

嘉義市第 38 屆中小學科學展覽會

作品說明書



科 別：生活與應用科學科(1) 電機與資訊

組 別：國中組

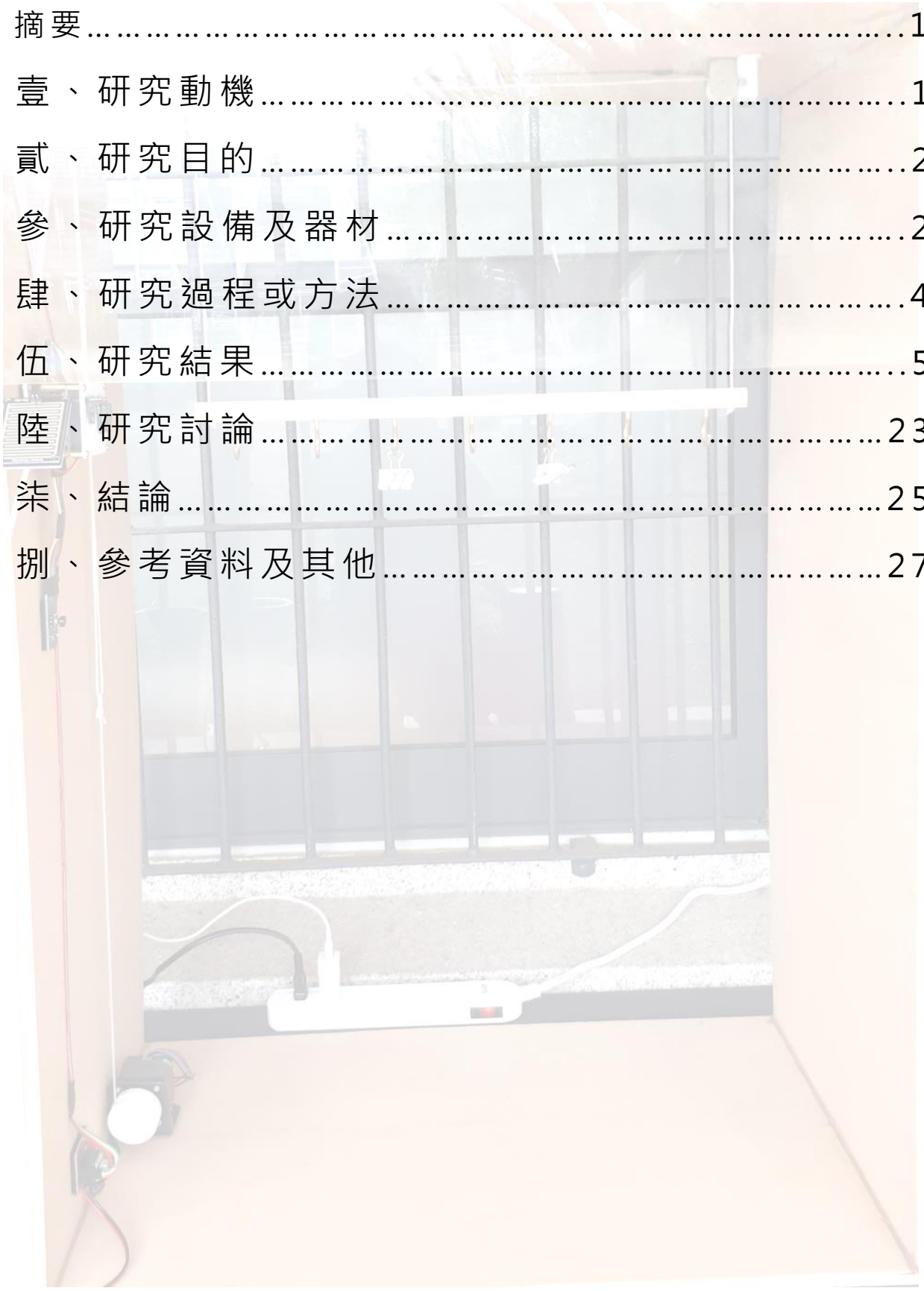
作品名稱：迎向陽光的美春2號

關 鍵 詞：曬衣架、感應模組、物聯網

編 號：_____

目 錄

| | |
|----------------|----|
| 摘要..... | 1 |
| 壹、研究動機..... | 1 |
| 貳、研究目的..... | 2 |
| 參、研究設備及器材..... | 2 |
| 肆、研究過程或方法..... | 4 |
| 伍、研究結果..... | 5 |
| 陸、研究討論..... | 23 |
| 柒、結論..... | 25 |
| 捌、參考資料及其他..... | 27 |



迎向陽光的美春 2 號

摘要

自從利用升降原理在生科競賽裡改造美春媽媽的曬衣桿後，我們常利用課餘時間一起討論，想要讓手按的美春 1 號曬衣效率再提升。升級版的美春 2 號模型機規劃以步進馬達控制捲揚器，利用參數使曬衣桿自動調整為置頂、曬衣或收衣等三階段的高度，讓曬衣工作無須再和曬衣繩拔河；此外，主控版(Esp32) 功能升級，除了安裝濕度、溫度、光照度等感應模組，還額外加上雨滴板偵測雨滴或水霧，透過實驗測量，收集衣物水分減少的差異比較曬衣效果；這些修改，讓美春 2 號結合了智慧型物聯網的功能，讓在外上班或買菜的美春女士，即使來不及回家收衣服，透過手機 APP，也能依照天氣狀況或方便性，調整家裡曬衣桿的高度，達到有效曬衣的目的。

壹、研究動機

台灣雙薪家庭很多，我家也不例外。

我們的媽媽，美春女士(代號)，除了上班工作，每天在家要做的家事樣樣沒少過，其中印象最深刻的就是瘦小的她每天和曬滿一家子衣服的曬衣繩拔河的身影。

調查了同學家裡的曬衣方式，有的家庭是立地式曬衣架，陽台空間不能活用；有的同學家裡則因為空間有限，將曬衣桿固定在較高的位置，要像洗衣店的老闆一樣，曬衣、收衣都得靠一枝鉤桿取上取下，或像我家要用拉繩控制高度。夏天的天氣衣服容易乾，但遇上冬天和雨天，來不及搶救衣服，衣服可能就會曬不乾或產生霉味。上網看了先進的曬衣機具，只是……加上「電動」兩個字，動輒就變會成上萬塊，這價位對國中生來說是天價！

一想到可以省這麼多錢，我們利用兩百多個午休不斷的討論、學習、實作，想將手動按鈕控制升降的美春 1 號，改造成自動感應氣候因素就能調整曬衣高度的美春 2 號。智慧型家電確實帶給人類很多的便利，我們期望自己用所學的知識讓生活更加美好，也希望升級版的美春 2 號能得到媽媽的歡心……

貳、研究目的

一、化手動為電動，讓曬衣不用再拔河

- (一)設計自造美春2號模擬機結構
- (二)感應模組連結與程式語言編輯

二、強化模組感應，連結物聯網智慧功能

- (一)偵測環境光照度、濕度與溫度、雨滴
- (二)物聯網智慧型操控介面建構

三、曬衣可以有效率:最佳化後曬衣效率比較

- 1. 光照度<800lux 時，衣物減水量測量
- 2. 光照度 1000lux~2000lux 時，衣物減水量測量
- 3. 光照度 2000lux~3000lux 時，衣物減水量測量

參、研究材料與方法

一、研究材料

(一)實作機具需求

檢視所需的機具整理如下表:

| | | | | |
|------|---|---|--|---|
| 機具名稱 | 1.剝線鉗 | 2.十字螺絲起子 | 3.美工刀 | 4. 電烙鐵 |
| 圖片 |  |  |  |  |
| 機具名稱 | 5.鋼尺 | 6.電子秤 | 7. 照度計 | 8.三用電表 |
| 圖片 |  |  |  |  |
| 機具名稱 | 9.線鋸機 | 10.3D 列印機 | 11.熱熔膠槍 | 12. 筆電 |
| 圖片 |  |  |  |  |

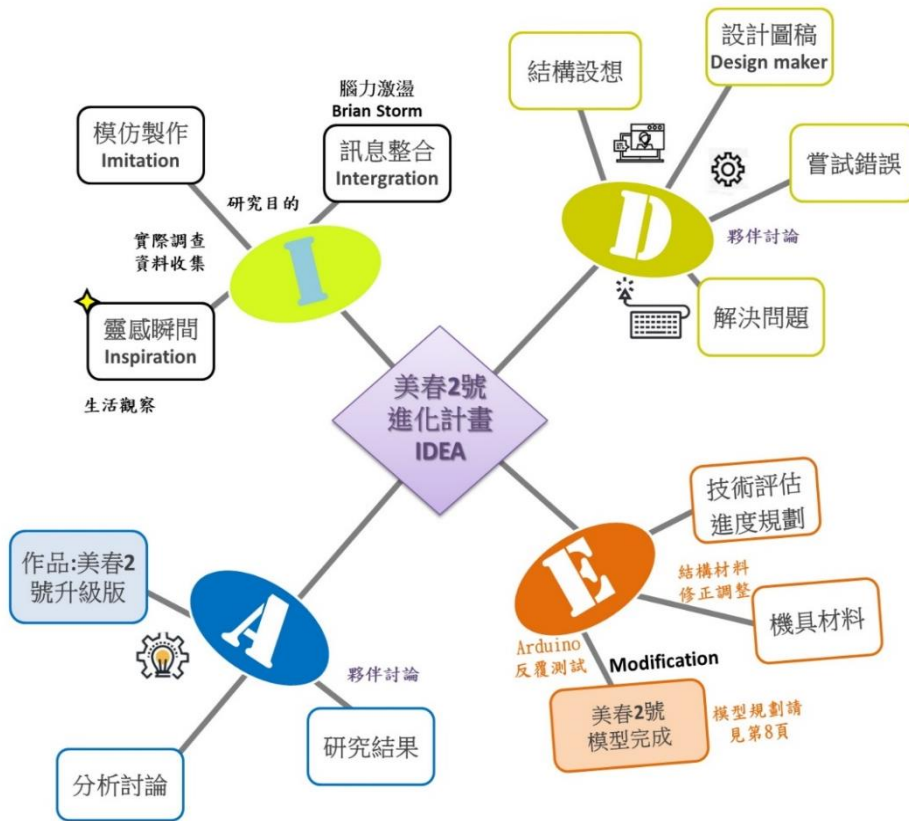
(二)實作材料需求

製造美春 2 號模型材料有:

