

# 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學科

最佳(鄉土)教材獎

030820

給未來一個呼吸空間

—遠距動畫式二氧化碳與煙霧警報器

學校名稱：新北市立林口國民中學

作者：  國二 李昀宸  國二 顏子捷  國三 洪敏慈	指導老師：  邱佩璇  蔡宏盛
---	-----------------------------

關鍵詞：溫室效應、二氧化碳、手機應用程式(APP)

## 摘要

本研究探討自製溫室煙霧模型箱中，觀察不同濃度二氧化碳以及煙霧量與溫度之關係，透過 S4A 軟體所顯示的電壓值，配合感測元件測得在不同氣體濃度中的輸出電壓，製作動畫式二氧化碳與煙霧警報器進行遠端監控，並結合手機應用程式達成即時監測的目的。透過實驗，我們獲得以下結果：

1. 當二氧化碳濃度升高時，模型箱內的溫度會隨之升高，此時二氧化碳偵測元件(MG811)電壓值則會出現下降情形。
2. 當煙霧濃度增加，煙霧偵測元件的電壓值會上升，且在加溫過程中，其溫度上升較無煙霧更明顯快速。
3. 透過電腦軟體 S4A 將實驗過程數位化、動畫化與遠距化。
4. 將研究結果連結手機應用程式，透過藍芽傳至手機，使偵測數值以動畫式呈現於手機，並能夠進行遠距即時偵測。

## 壹、研究動機

夏日可說是蚊蟲最活躍的季節，但你是否發現近幾年的春季蚊蟲便早已肆無忌憚的潛於你我之中呢？「全球暖化」，使蚊蟲的活動範圍不再侷限於熱帶區域和夏季，也不再只是書面上的一個名詞，而是國際會議中被探討的重大議題。這可追溯於 18 世紀開始的工業革命，使得二氧化碳排放量日益上升，我們所居住的地球，因為工業的過度開發，導致地球漸漸地出現了異常狀況，空氣汙染的問題鬧得人心惶惶，人們害怕連呼吸也是種慢性自殺。

極端氣候、厚重的霧霾、動植物的變遷皆是大自然對我們發出的警示，我們必須採取行動，不再堅持著人定勝天的想法。

人類必須有所警惕，正視溫室氣體和二氧化碳排放量日益增加的嚴重性，並了解這些物質對於人類身體健康造成的威脅。因此我們決定設計出一款兼具偵測二氧化碳及煙霧的動畫式警報器，結合手機應用程式供大眾使用，達成即時偵測和遠距離監控的目的，警示與提醒使用者能在生活中時時注意降低二氧化碳和煙霧的排放量。

