 五、不同重心位置  | 重心在內<br>車軸在內   | ✓ 重心在內<br>✓ 車軸在內                   |

## 柒 討論

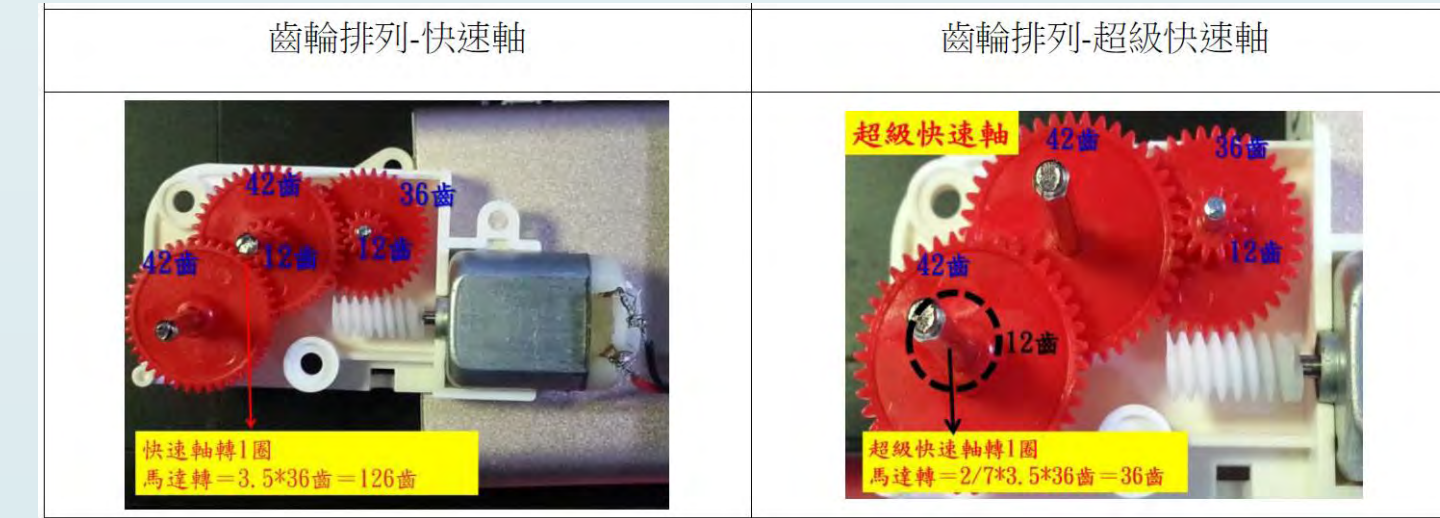
### 一、比較不同驅動方式的螞蟻，對前進速度有何影響。

從【研究2-1】發現，馬達的串聯與並聯對螞蟻移動的速度有明顯的差異。一開始我們將並聯1的情況誤認為串聯，覺得實驗數據很奇怪，經過向老師求證後發現，由電池盒正極連接其中一個馬達，負極連至另一個馬達，兩個馬達之間再用線連接才是串聯的接法，果然書本知識與應用時還是有點差異，需要一些實戰經驗才會更確認。最後實驗結果發現三種接法的速度是：並聯1 > 並聯2 > 串聯。