| 項次 | 品名 | 規格 | 單位 | 數量 |
|----|--------------|-------------------------|----|----|
| 1 | 主控板 | ESP32 DEVKIT V1 Arduion | 片 | 1 |
| 2 | 溫濕度感測模組 | CJMCU-280E BME280 BOSCH | 組 | 1 |
| 3 | 光照度感測器模組 | GY-302 BH1750 | 組 | 1 |
| 4 | 雨滴感測器模組 | MH-RD Arduino | 組 | 1 |
| 5 | 步進馬達驅動器 | 42BYGH47 | 組 | 1 |
| 6 | 微型快動開關模組 | IMD-005256(碰撞傳感器) | 組 | 1 |
| 7 | 五向導航按鍵模組 | 2.0V ~ 9.0V | 組 | 1 |
| 8 | OLED 液晶屏顯示模組 | 0.96 吋 黑底白字 | 組 | 1 |
| 9 | 捲揚線 | 尼龍繩(5 米) | 條 | 1 |
| 10 | 木材料 | 合板 2*100*150cm | 份 | 1 |
| 11 | 滑輪 | 單軌、雙軌 | 個 | 3 |
| 12 | 麵包板 | MB-102 830 孔 | 個 | 1 |
| 13 | 螺絲 | 3*6mm 細牙 | 個 | 數個 |
| 14 | 螺帽 | 3mm 細牙 | 個 | 數個 |
| 15 | PLA 3D 材質 | 線捲 1kg 白色 | 捲 | 1 |
| 16 | 萬用板 | | 個 | 1 |
| 17 | 銅柱 | | 個 | 數個 |
| 18 | 電線 | 單心線、ok 線 | 條 | 數條 |
| 19 | 焊錫絲 | 0.8/1000mm | 條 | 1 |
| 20 | 各式長度杜邦線 | 依實際長度使用 | 條 | 數條 |
| 21 | 杜邦線母座 | | 個 | 1 |
| 22 | 不織布 | 各種顏色 | 片 | 8 |
| 23 | 熱熔膠條 | | 條 | 3 |
| 24 | 壓克力板 | 3mm 616mm 250mm | 片 | 1 |

肆、研究過程或方法

依據 I.D.E.A 四個部分，研究流程(如附圖)介紹如下:



1. 自造就是要靈感 (Inspiration + Integration)

美春 1 號若再加上什麼，就可以更好？許多物件的發明都源自於人們的需求，我們從生活觀察和去年的競賽經驗中找尋出新靈感 (Inspiration)，透過收集、練習仿製程式再增能，一起腦力激盪 (Integration 整合)，然後設定下研究目的。

2. 想法就要去設計 (Design maker)

訊息整合後將需要改良修正的部分設計 (Design) 出來，解決大家發想的問題，透過嘗試錯誤，不斷修正此在學習中透過思考解決問題 (Design maker)。

3. 評估就要去執行 (Evaluation & Execution)

依前階段的設計草圖進行評估 (Evaluation)，列出需要的機具和材料，開始分配制定有效率的工作程序，約定工作時間和場地，學習製圖，閱讀 Arduino 的工具書和進修網站，詢問師長機具使用的技巧等，執行 (Execution) 完成美春 2 號機組模型，開始進行微調。

4. 修正就是要升級 (Amendment)

設計實驗，收集數據，進行量化分析，依據研究目的依序說明，完成作品介紹，希望美春 2 號可以升級成功。

伍、研究結果

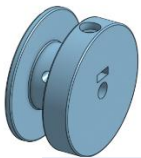
研究一：化手動為**電動**，讓曬衣不用再拔河

研究 1-1 設計自造美春 2 號模擬機結構

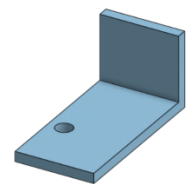
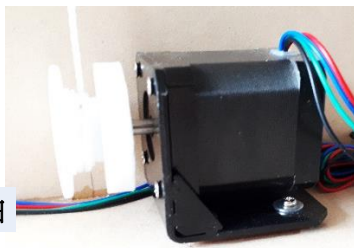
設計自早美春 2 號，過程圖解與說如下：

作法 1:零件設計與 3D 列印

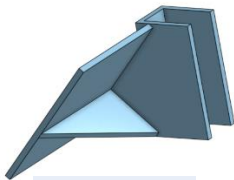
作法 1 說明:以 On Shape 設計，用 3D 列印模組支架或零件，協助組裝，提高穩定度。



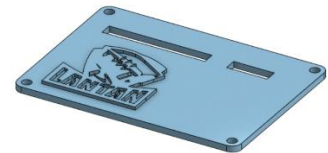
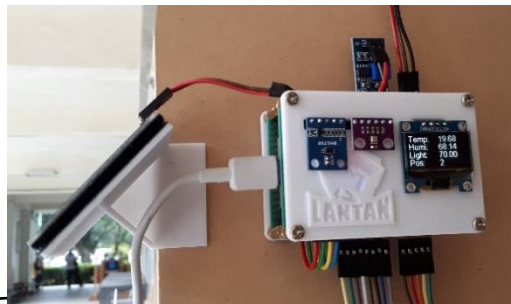
捲揚器轉軸



碰撞傳感器基

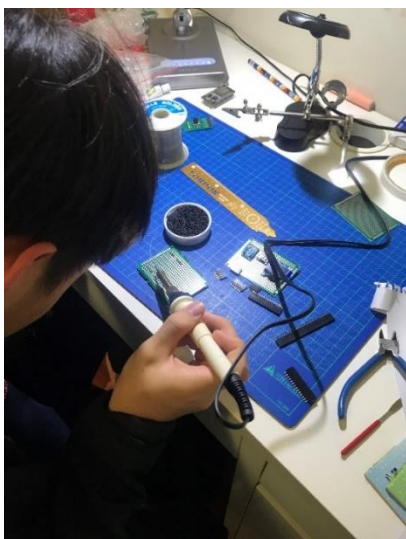


雨滴板基座



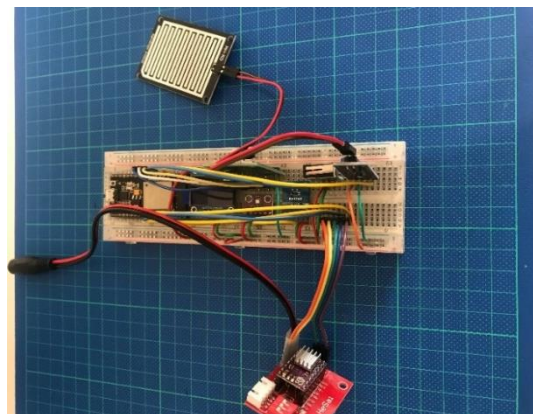
主控板外殼

作法 2:模組焊接、接線、編寫、測試

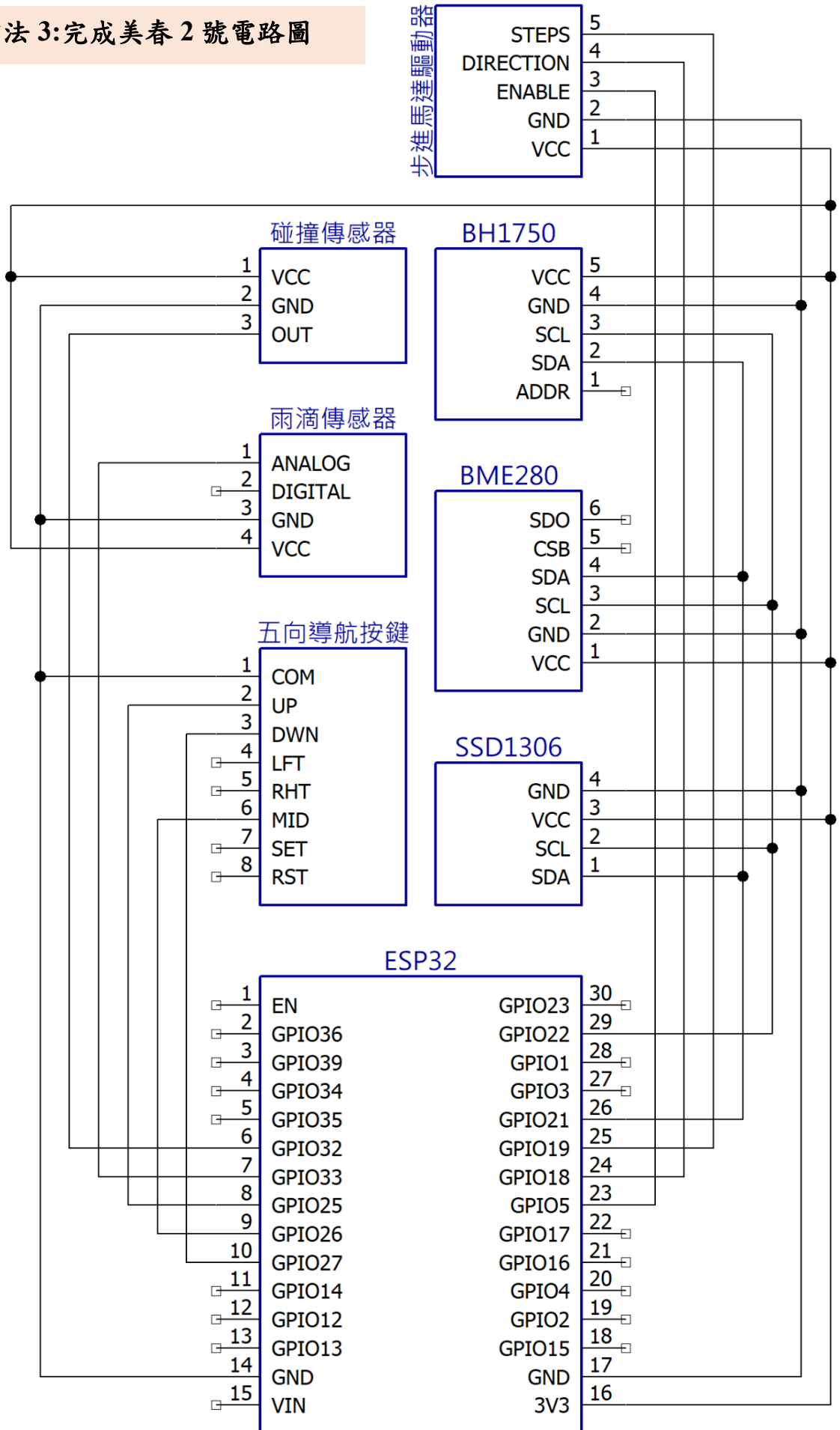


作法 2 說明:

組裝模組，編寫程式、完成測試後備用。



作法 3:完成美春 2 號電路圖



作法 4: 裝設框架與滑輪

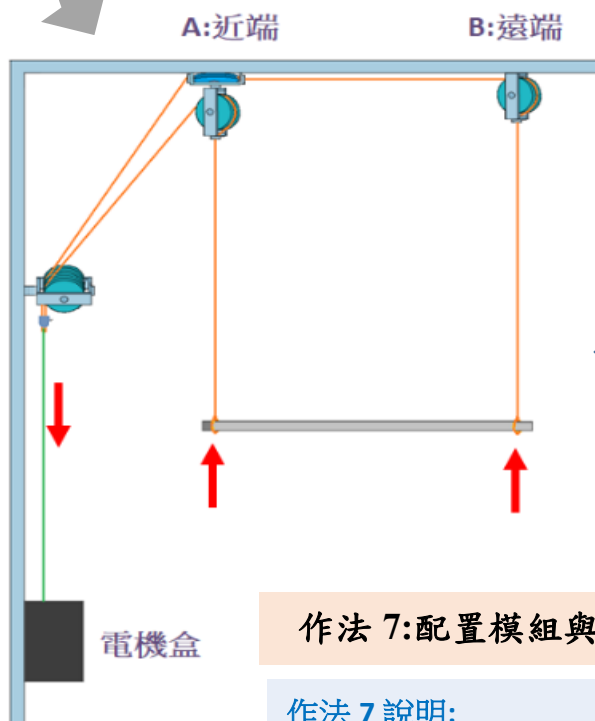


作法 4 說明:

將鋸好的木板 2*60*90cm 和 2*40*60cm、3 個滑輪依圖示組合。

作法 5 說明:

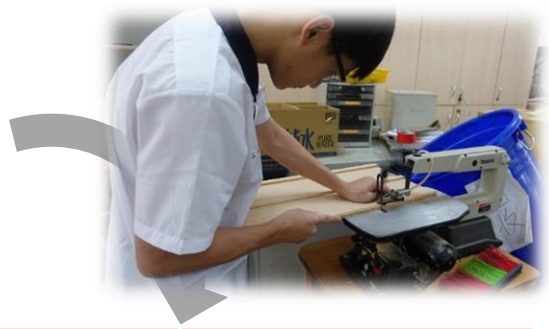
依圖示方向依序將第 1 段尼龍繩穿過滑輪並固定曬衣桿，使其保持平衡。



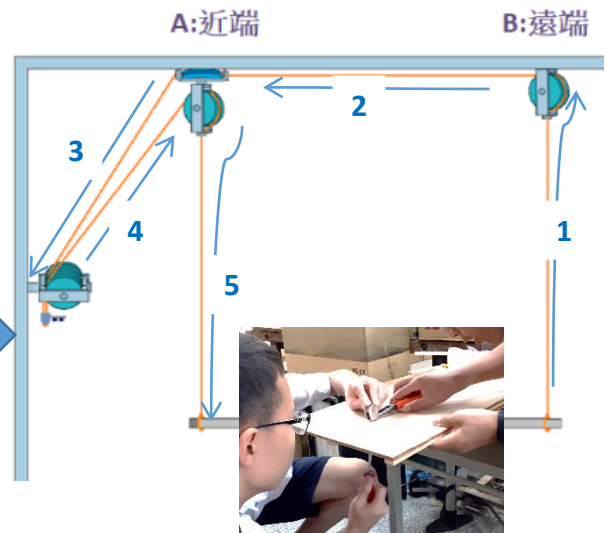
作法 7: 配置模組與機電盒位置

作法 7 說明:

將光照度模組、溫溼度模組、雨滴板、微動開關、五向按鈕等配置於側板或合適的位置上即**完成作品**。



作法 5: 尼龍線與曬衣桿



作法 6: 固定馬達捲揚器

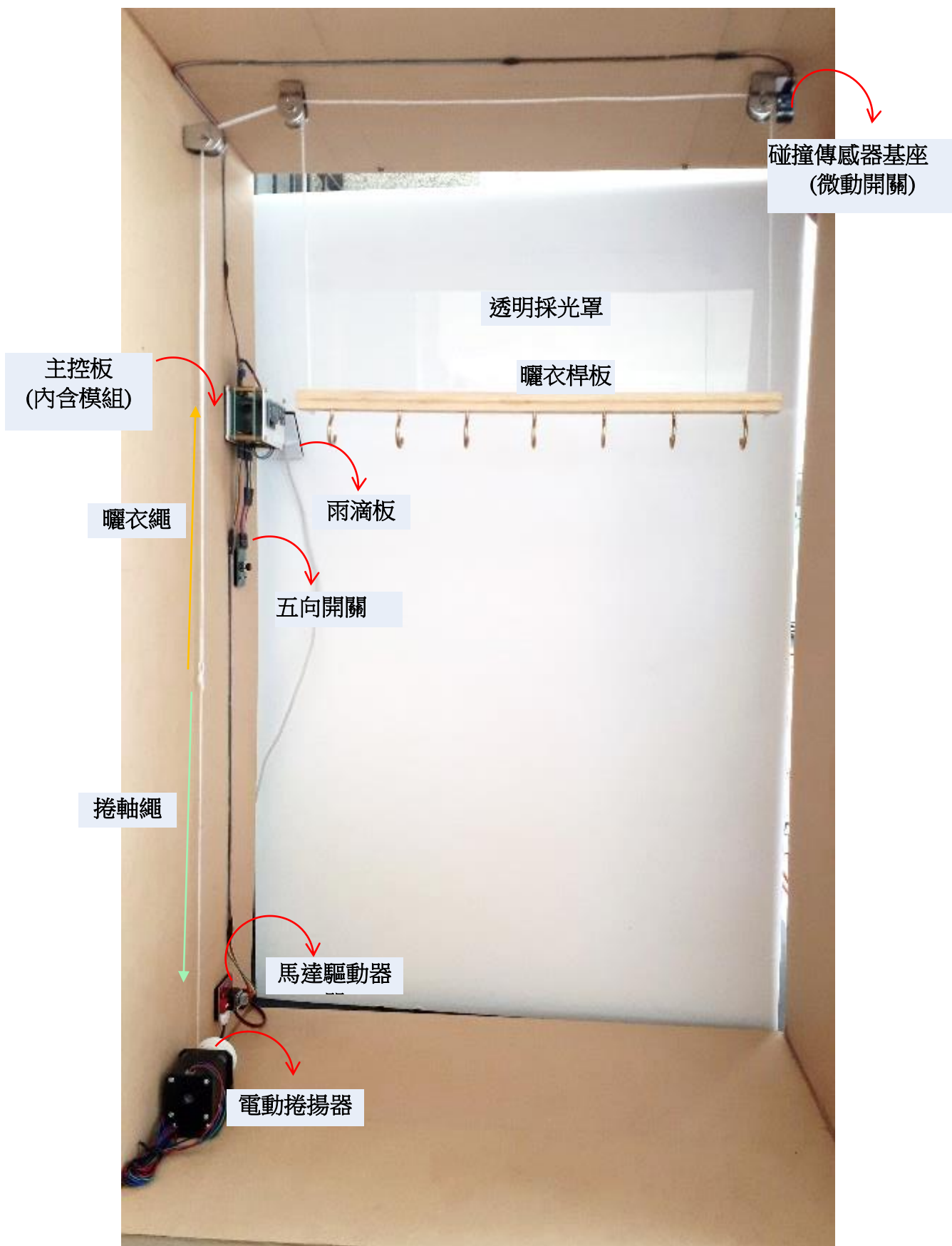
作法 6 說明:

取第 2 段尼龍繩(綠線)穿過左側滑輪並固定在捲揚器的捲軸上。透過馬達的運轉，加上微動開關，當綠色線捲入，曬衣桿會上升，綠色線釋放，曬衣桿會下降的機制(如左圖示)，控制曬衣桿的升降。