## 貳、研究目的

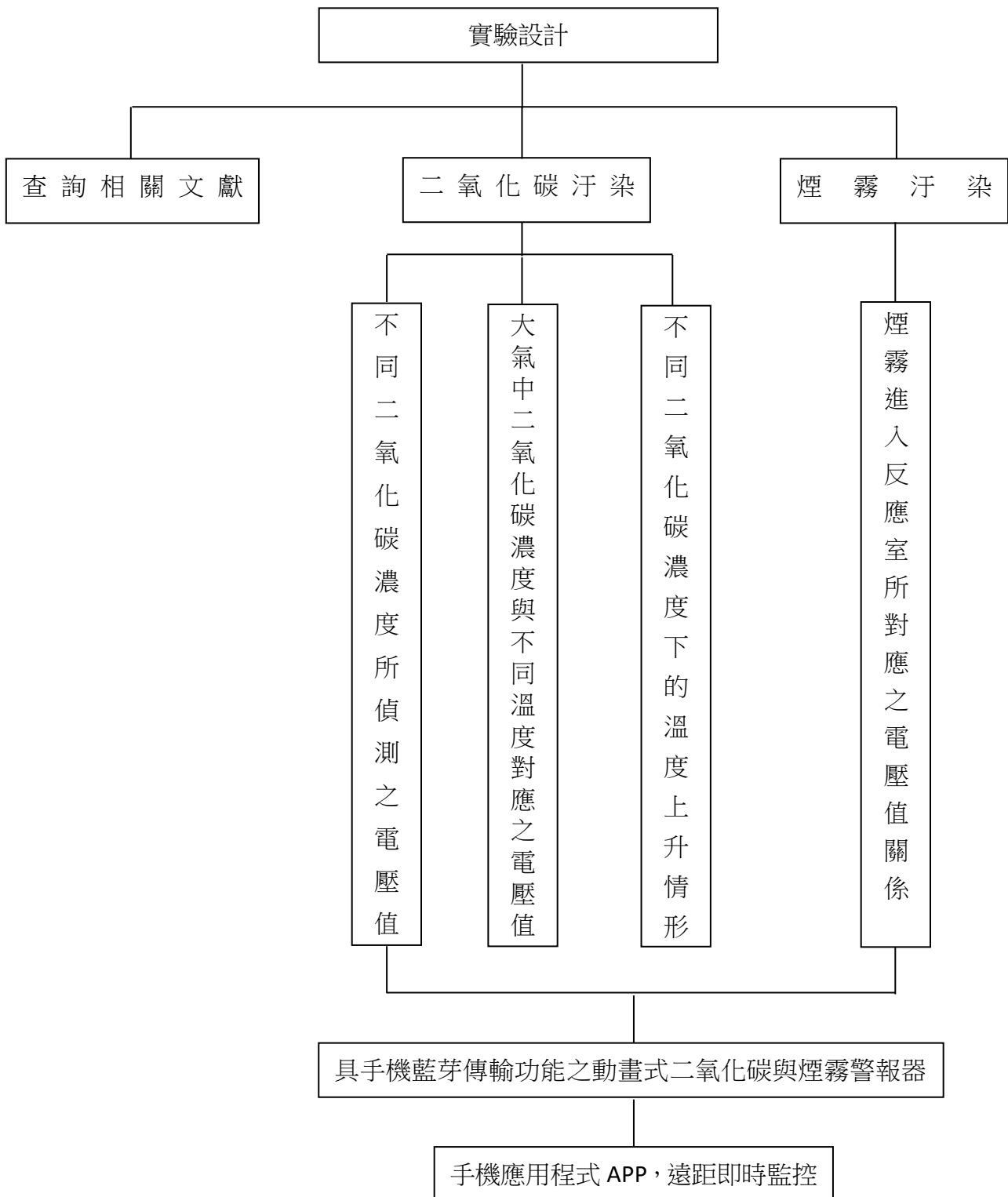
- 一、觀察二氧化碳與煙霧之偵測電路，對應不同濃度氣體之電壓關係。
- 二、探討二氧化碳與煙霧對溫度變化的影響。
- 三、利用電腦軟體 S4A(Scratch for Arduino)將二氧化碳與煙霧警報器製成動畫式警報程式。
- 四、將動畫式二氧化碳與煙霧警報器結合手機應用程式(APP)，發揮遠距監控與即時偵測的效果。

## 參、研究設備及器材

表一、設備器材表

實驗器材	規格	備註
熱敏電阻	TDC250	溫度偵測元件
麵包板	5*18cm	電路平台
Arduino 晶片	UNO	電路整合
電阻	2000 歐姆	電流整合
鎢絲燈泡	20 瓦特	熱源
三用電錶	DM-3000	檢測電流
吸塵器	CV-C35	代替抽氣機
二氧化碳偵測元件	MG811	測量二氧化碳量
手持式二氧化碳測試儀	TE-711	測量二氧化碳量
氣閥		控制氣體流向
止逆閥		控制氣體流向
相機	COOLPIX S31	記錄實驗過程
基座	60*16*47	實驗箱底版
壓克力半球罩	31.8*14.2cm	
二氧化碳鋼瓶		二氧化碳供應源
酵母菌		二氧化碳供應源
蚊香		煙霧供應源
填封膠		密合實驗箱