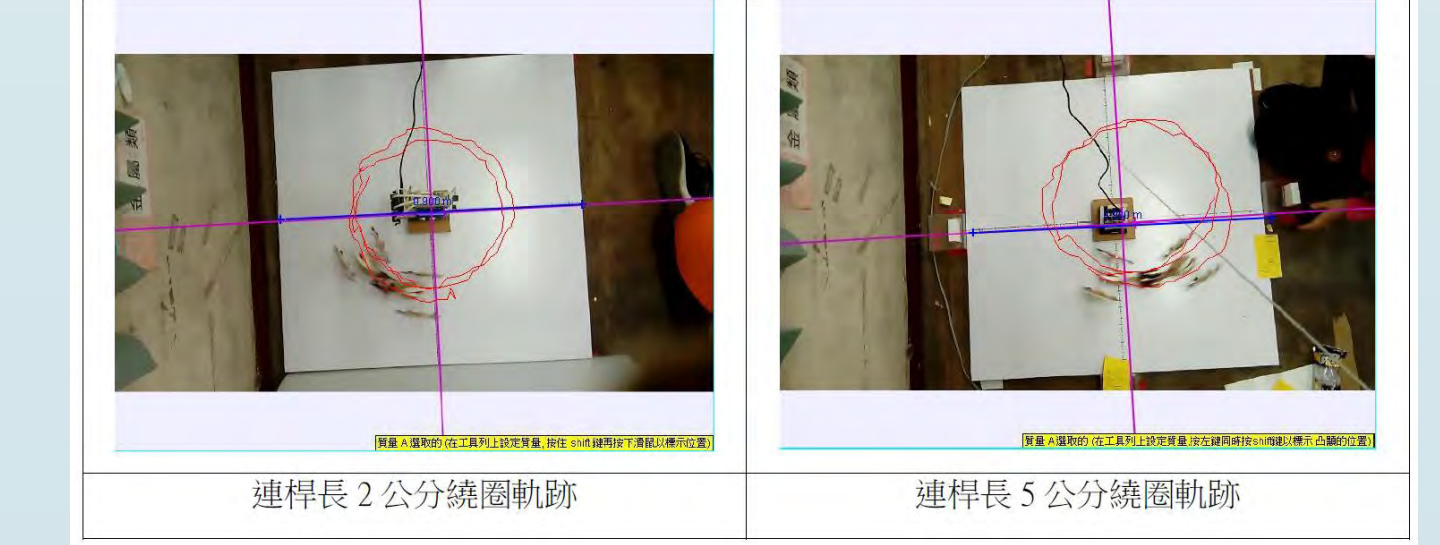
### 二、比較不同齒輪排列方式的螞蟻對移動速度有何影響。

從【研究2-3】我們發現，一個齒輪盒裡的齒輪分為：小齒輪(軸12齒、輪36齒)、平凸齒輪(軸0齒、輪42齒)、雙凸齒輪(軸0齒、輪42齒、軸12齒)，其排列方式分為原型齒輪以及交換後齒輪，交換後齒輪速度極快，但是扭力小，稍微碰撞到障礙物就會發出磨損的聲音並卡住，考量競賽更換時間來不及交換齒輪排列，以及有損壞的風險，最後採取原型齒輪進行後續的實驗。



### 三、不同連桿長度對螞蟻前進的速度有何影響。

從【研究5-2】實驗中發現，螞蟻雄兵連桿長5公分，竟然與連桿長2公分的設計，繞圈圈數相近，這引發我們的疑問。利用Tracker軟體分析，發現連桿長2公分是一種正圓形，但是很貼近中間，稍有偏斜就容易撞上中央的立方體；而連桿長5公分是一種長橢圓形，前輪抓準方向，後輪有點飄移，但是能在場地內順利繞圈。



### 四、不同輪子摩擦力對螞蟻直線前進的速度有何影響。

從【研究4-1】實驗中發現，螞蟻雄兵輪子尖端由方形改為圓弧形並沒有比較快，透過紅色粉筆的軌跡可以發現，方形輪子尖端接觸地面為2個點，反觀圓弧形輪子尖端則只有1個點接觸地面。因此在無止滑的情況下，方形輪子的速度較快。

| 類型  | 方形-無止滑 | 圓弧-無止滑 |
|-----|--------|--------|
| 第一次 | 70.0   | 65.1   |
| 第二次 | 68.3   | 66.4   |
| 第三次 | 70.5   | 69.4   |
| 第四次 | 70.5   | 64.6   |
| 第五次 | 70.0   | 69.1   |
| 平均  | 69.9   | 66.9   |



### 五、內外側不同大小輪子配置，對螞蟻繞圈圈數有何影響。

從【研究3-5】實驗中發現，螞蟻雄兵在繞圈時，有向外側施予的力，所以會向內傾斜而產生向心力。由於螞蟻雄兵沒有汽車的懸吊系統，因此我們利用螞蟻雄兵原型，改變內外側大小輪配置，並測量所繞的圈數。

結果發現，當內側輪：外側輪=1.5：2.5(內輪8.55cm、外輪14.25cm)，在身體彎曲55度的情況下，有最佳的繞圈圈數；但在速度賽中，前輪：後輪=1.5：2.5(前輪8.55cm、後輪14.25cm)的情況下，速度會稍慢一些。

## 捌 未來展望

透過螞蟻雄兵的機械獸的研究，我們發現還可以進一步探討：

- 1.聯結車過彎的內輪差關係：**我們的組員也實地向聯結車司機請教過彎的一些基本概念，企圖讓這個實驗更具有應用性。
- 2.防災機器人避障應用：**這個科學競賽中，螞蟻藉由身體彎曲而能閃避中央的障礙物，當防災機器人在充滿瓦礫等障礙物的環境中，能適時的找出最佳彎曲角度，便能夠順利進行避障與救援行動。

## 玖 結論、參考資料(略)