作法 8:美春 2 號機完成圖

硬體結構與模組整合完成圖如實體照片所示。



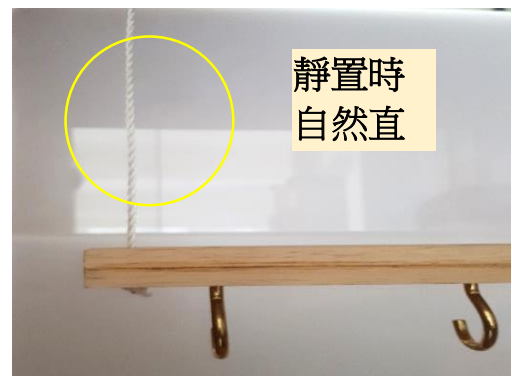
結構調整說明

1. 繩索

將曬衣工作，從坊間常用的**手動拉繩**調節曬衣桿高度再鎖定，改裝成可以利用**電動捲揚器**控制曬衣桿的升降，使用者無需再與曬衣繩拔河，省力又方便。除此之外，就硬體結構觀察，因為美春 1 號的鋼索，在靜置時會扭曲，也不利捲揚器進行轉動，因此在製作美春 2 號時，我們另外選擇尼龍繩取代鋼索，實體照片如下圖示。



美春 1 號 鋼索繩



美春 2 號 尼龍繩

2. 步進馬達

使用步進馬達和驅動器，反覆測試步進角，最後以比例(360:200)追隨脈沖信號轉動，控制曬衣桿能升降到精確的位置，將手動改為電動的步進馬達控制的曬衣桿高度分為以下三段：

- (1) **收衣模式**：驅動步進馬達轉動 9 圈(1800 步)，將曬衣桿降至最低點，可以收下乾燥的衣物。
- (2) **曬衣模式**：驅動步進馬達轉動 4 圈(800 步)，將曬衣桿降至曬衣位置，此位置衣物可以曬到充足的光線。
- (3) **置頂模式**：步進馬達不動，曬衣桿停止在最高點，讓衣物能在採光罩內躲雨、躲濕氣。

研究 1-2 感應模組連結與程式語言編輯

先使用麵包板測試線路，升級主控板 ESP32 作主模式連接各項感應模組與驅動器，建構獨立的網絡控制器，透過感光、溫度、溼度等模組，加上雨滴板偵測功能，提高智能控制曬衣桿高度，讓衣服雨天避雨、陰天通風、晴天曝曬，更容易曬乾，還可以隨時吸收飽滿的陽光味，提升曬衣效率。其中，Arduino 程式經過多次修復與編寫，最後成果因篇幅過長，簡單擷取紀錄如下：

1. 移動曬衣桿到新的絕對位置

```
void setPosition(int pos)
{
    long move_to_steps = 0;

    if (Position == pos)
        return;
    Position = pos;
    Blynk.virtualWrite(V11, Position);
    switch (pos) {
        case 1:
            move_to_steps = 0;
            break;
        case 2:
            move_to_steps = 600;
            break;
        case 3:
            move_to_steps = 1600;
            break;
    }

    while (stepperX.currentPosition() != move_to_steps) {
        if (stepperX.currentPosition() < move_to_steps)
            stepperX.setSpeed(400);
        else
            stepperX.setSpeed(-400);

        stepperX.runSpeed();
    }
}
```

2. 讀取五向導航按鍵值並設定曬衣桿位置

```
void getFiveButton(void)
{
    if (digitalRead(five_up_pin) == LOW) {
        setPosition(1);
    } else if (digitalRead(five_mid_pin) == LOW) {
        setPosition(2);
    } else if (digitalRead(five_dwn_pin) == LOW) {
        setPosition(3);
    }
}
```

3. OLED 顯示傳感器數據

```
void sendDisplay(void)
{
    display.clear();
    display.drawString(0, 0, "Temp:");
    display.drawString(0, 16, "Humidity:");
    display.drawString(0, 32, "Light:");
    display.drawString(0, 48, "Raindrop:");
    display.drawString(72, 0, String(Temperature) + "°C");
    display.drawString(72, 16, String(Humidity) + "%");
    display.drawString(72, 32, String(Light, 0) + " lx");
    display.drawString(72, 48, String(Raindrop) + "%");
    display.display();
}
```

4. 自動化條件檢查並設定曬衣桿位置

```
// 自動化移動條件檢查
// 當濕度小於設定值，曬衣桿移動到中。
if (HumidityMoveMid == 1 && Humidity < HumidityStart)
    setPosition(2);
// 當濕度大於設定值，曬衣桿移動到上。
if (HumidityMoveUp == 1 && Humidity > HumidityStop)
    setPosition(1);
// 當照度大於設定值，曬衣桿移動到中。
if (LightMoveMid == 1 && Light > LightStart)
    setPosition(2);
// 當照度小於設定值，曬衣桿移動到上。
if (LightMoveUp == 1 && Light < LightStop)
    setPosition(1);
// 當雨滴小於設定值，曬衣桿移動到中。
if (RaindropMoveMid == 1 && Raindrop < RaindropStart)
    setPosition(2);
// 當雨滴大於設定值，曬衣桿移動到上。
if (RaindropMoveUp == 1 && Raindrop > RaindropStop)
    setPosition(1);
```

研究二：強化模組感應，連結物聯網智慧功能。

研究 2-1 模組感應數據：偵測環境光照度、濕度與溫度

1. 模組環境偵測_晴天

依據氣象站收集的參考顯示，嘉義近 3 年的年均溫為 23.6°C，以 1~2 月份的氣溫為最低，7 月份的溫度為最高，在晴朗的天氣裡，早上六、七點的溫度最低，而下午一至三點時的溫度最高，然後逐漸降低。濕度則剛好相反，上午六、七點時它的濕度最大，太陽出來後濕度就降低了，到下午三點時最低，然後又升高。

用美春 2 號模擬機模組在屋簷下收集到的晴天(2020/02/15)的環境偵測資料 24 小時，將所得到的 1440 筆資料完成整點均值分析，所得到的溫、溼度數據和環經資料和氣象站的統計資料相符合，晴天 24 小時均值偵測值折線圖如下所示。

另外，在陽台屋簷下光照度的量測可以觀察到，早上 7-8 點的光照度比下午 14-15 點(996lux)的光照度高，因此選定 1000 lux 作為曬衣桿升降的參數。

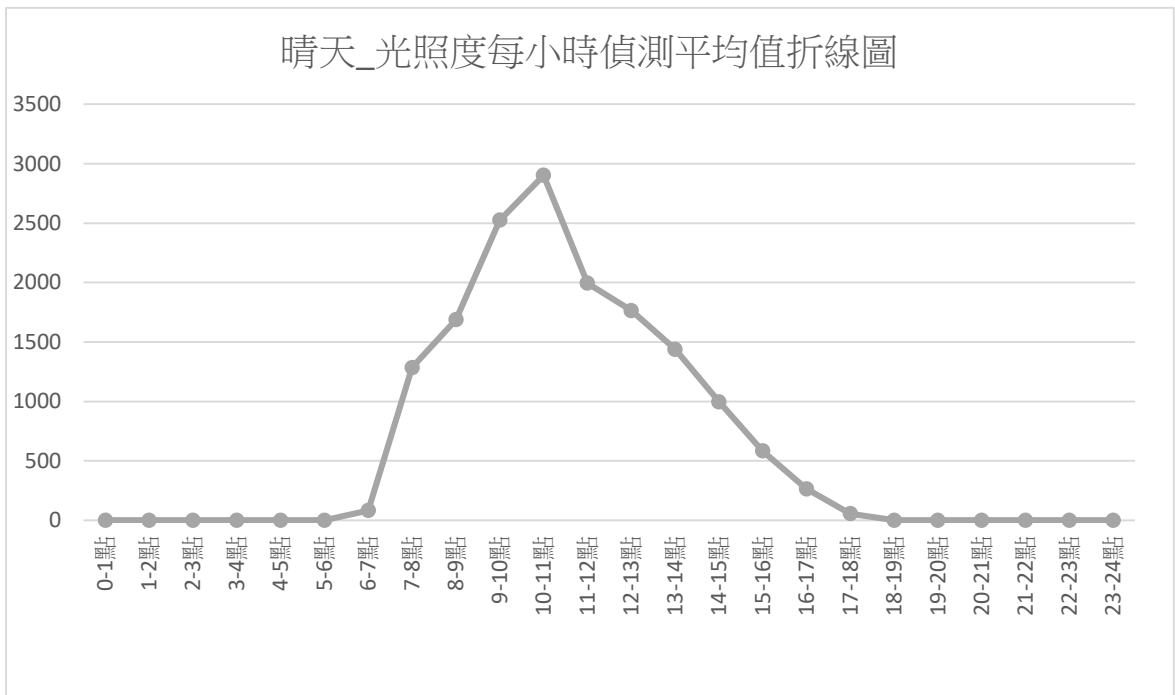
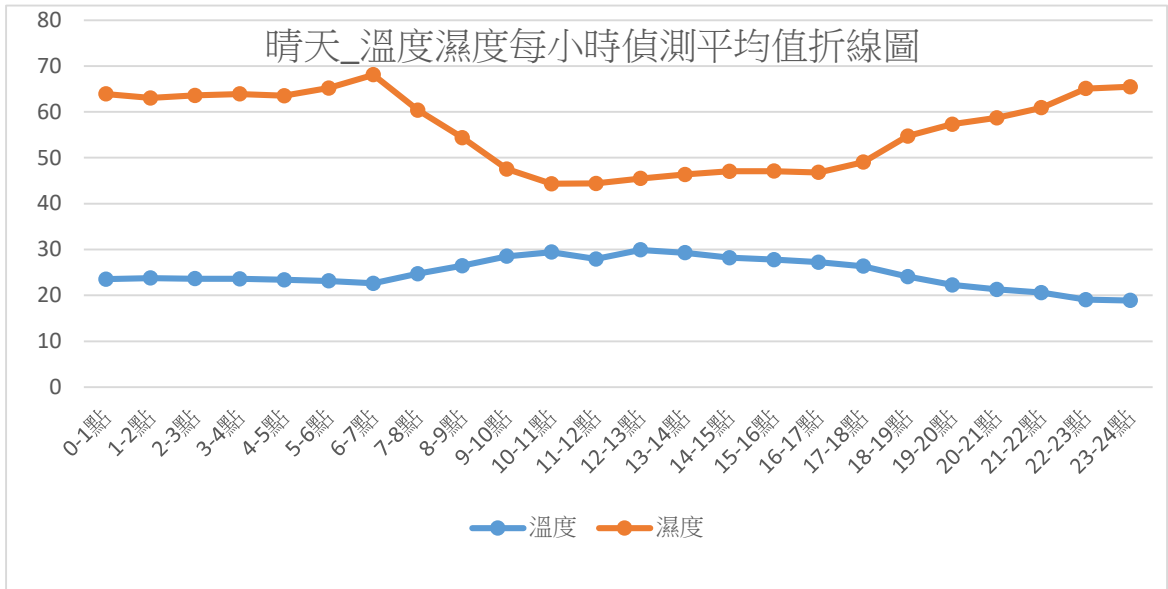
表 1 晴天_溫度濕度光照度每小時偵測均值