## 肆、研究過程或方法



(註：本實驗之電壓值須經由公式轉換後才得轉換為毫伏 (mV)，轉換公式為  $S4A$  電壓

圖一、實驗流程圖

## 一、觀察二氧化碳與煙霧之偵測電路，對應不同濃度氣體之電壓關係

### (一) 校正二氧化碳感測器 (MG811)：

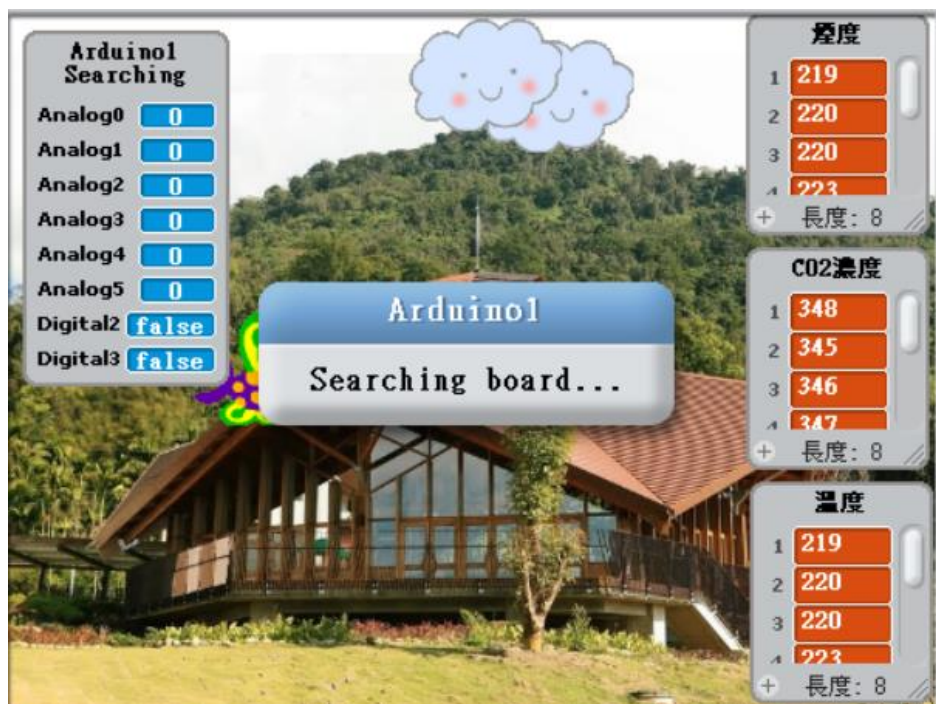
利用 S4A 觀察在不同二氧化碳濃度下所偵測之 MG811 電壓變化。

1. 將模型箱抽真空，測量此時之 MG811 輸出電壓。
2. 注入二氧化碳，透過手持式二氧化碳測試儀測量模型箱中二氧化碳濃度，並且利用 MG811 偵測出相對應之輸出電壓。
3. 測量此時之 MG811 輸出電壓。(以證明偵測元件之再現性)
4. 將偵測之電壓值數據彙整後繪製成圖表。

### (二) 熱敏電阻之溫度校正：

確認熱敏電阻輸出電壓與溫度之關係。

1. 開啟 S4A 數列功能之程式，如圖二。
2. 打開模型箱內的燈泡，加熱內部氣體。
3. 將實驗結果匯出，並繪成圖表。



圖二、S4A 程式之資料讀取

(由上而下依序為煙霧、二氧化碳、溫度偵測元件之程式顯示)

### (三) 校正煙霧感測器：

確認煙霧感測器輸出電壓與溫度之關係。

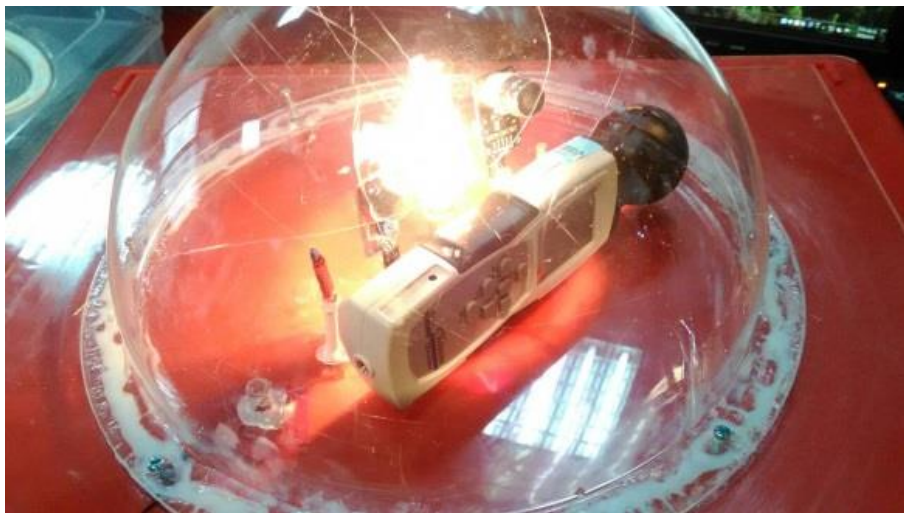
1. 將二氧化碳灌入溫室煙霧模型箱（後面皆簡稱模型箱），如圖三。
2. 觀察二氧化碳濃度偵測器顯示之濃度(透過手持式二氧化碳偵測儀)與 S4A 程式顯示之電壓數據記錄於表格並重複進行實驗。
3. 取各次實驗數據結果繪製成圖表。

## 二、探討二氧化碳與煙霧對溫度變化的影響

### (一) 大氣中二氧化碳濃度與不同溫度對應其電壓值：

利用二氧化碳濃度偵測器偵測二氧化碳濃度及溫度與 S4A 觀察其電壓關係。

1. 利用模型箱的設置，模擬當下大氣中二氧化碳濃度情形。
2. 開燈以增加實驗箱內溫度。
3. 觀察二氧化碳濃度偵測器顯示之濃度與溫度和 S4A 顯示之電壓數據記錄於表格並重複進行實驗。
4. 取各次實驗數據結果繪製成圖表。



圖三、開燈模型箱（溫室加熱中），內放置手持式手持式二氧化碳偵測儀

(二) 不同二氧化碳濃度下的溫度上升：

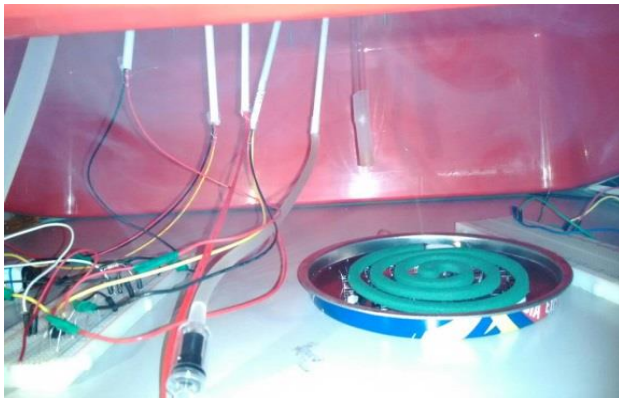
利用二氧化碳濃度偵測器偵測二氧化碳濃度及溫度。

1. 將二氧化碳灌入模型箱。
2. 開燈使實驗箱內溫度升高。
3. 取各次實驗中的數據選出繪製成圖表。

(三) 煙霧進入反應室對應其電壓值關係：

利用煙霧偵測器偵測煙霧濃度與 S4A 觀察其電壓關係。

1. 將點燃的蚊香放入實驗箱內直到箱內充滿煙霧，如圖四、圖五。
2. 開燈以增加實驗箱內溫度，如圖六。
3. 觀察煙霧偵測器顯示濃度與 S4A 顯示之電壓數據記錄於表格並重複進行實驗。
4. 取各次實驗數據結果 120 筆繪製成圖表。