| 項目\時間 | 0-1 點 | 1-2 點 | 2-3 點 | 3-4 點 | 4-5 點 | 5-6 點 | 6-7 點 | 7-8 點 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 濕度 | 63.9 | 63.04 | 63.58 | 63.91 | 63.5 | 65.19 | 68.1 | 60.37 |
| 溫度 | 23.53 | 23.77 | 23.64 | 23.61 | 23.4 | 23.14 | 22.63 | 24.72 |
| 光照度 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 82.9 | 1284.9 |

| 項目\時間 | 8-9 點 | 9-10 點 | 10-11 點 | 11-12 點 | 12-13 點 | 13-14 點 | 14-15 點 | 15-16 點 |
|-------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 濕度 | 54.38 | 47.52 | 44.34 | 44.41 | 45.46 | 46.36 | 47.06 | 47.08 |
| 溫度 | 26.46 | 28.53 | 29.44 | 29.94 | 29.91 | 29.29 | 28.2 | 27.78 |
| 光照度 | 1688.2 | 2525.2 | 2901.4 | 1994.3 | 1764.1 | 1438.9 | 996.63 | 583.78 |

| 項目\時間 | 16-17 點 | 17-18 點 | 18-19 點 | 19-20 點 | 20-21 點 | 21-22 點 | 22-23 點 | 23-24 點 |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 濕度 | 46.81 | 49.04 | 54.72 | 57.29 | 58.71 | 60.9 | 65.08 | 65.46 |
| 溫度 | 27.21 | 26.37 | 24.08 | 22.27 | 21.28 | 20.58 | 19.05 | 18.89 |
| 光照度 | 263.86 | 56.34 | 0.15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

晴天的模組偵測值，提供我們參數設定的參考。可以從模組偵測到數據得知，晴天時光照度最大的時段，環境溫度也開始逐漸升高，是曬衣服最佳的黃金時段。因此，在晴天，能在光照度最佳的時段曬好曬滿，參數值的選擇是關鍵。



2. 模組環境偵測_陰雨天

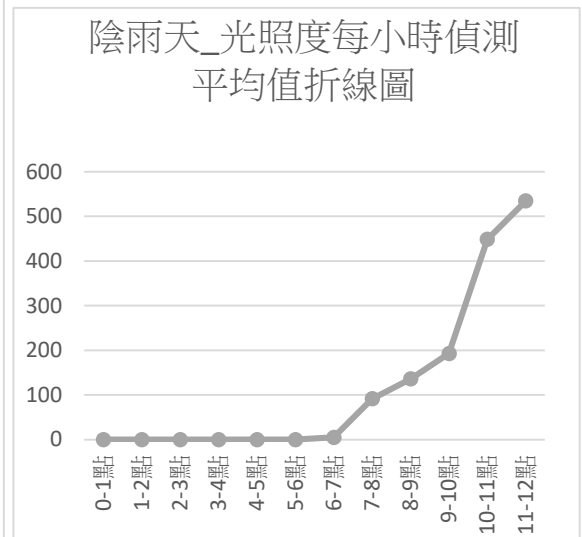
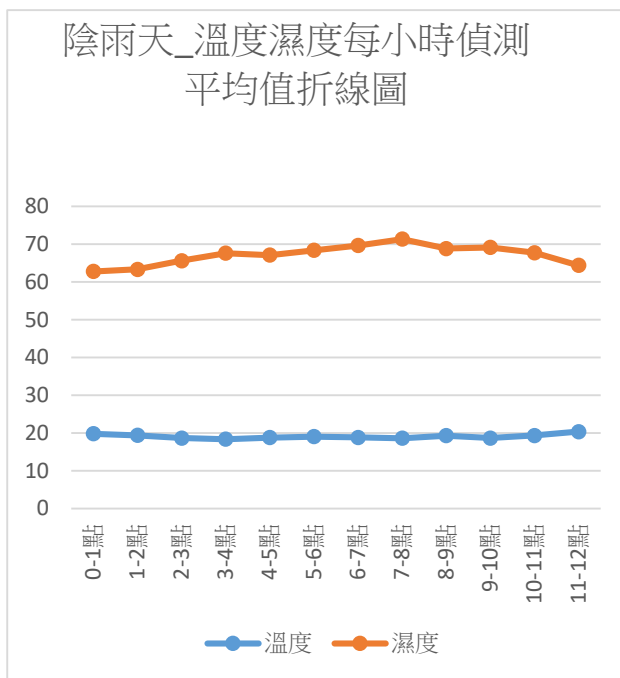
美春 2 號模擬機模組也另外收集陰雨天(2020/03/05)的環境偵測資料 12 小時，同時將 720 筆資料完成整點均值分析，所得到的 12 小時均值偵測值表與折線圖如下所示。

表 2 陰雨天_溫度濕度光照度每小時偵測均值

| 項目\時間 | 0-1 點 | 1-2 點 | 2-3 點 | 3-4 點 | 4-5 點 | 5-6 點 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 濕度 | 62.76 | 63.3 | 65.61 | 67.58 | 67.09 | 68.37 |
| 溫度 | 19.81 | 19.37 | 18.64 | 18.35 | 18.79 | 19.03 |
| 光照度 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 項目\時間 | 6-7 點 | 7-8 點 | 8-9 點 | 9-10 點 | 10-11 點 | 11-12 點 |
|-------|-------|-------|--------|--------|---------|---------|
| 濕度 | 69.61 | 71.33 | 69.82 | 69.12 | 67.7 | 64.38 |
| 溫度 | 18.83 | 18.63 | 19.31 | 18.67 | 19.32 | 20.35 |
| 光照度 | 4.98 | 91.19 | 135.62 | 192.8 | 448.27 | 534.44 |

依中央氣象局嘉義測站及阿里山測站歷年資料之統計，發現嘉義雨量集中多分



佈於 5 月至 9 月，約佔全年降雨量的 80% 以上，近 3 年的平均降雨日數雖然比早年統計減少，但降雨量卻同時增加了 24~38%，表示降雨的型態多是短時間的大規模降雨。

雖然相對溼度高，下雨機會也較高，但未必一定真的會下雨，但當濕度達到有礙衣物的乾燥時，收起曬衣桿是必須的。我們配合模組偵測的資料，選擇陰雨天 2002/03/05，當天清晨 5 點多嘉義市開始下起即驟雨，早上上學的時候，還得撐傘，從整理的表 2 可得知，當日是早晨 5-6 點時開始下雨，相對濕溼度是 68.37%，雨下加上夜間濕度的參考值，這些數值的收集有助於我們設定美春 2 號的溼度參數。

此外，美春 2 號也設定雨滴板感應雨滴或水霧進行輔助，讓曬衣桿能在降雨時間短但大規模降雨情況發生時也同時啟動收衣模式。

研究三: 曬衣可以有效率:曬衣減水量比較

曬衣實驗:衣物減水量檢測說明

● 實驗設計

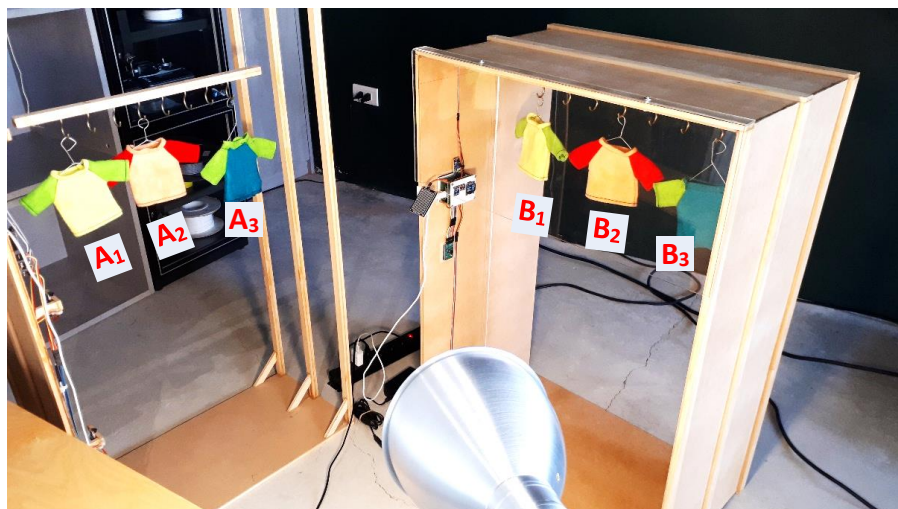
使用美春 1 號(對照組)、美春 2 號(實驗組)在實驗空間進行晾曬衣物實驗，透過實驗測量，收集衣物水分減少的差異比較曬衣效果。

● 實驗目的:

測試美春 1 號(手動按鈕升降曬衣桿)與美春 2 號(智慧調整升降曬衣桿)的曬衣效率。

● 實驗步驟:

- (1)選擇一個室內環境進行實驗，以便控制光照度。
- (2)以照度計協助量測光照條件，光源為家用的聚光燈(與光源距離 100cm 照度量測值約為 3000lux)。
- (3)每組各有三件重量相同、材質相同、厚度相同的不織布裁縫衣物，對照組 A₁(6.90 ± 0.01g)、A₂(7.03 ± 0.01g)、A₃(7.09 ± 0.01g)與實驗組 B₁(6.90 ± 0.01g)、B₂(7.03 ± 0.01g)、B₃(7.09 ± 0.01g)。
- (4)先將衣物水洗，放在洗衣袋脫水 1 分鐘，在晾曬實驗前先秤重。
- (5)利用與曬衣架(實驗組與對照組)距離遠近控制照度，設定在 <800 lux(陰雨天)、1000 lux~2000lux(陰晴天)、2000lux~3000lux(大晴天)，每種範圍的光照度在晾衣 50 分鐘後、100 分鐘後、150 分鐘後秤重一次。
- (6)用電子秤量測晾曬的衣物(A₁₋₃ 與 B₁₋₃)總含水重量，並紀錄。實驗時，對照組、實驗組兩組衣物位置與燈源的位置關係如下圖照片所示。



研究 3-1 實驗(一) 光照度<800 lux 時，衣物減水量測量實驗

1. 實驗環境偵測

在實驗(一)中，我們並沒有提供光源，而是直接在實驗空間現有的光照度進行曬衣量測。事後從美春 2 號機所偵測的數據中，擷取當時的環境資料，分析如下：

表 3 美春 2 號光照度<800 lux 時的實驗空間環境偵測

| 項目 | 50 分鐘 | 100 分鐘 | 150 分鐘 | 平均值 |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 溫度 | 26.98 | 26.82 | 27.13 | 26.98 |
| 濕度 | 38.55 | 40.20 | 40.29 | 39.68 |
| 光照度 | 370.71 | 406.34 | 323.19 | 366.75 |

2. 實驗數據分析

從上表 3，實驗時環境的溫度、濕度、光照度等條件，衣物晾曬的減水量量測的數據分析如下：

表 4 美春 1 號與美春 2 號光照度<800 lux 衣物含水量測量

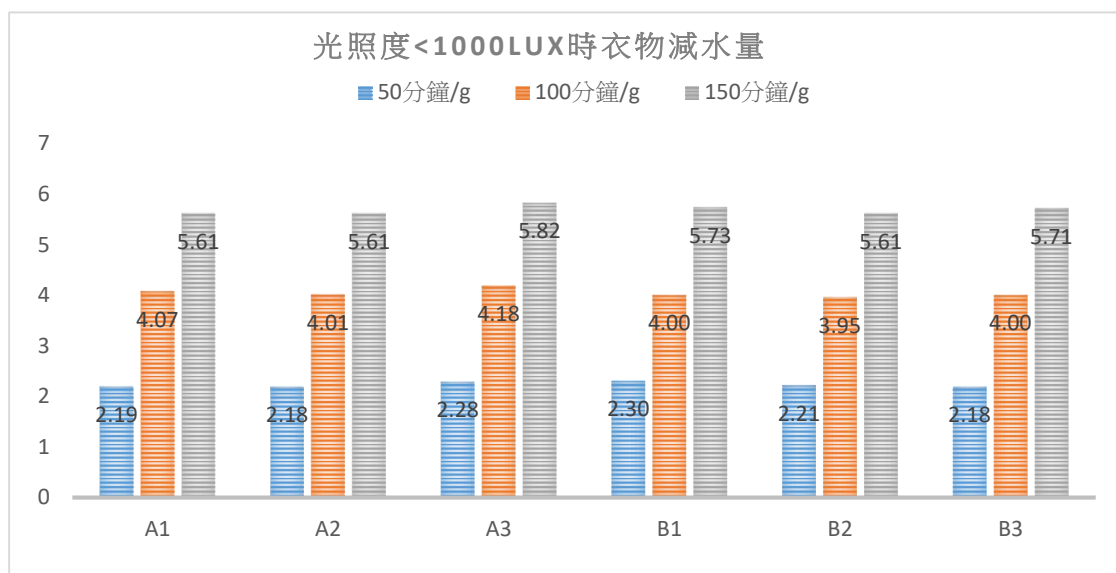
| 組 別 | 對照組(美春 1 號) | | | 實驗組(美春 2 號) | | |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | A ₁ | A ₂ | A ₃ | B ₁ | B ₂ | B ₃ |
| 衣物編號 | | | | | | |
| 淨 重/g | 6.90 | 7.03 | 7.09 | 6.90 | 7.03 | 7.09 |
| 脫水後/g | 30.40 | 30.48 | 30.69 | 30.4 | 30.48 | 30.69 |
| 50 分鐘/g | 28.21 | 28.30 | 28.41 | 28.1 | 28.27 | 28.51 |
| 100 分鐘/g | 26.33 | 26.47 | 26.51 | 26.4 | 26.53 | 26.69 |
| 150 分鐘/g | 24.79 | 24.87 | 24.87 | 24.67 | 24.87 | 24.98 |
| 總減水量/g | 5.61 | 5.61 | 5.82 | 5.73 | 5.61 | 5.71 |

表 5 美春 1 號與美春 2 號光照度<800 lux 時衣物減水量

| 組 別 | 對照組(美春 1 號) | | | 實驗組(美春 2 號) | | |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | A ₁ | A ₂ | A ₃ | B ₁ | B ₂ | B ₃ |
| 減水量 | | | | | | |
| 50 分鐘/g | 2.19 | 2.18 | 2.28 | 2.30 | 2.21 | 2.18 |
| 100 分鐘/g | 4.07 | 4.01 | 4.18 | 4.00 | 3.95 | 4.00 |
| 150 分鐘/g | 5.61 | 5.61 | 5.82 | 5.73 | 5.61 | 5.71 |

說明:

在照度<800lux 時，美春 1 號與美春 2 號的高度一致衣物在相同的條件下，曬衣實驗所收集的數據如上表 4、表 5，我們由相對應的長條圖可觀察到，當光照度<800



lux 時，A(對照組)、B(實驗組)兩組衣物在不同時間點所量測的減水量相差並不明顯。美春 1 號三件衣物的總減水量共計 17.04 克，美春 2 號三件衣物的總減水量是 17.05 克，兩者的曬衣乾燥效果大略相同。

特別要注意的是 A₃ 的衣物，在低照度的時候，衣物的減水量測值是其中最大的，我們認為可能跟 A₃ 所晾掛的位置與衣服顏色較深有關。

研究 3-2 實驗(二) 光照度 1000 lux~2000lux 時，衣物減水量測量實驗

1. 實驗環境偵測

在實驗(二)中，我們利用照度計測量光源距離，在實驗空間進行曬衣量測，並從美春 2 號機所偵測的數據中，佐證環境偵測的光照度符合實驗設計，資料分析如下：

表 6 美春 2 號光照度 1000~2000 lux 時的實驗空間環境偵測

| 項目 | 50 分鐘 | 100 分鐘 | 150 分鐘 | 平均值 |
|-----|---------|---------|---------|---------|
| 溫度 | 27.04 | 28.13 | 28.38 | 27.85 |
| 濕度 | 37.85 | 38.51 | 39.92 | 40.43 |
| 光照度 | 1388.87 | 1420.11 | 1463.45 | 1424.14 |

2. 實驗數據分析

利用光源和照度計，控制實驗空間的照度，所得的實驗數據如下：

表 7 美春 1 號與美春 2 號光照度 1000 lux~2000lux 曬衣效率測量

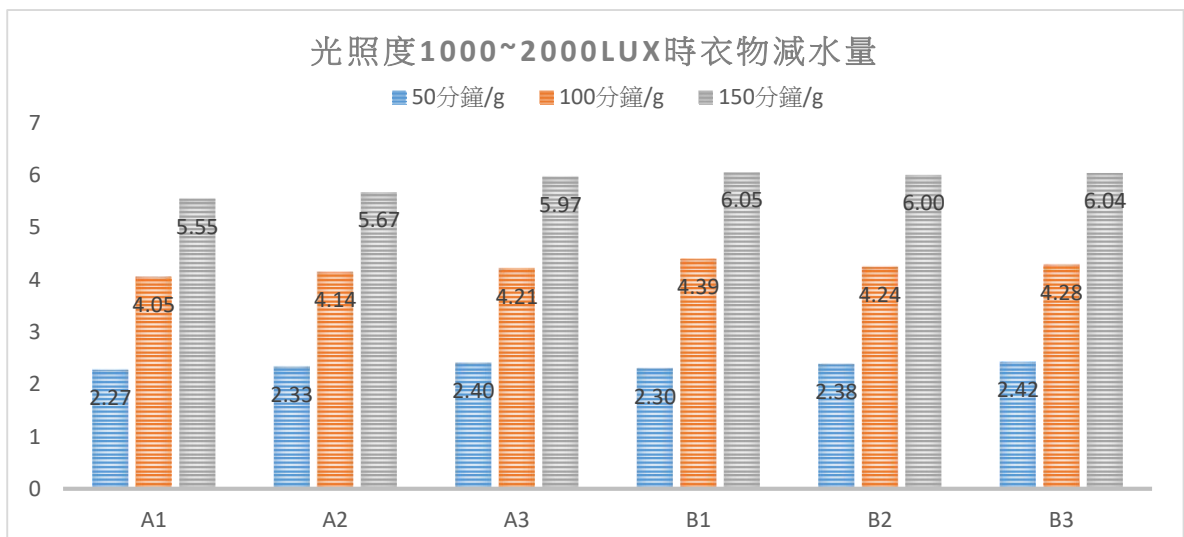
| 組 別 | 對照組(美春 1 號) | | | 實驗組(美春 2 號) | | |
|----------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 衣物編號 | A ₁ | A ₂ | A ₃ | B ₁ | B ₂ |
| 淨 重/g | 6.90 | 7.03 | 7.09 | 6.90 | 7.03 | 7.09 |
| 脫水後/g | 30.06 | 30.25 | 30.1 | 30.06 | 30.25 | 30.1 |
| 50 分鐘/g | 27.79 | 27.75 | 27.57 | 27.71 | 27.66 | 27.53 |
| 100 分鐘/g | 26.19 | 26.2 | 25.73 | 25.63 | 25.65 | 25.54 |
| 150 分鐘/g | 23.86 | 23.88 | 23.2 | 23.19 | 23.36 | 23.08 |
| 脫水後/g | 5.55 | 5.67 | 5.97 | 6.05 | 6.00 | 6.04 |