圖四、內部線路



圖五、充滿煙霧之模型箱



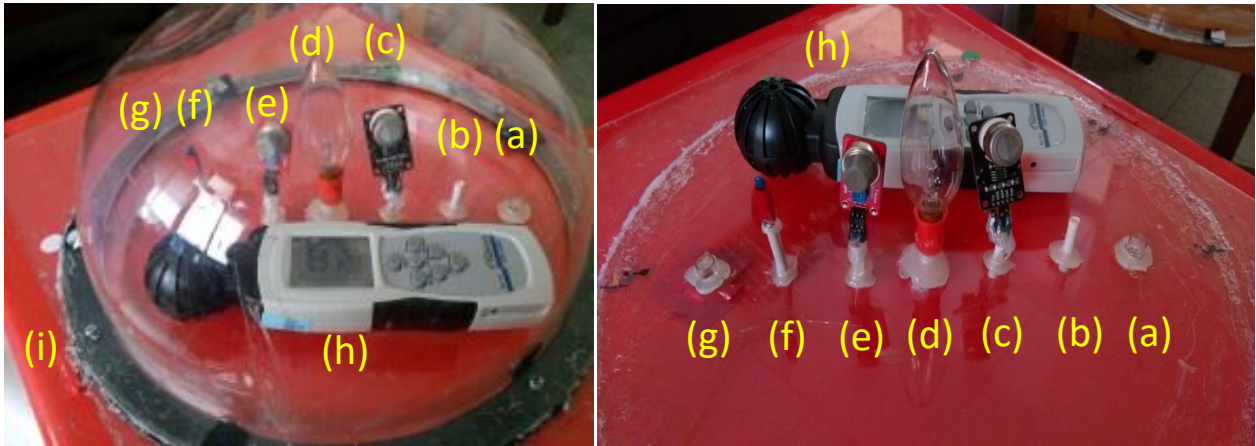
圖六、將模型箱充滿煙霧後開燈開始實驗記錄



三、利用電腦軟體 S4A (Scratch for Arduino) 將二氧化碳與煙霧警報器製成動畫式警報程式

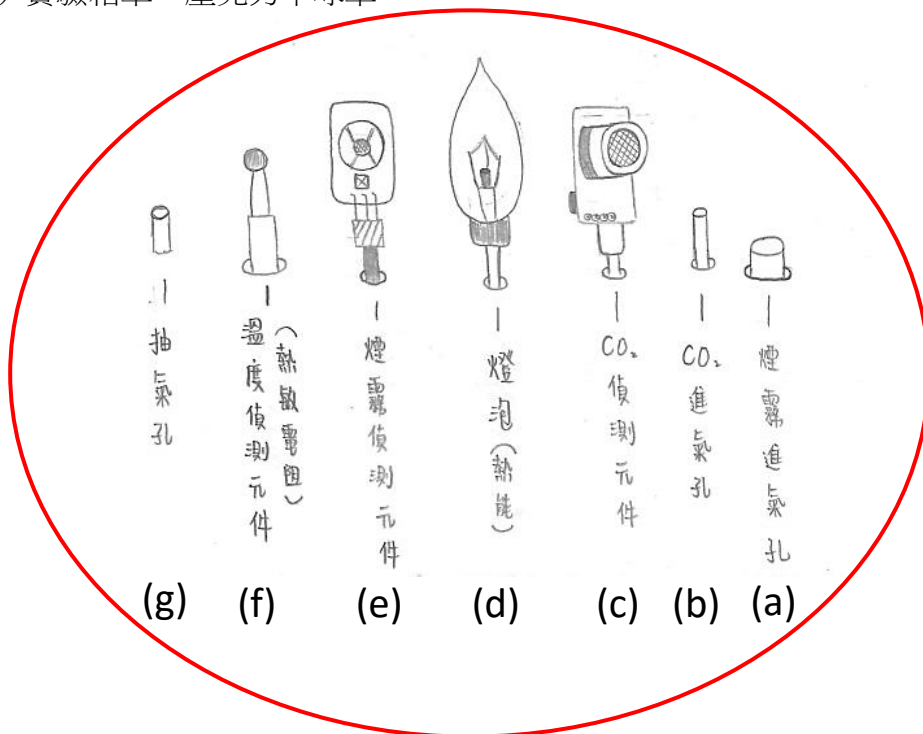
(一) 結合電子零件製作出一個動畫式二氧化碳與煙霧警報器，我們採用 Arduino 晶片作為感應器的主體：

1. 模擬大氣層製作出模型箱主體。



圖七、溫室模型箱設備圖

- (a) 煙霧進氣孔 (b) CO<sub>2</sub> 進氣孔 (c) 二氧化碳偵測元件 (d) 鎢絲燈泡
- (e) 煙霧偵測元件 (f) 溫度偵測元件：熱敏電阻 (g) 抽氣孔
- (h) 手持式二氧化碳測試儀 (校正 MG811 偵測元件用途)
- (I) 實驗箱罩：壓克力半球罩

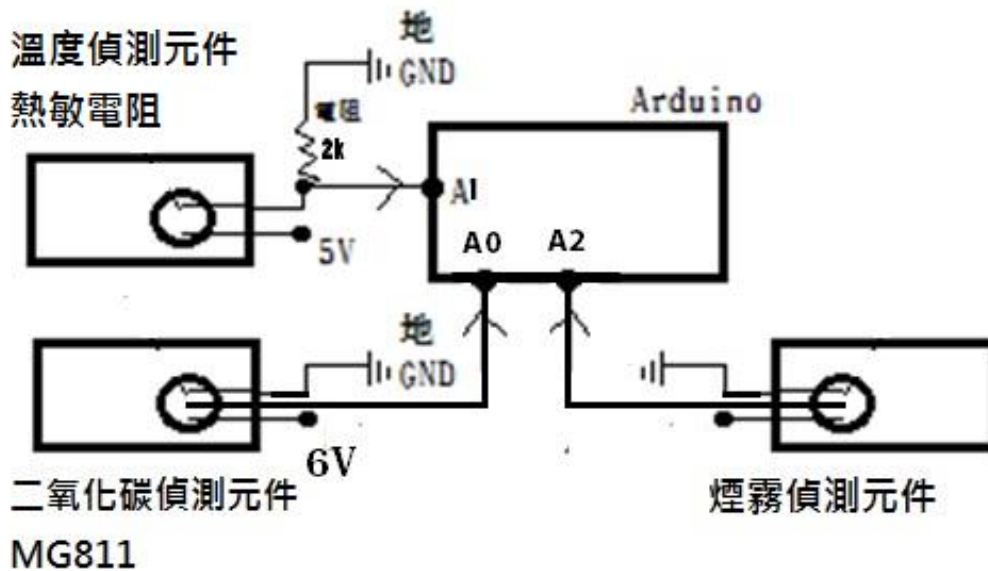


圖八、溫室模型箱設備手繪圖

(二) 將感應器結合電腦軟體使用：

利用電腦軟體與感應器互相搭配使用。

1. 採用 Scratch 的 S4A 來顯示電壓量的變化。
2. 利用電子溫度計所顯示之溫度結合電壓量製成圖表。



圖九、電路示意圖

四、將動畫式二氧化碳與煙霧警報器結合手機應用程式 APP，發揮遠距監控與即時偵測的效果

(一) 將感測訊號透過藍芽傳至手機：

1. 將藍芽連接至感測電路。
2. 設計手機接收晶片感測訊號之程式 (APP)，並上傳至手機。
3. 啟動手機之藍芽通訊功能。
4. 設定手機與藍芽之間的傳遞通路。
5. 由手機觀察從晶片傳遞來的感測訊號。

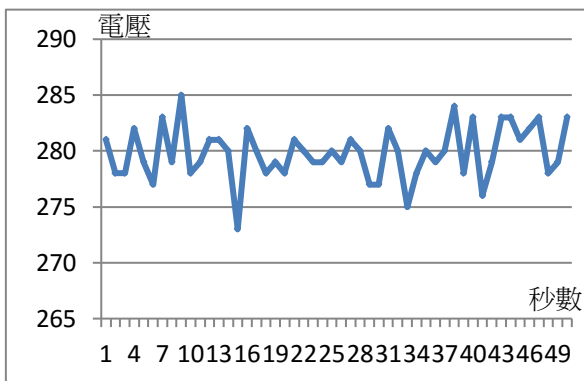
## 伍、研究結果

### 一、觀察二氧化碳與煙霧之偵測電路，對應不同濃度氣體之電壓關係

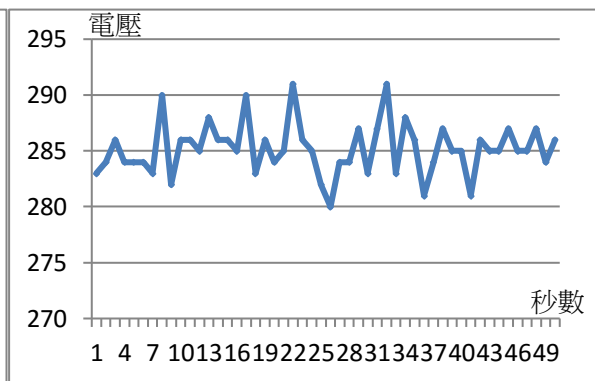
#### (一) 校正二氧化碳感測器：

二氧化碳偵測元件(MG811)上有一個靈敏度調整旋轉鈕，為了得到穩定的偵測值，我們將此旋轉鈕由順時鐘旋轉到底依序由 90 度、120 度、180 度偵測靈敏度，及逆時鐘到底，以偵測靈敏度。

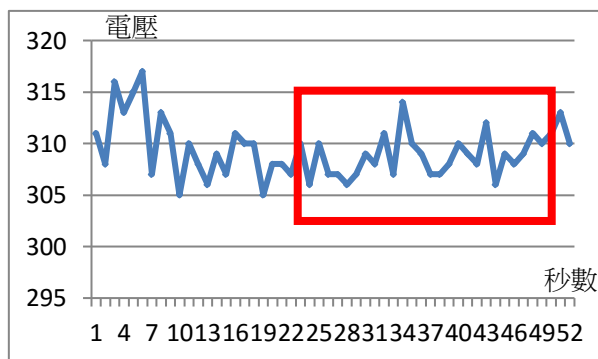
1. 我們利用不同方式進行靈敏度校正並把電壓結果繪製成圖表。
2. 定義電壓穩定值需為起伏幅度在 $\pm 10v$ 內，(如紅框處所顯示之區域，其電壓起伏範圍在 305~314v 間)。
3. 圖十、圖十一及圖十三因為電壓起伏過大，較不穩定，所以不採用至實驗中。
4. 本實驗靈敏度採用順時針 90 度。