表 8 美春 1 號與美春 2 號光照度 1000 lux~2000lux 時衣物減水量

| 組 別 | 對照組(美春 1 號) | | | 實驗組(美春 2 號) | | |
|----------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 減水量 | A ₁ | A ₂ | A ₃ | B ₁ | B ₂ |
| 50 分鐘/g | 2.27 | 2.33 | 2.40 | 2.30 | 2.38 | 2.42 |
| 100 分鐘/g | 4.05 | 4.14 | 4.21 | 4.39 | 4.24 | 4.28 |
| 150 分鐘/g | 5.55 | 5.67 | 5.97 | 6.05 | 6.00 | 6.04 |

說明：

美春 2 號透過光照度的模組偵測環境因素，依據偵測到光照度>1000lux 時，即可自動控制曬衣桿高度，將曬衣桿降至曬衣模式(高度 2，步進馬達轉 4 圈)。在此部分



的曬衣實驗所收集的數據，我們整理如上表 7、表 8，由相對應的長條圖，可觀察到：

1. 當光照度在 1000 lux~2000 lux，兩組衣物的曬衣效果，美春 1 號的總減水量共計 17.19 克，美春 2 號的總減水量是 18.09 克。
2. B 組(美春 2 號)的衣物，在 150 分鐘後，每件衣物減水量均超過 6 克。

這結果顯示，兩組衣物在相同的實驗條件控制下，美春 1 號(A)與美春 2 號(B)因為曬衣高度不同，即使兩組減水量的差距不大，但仍可以觀察到數據型態的不同，隨著時間的增加，在當時的環境下的當次實驗裡，美春 2 號的曬衣效果略優於美春 1 號。

研究 3-3 實驗(三) 光照度 2000lux~3000lux 時，衣物減水量測量實驗

1. 實驗環境偵測

實驗(三)中，我們利用照度計測量光源距離，在實驗空間進行曬衣量測。事後從美春 2 號機所偵測的數據中，檢驗環境偵測的光照度是否符合實驗設計，資料分析如下：

表 9 美春 2 號光照度 2000~3000lux 時的實驗空間環境偵測

| 項目 | 50 分鐘 | 100 分鐘 | 150 分鐘 | 平均值 |
|-----|---------|---------|---------|---------|
| 溫度 | 28.56 | 27.72 | 27.73 | 28.00 |
| 濕度 | 38.50 | 42.77 | 44.51 | 41.93 |
| 光照度 | 2935.07 | 2968.00 | 2979.68 | 2960.92 |

2. 實驗數據分析

利用光源和照度計，控制實驗空間的照度，所得的實驗數據如下：

表 10 美春 1 號與美春 2 號光照度 2000lux~3000lux 曬衣效率測量

| 組別 | 對照組(美春 1 號) | | | 實驗組(美春 2 號) | | |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | A ₁ | A ₂ | A ₃ | B ₁ | B ₂ | B ₃ |
| 衣物編號 | | | | | | |
| 淨重/g | 6.90 | 7.03 | 7.09 | 6.90 | 7.03 | 7.09 |
| 脫水後/g | 30.08 | 30.1 | 30.08 | 30.08 | 30.1 | 30.08 |
| 50 分鐘/g | 27.25 | 27.15 | 26.93 | 26.84 | 26.92 | 26.89 |
| 100 分鐘/g | 25.56 | 25.43 | 25.1 | 24.76 | 24.87 | 24.91 |
| 150 分鐘/g | 24.21 | 24.07 | 23.69 | 23.15 | 23.32 | 23.34 |
| 總減水量/g | 5.87 | 6.03 | 6.39 | 6.93 | 6.78 | 6.74 |

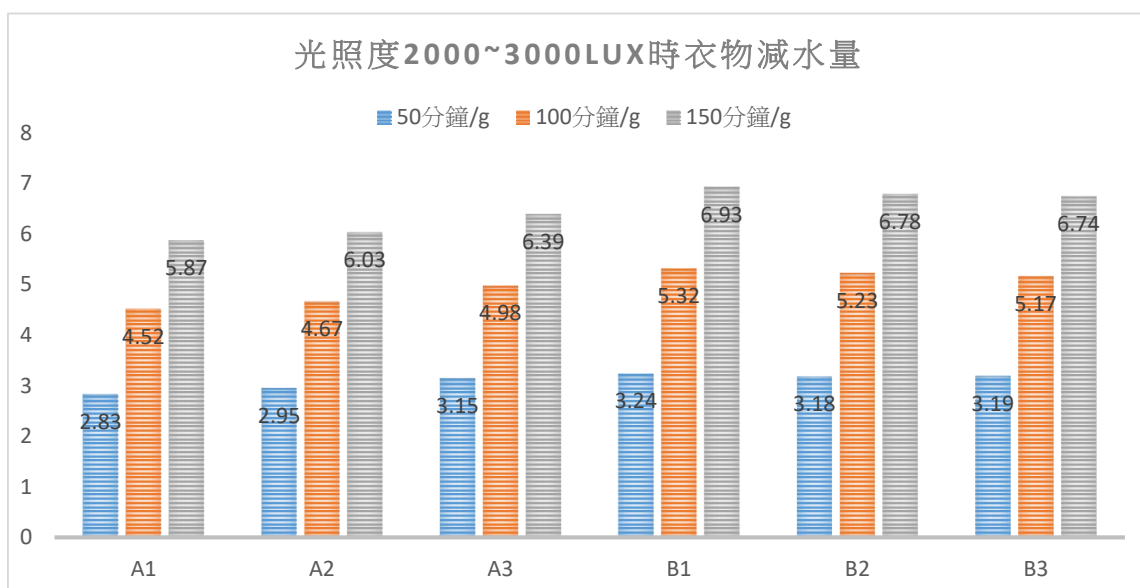
表 11 美春 1 號與美春 2 號光照度 2000 lux~200lux 衣物減水量

| 組 別 | 對照組(美春 1 號) | | | 實驗組(美春 2 號) | | |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | A ₁ | A ₂ | A ₃ | B ₁ | B ₂ | B ₃ |
| 50 分鐘/g | 2.83 | 2.95 | 3.15 | 3.24 | 3.18 | 3.19 |
| 100 分鐘/g | 4.52 | 4.67 | 4.98 | 5.32 | 5.23 | 5.17 |
| 150 分鐘/g | 5.87 | 6.03 | 6.39 | 6.93 | 6.78 | 6.74 |

說明:

光照度在 2000lux~3000 lux 時，美春 2 號光照度參數只要>1000lux，即會自動控制曬衣桿高度，將曬衣桿降至曬衣模式(高度 2，步進馬達轉 4 圈)。因此，本實驗所要印證的是，在更強光的照拂下，兩組曬衣的數據是否會有更明顯的差距?

當光照度在 1000 lux~2000 lux，將兩組衣物的曬衣收集的數據整理如上表 10、表 11，從長條圖得比較，可觀察到:美春 1 號的總減水量共 18.09 克，衣物總減水量明顯小於美春 2 號的 20.45 克。



這結果顯示，兩組衣物在相同的實驗條件控制下，美春 1 號(A)與美春 2 號(B)因為曬衣高度不同，在更大的光照度下，兩組減水量的差距也會越大，可惜因為實驗空間限制，實驗中所提供的光源，並不能真正代表日光。因此，當實驗光照度在 2000lux~3000 lux 時，雖然兩組的減水量差距比第二組實驗更大，但是我們認為並沒有得到想像中更顯著的結果。

研究結果歸納整理

一、美春 2 號最佳化是否成功？

以下就兩機型的現況及實驗結果進行比較：

| 類別 | 美春 1 號 | 美春 2 號 |
|--------|---|--|
| 繩 索 | 鋼索(不易捲動，易變形) | 尼龍繩 勝 |
| 電動捲揚器 | 伺服馬達，扭力較大 勝 | 步進馬達，扭力較小 |
| 高度控制 1 | 紅外線感應器，感應範圍有限 | 步進角控制高度 勝 |
| 高度控制 2 | 固定式按鈕控制 | 五向開關與自動感應調整高度兼具 勝 |
| 光照度感應 | 無此功能 | 三階段自動感光控制高度 勝 |
| 溫溼度感應 | 無此功能 | 感應濕度控制高度 勝 |
| 雨滴板感應 | 無此功能 | 感應雨滴版遮蔽面積控制高度 勝 |
| 遠端遙控 | 無此功能 | 搭配 Blynk APP 遠端遙控或關閉 勝 |
| 結構體 | 膠合處居多，長時間容易變形 | 3D 列印一體成形的支架與輔助零件 勝 |
| 曬衣免拔河 | 具備 | 具備 勝 |
| 曬衣效果佳 | 置頂曬衣 | 感應環境、調整高度 勝 |