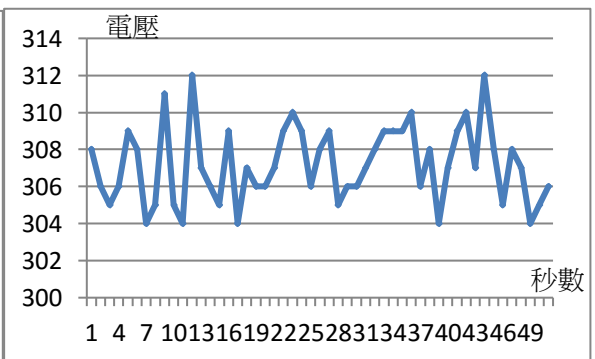
圖十、最順時針靈敏度校正



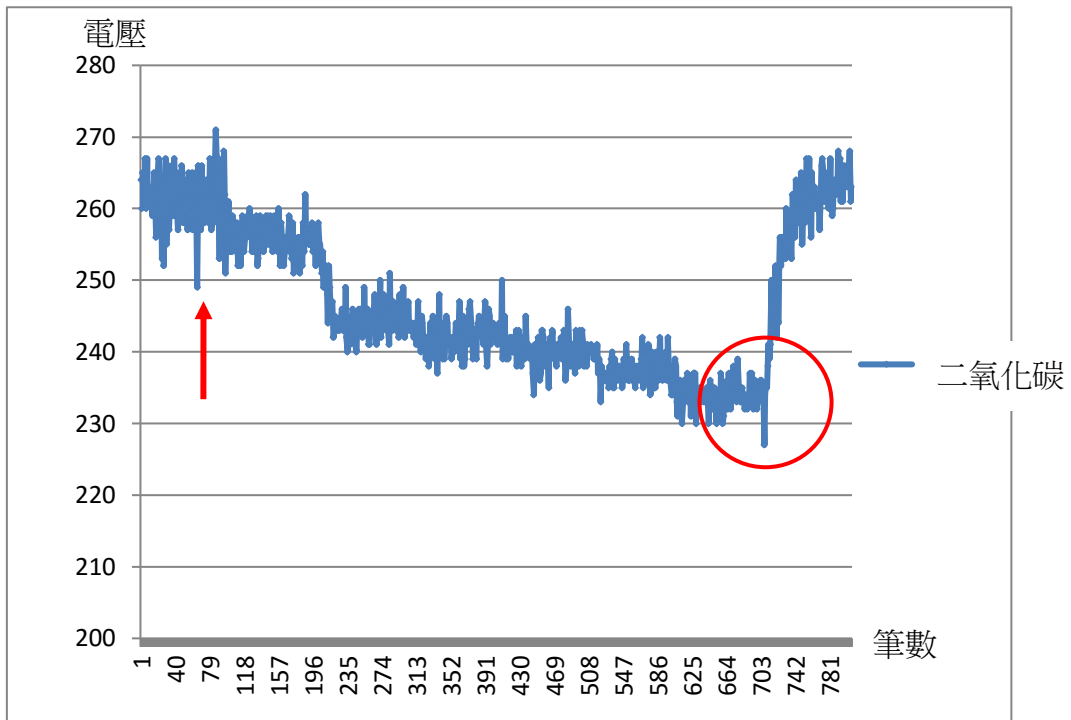
圖十一、最逆時針靈敏度校正



圖十二、順時針 90 度靈敏度校正



圖十三、順時針 120 度靈敏度校正



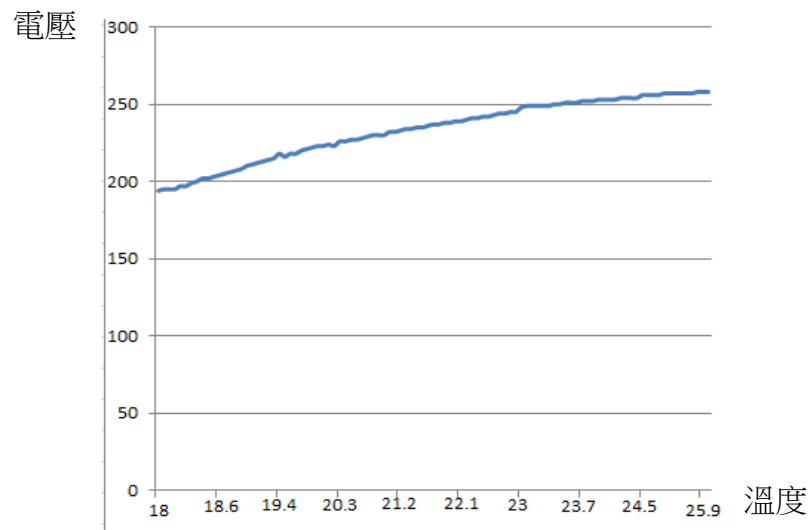
圖十四、MG811 輸出電壓與二氧化碳濃度之關係圖

由上圖可知，縱座標為 MG811 之輸出電壓，橫坐標為時間（每 10 秒為一筆），最前與最後皆為原先實驗箱氣體狀態，在第 79 筆時（箭頭處），開始定時注入二氧化碳。由此圖得知：隨著二氧化碳濃度上升，MG811 之輸出電壓也隨之降低，為證明此現象的再現性，我們在 700 筆時（圓框處），將前述注入之二氧化碳釋放，發現電壓值明顯上升，由此可得二氧化碳偵測元件所得電壓值會與二氧化碳濃度成負相關性。