二、曬衣實驗數據整理

我們將三組實驗減水總量的數據整理如下：

| 組別 | 實驗(一)<800lux | | 實驗(二)1000~2000lux | | 實驗(三) 2000~3000lux | |
|--------|--------------|-------------|-------------------|-------------|--------------------|-------------|
| | A 美春 1 號 | B 美春 2 號 | A 美春 1 號 | B 美春 2 號 | A 美春 1 號 | B 美春 2 號 |
| 總減水量/g | 17.04 | 17.05 | 17.19 | 18.09 | 18.09 | 20.45 |
| 研究結果 | 兩者無異 | | B 組多於 A，但不明顯 | | B>A | |

三、有趣的發現

1. 實驗(一)~實驗(三)三個時間點的量測，都是前 50 分鐘衣物的減水量最多，100 分鐘的時候次之。我們討論，覺得可能是實驗時空氣中的相對濕度較低，加上衣物前 50 分鐘最是潮濕的時候，晾曬效果會較好，因此第一階段量測的減水量會最高。
2. 第二個觀察到的現象是，在實驗(一)~實驗(三)中，美春 2 號所提供的實驗環境偵測數據顯示，曬衣的時間越久，實驗空間的濕度也逐漸提升喔！

陸、研究討論

研究過程中，遇到了許多的困難，有些已經解決，而有部份則需要更多時間去努力和學習，等待克服，敘述如下：

- 一、有時陰天照度低，濕度偏高，有時照度高，但溼氣重又悶熱，這些氣候因素都不利於衣服曬乾，因此我們參考曬衣專家的建議，當濕度 $>65\%$ ，美春 2 號也會將曬衣桿啟動置頂模式。
- 二、美春 2 號模擬機的模組構想，在環境資料的感應，與氣象資料相符。而依據氣象資料，嘉義五至九月五時多有急驟雨，美春 2 號設計剛好可以用來克服這類多變的氣候，來不及收衣物或鞭長莫及的家庭。

三、實驗的限制：

1. 空間限制：

美春 2 號模擬機實際大小 $40*60*90(\text{cm})$ 因此曬衣桿雖然可以上下調整，但三種高度的差距並不大，但若放大到一般家庭的曬衣陽台，曬不曬得到陽光，我們認為對衣物的乾燥度確實有影響。

2. 光源限制：

為了配合美春 2 號升降的高度，實驗中的光源，是模擬不同光照度所設計的，並不是真實的陽光。我們可以控制照度的範圍，卻無法模擬環境中真實的溼度和陽光的熱度與紫外線等，因此衣物的減水量顯然要比在屋簷下晾曬要低估許多。

3. 實驗的疑點:

驗從實驗(二)和實驗(三)中，我們可觀察到衣物(A₁)的減水量都是最少的，但在實驗(一)，光照度<800lux 時，它的減水效果和其他衣物並沒不同。又在實驗(一)中，觀察到衣物編號 A₃ 的減水量較多，我們懷疑這兩件衣物的數據有可能產生誤差，A₁ 有可能低估，而 A₃ 有可能高估，造成這樣誤差的原因，可能跟衣物晾曬的位置有關。

四、**模擬機的限制**:美春 2 號是模擬機和實際生活上家中的陽台會有以下差異：

1. 模擬機使用行動電源，跟家裡的 110V 不一樣，使用時須用變壓器。
2. 雖然升降控制光照度的預設值是 1000lux，但報告書 p.15 中的設定為 **< 800 lux**，和原來的 1000lux 並不連續，主要的原因是為了控制的升降敏感度，以免遇到環境光照度在 1000lux 臨界值附近時，曬衣架會一直上上下下運作。
3. 將美春 2 號仿建於家中的陽台，馬達扭力要再增強，才可以承受濕衣物的懸掛重量，另外微動開關也需要隨陽台空間與曬衣桿位置調整位置。
4. 機電盒與模組主控板因為預定設在陽台，所以構置的位置最好能防水且防曬，線路也要特別規劃，以免長期風吹日曬造成線路毀損或感應不良，因此仿建的工程浩大，預估可能需要在暑假期間才能分工完成。
5. 實際生活中，家中的採光罩若是開放型，則雨滴板的感應是可以相輔相成，若是密閉式採光罩，視同是遮雨棚效果，則雨滴板的需求未必需要。**而雨滴版的偵測，在紙本記錄中較難呈現，希望我們有機會於現場展示中表現。**

五、、另外的構想

如果可以，我們還希望下雨天曬衣架不僅可以啟動躲雨功能，還可以被動啟動紫外線殺菌光協助衣物滅菌防臭，只可惜紫外線的使用有安全的考量(媽媽會不會長期操作，不小心就被曬黑?)，而且我們目前機電整合的技術和知識還不足以建立這樣的裝備和模組，因此目前也只能暫緩這樣的構想，遇到連續雨天時，看來還是只能仰賴除濕機和烘衣機了。

柒、結 論

有人說，科技始終來自人性，在學習與研究的過程中，我們真正體會到生活就是科學的體現，國中的生活也因為有生活科技的這樣課程，讓學習一點都不無趣，而我們也在不斷嘗試錯誤的過程中學到許多：

一、做中學，學中做：

兩百多個午休不斷的討論，我們透過合作，一起分工合作，失敗也不退縮，學習到很多有趣的、無法想像的東西，也開始知道怎麼把自己想的，變成真的，體會到創新的重要性與可貴。

二、電路設計和程式模組的增能：

嘗試錯誤，一錯再錯的時候，雖然很無奈，但幸好網路無遠弗屆，我們可以一直受挫，卻也可以一直學習，或許還有不足，但學無止境，我們會一直繼續。

三、善用知識、舉一反三：

古人說，書到用時方恨少，果真如此！想做研究，真的要把書讀好，想成正確的邏輯觀念，做實驗要腳踏實地，還要能舉一反三，善用夥伴的長處，才能集成強大的力量。

四、感謝師長父母的支持：

謝謝學長的協助，謝謝老師的引導，也謝謝數學老師在圖表上的建議，更謝謝美春女士的金援，讓我們能恣意地做喜歡的事，以美春命名也衷心希望她歡喜。

從進國一，我們就一直是一啟動手做生活科技的夥伴，希望未來也能再繼續研究下去，發想更多好用的點子，讓大家的的生活更方便、更有趣。

捌、參考資料及其他

1. 國中自然與生活科技(三)第七章製造科技(南一版)。
2. 國中自然與生活科技(五)第三章功與機械應用(南一版)。
3. 國中自然與生活科技(五)第四章電、第八章運輸科技(南一版)。
4. 國中自然生活科技(六)第二章生活中的電與磁、第三章複雜多變的天氣(南一版)。
5. 如何改造運用在家裡為測量距離，參考網站：

<http://www.weichess.tw/wordpress/2188/alc07-arduino-ultrasonic-hc-sr04-module/>

6. 電路反轉：使用電晶體反轉電路，參考：

<https://blog.xuite.net/elewater/twblog/201998103->

[_%E4%BB%A5%E5%9B%9B%E5%80%8B%E9%9B%BB%E6%99%B6%E9%AB%94%E6%8E%A7%E5%88%B6%E7%9B%B4%E6%B5%81%E9%A6%AC%E9%81%94%E6%AD%A3%E5%8F%8D%E8%BD%89](https://blog.xuite.net/elewater/twblog/201998103-%E4%BB%A5%E5%9B%9B%E5%80%8B%E9%9B%BB%E6%99%B6%E9%AB%94%E6%8E%A7%E5%88%B6%E7%9B%B4%E6%B5%81%E9%A6%AC%E9%81%94%E6%AD%A3%E5%8F%8D%E8%BD%89)

7. ARDUINO 最佳入門與應用，楊明豐，基峰，2015。

8. ESP32 DEVKIT V1 Arduion 資料參考：

<https://blog.scottchayaa.com/post/2019/08/24/eps32-devkit-v1-initial/>

9. 溫度濕度氣壓感測模組，資料參考：

<https://alexnd.com/product/cjmcu-280e-bme280-bosch-high-precision-atmospheric-pressure-sensor-for-arduino/>

10. 光照度感測器模組，資料參考：

<https://www.taiwaniot.com.tw/product/gy-302-bh1750/>

11. 雨滴感測器模組，資料參考：

<https://www.taiwaniot.com.tw/product/%E6%B0%B4%E6%BB%B4%E9%9B%A8%E6%B0%B4%E6%84%9F%E6%B8%AC%E5%99%A8-%E9%9B%A8%E6%BB%B4%E6%84%9F%E6%B8%AC%E5%99%A8%E6%A8%A1%E7%B5%84-%E9%9B%99%E8%BC%B8%E5%87%BA/>

12. 步進馬達驅動器，資料參考：

<https://forum.hobbycomponents.com/viewtopic.php?t=2159>

13. 微動開關，資料參考：

<https://www.taiwansensor.com.tw/product/%E7%A2%B0%E6%92%9E%E9%96%8B%E9%97>

[%9C%E6%A8%A1%E7%B5%84-](#)

[%E7%A2%B0%E6%92%9E%E6%84%9F%E6%B8%AC%E6%A8%A1%E7%B5%84/](#)

14. 五向導航按鍵模組，資料參考:<https://goods.ruten.com.tw/item/show?21914579623740>
15. Blynk (應用程式)，資料參考:<http://yhhuang1966.blogspot.com/2016/08/blynk.html>
16. 嘉義氣候概況，資料參考:<http://wwwa.cyepb.gov.tw/cyepb3/sgw/about.html>
17. 各地氣候搜尋，資料參考:<https://zh.weatherspark.com/>

Arduino 函數庫參考來源:

18. Blynk 函數庫 <https://github.com/blynkkk/blynk-library>
19. 光照強度傳感器函數庫 <https://github.com/claws/BH1750>
20. 溫溼度大氣壓傳感器函數庫 https://github.com/adafruit/Adafruit_BME280_Library
21. 步進馬達驅動函數庫 <http://www.airspayce.com/mikem/arduino/AccelStepper/index.html>
22. SSD1306 顯示器函數庫 <https://github.com/ThingPulse/esp8266-oled-ssd1306>