## (二) 熱敏電阻之溫度校正

確認熱敏電阻輸出電壓與溫度之關係：

1. 開啟 S4A 數列功能之程式，如圖十四。
2. 打開模型箱內的燈泡。
3. 將實驗結果匯出，並繪成圖表。



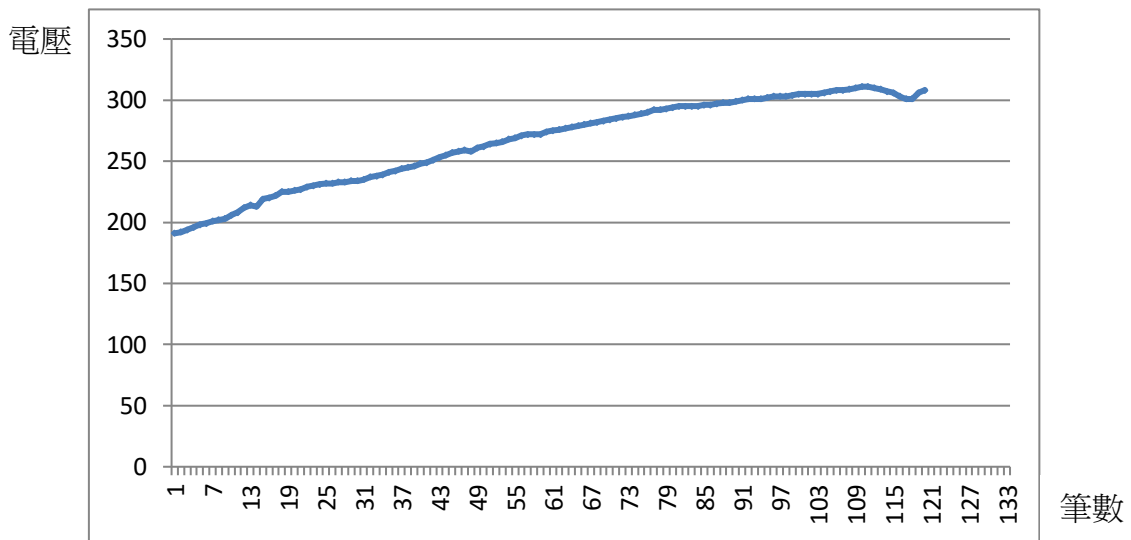
圖十五、熱敏電阻電路之輸出電壓與溫度之關係圖

由圖十五可知，縱座標為熱敏電阻之輸出電壓，橫坐標為溫度，由此圖得知，隨著氣體溫度上升，熱敏電阻之輸出電壓也會隨之上升。

### (三) 校正煙霧感測器

利用煙霧偵測器偵測煙霧濃度並以 S4A 觀察其電壓關係：

1. 持續加入煙霧。
2. 開燈以增加模型箱內溫度。
3. 以煙霧偵測器與 S4A 觀察煙霧濃度與其電壓值關係。



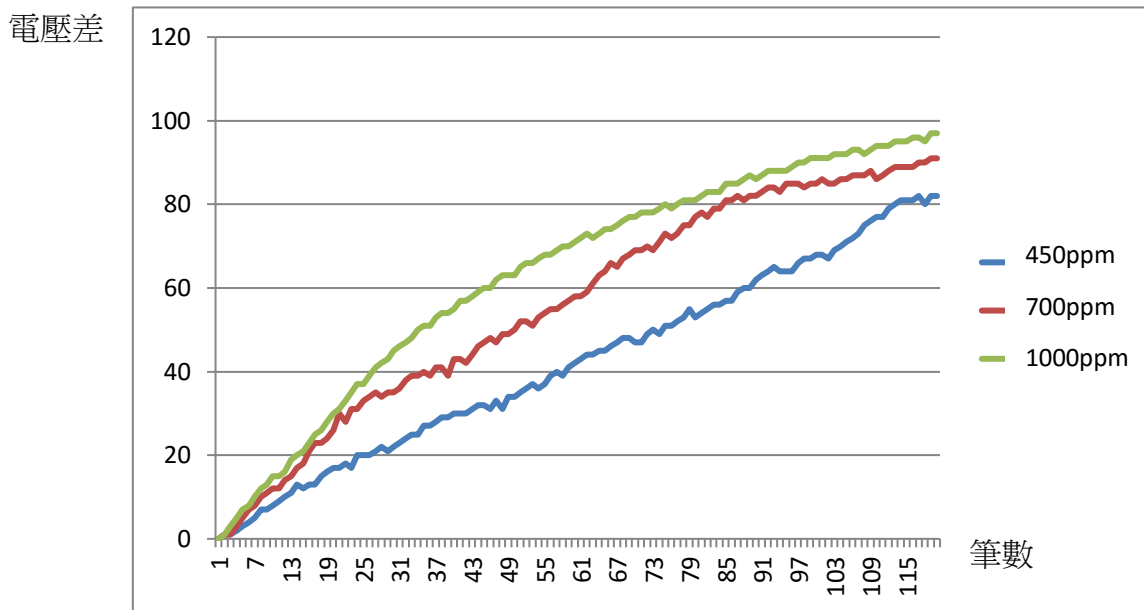
圖十六、煙霧感測元件之輸出電壓與溫度之關係圖

由圖十六可知，煙霧注入模型箱時，因溫度的上升，使得煙霧的濃度越高，此時我們觀察到縱座標的煙霧感測元件之輸出電壓會隨著時間的推移上升。

## 二、探討二氧化碳與煙霧對溫度變化的影響

### (一) 比較大氣中不同二氧化碳濃度量其電壓值差別

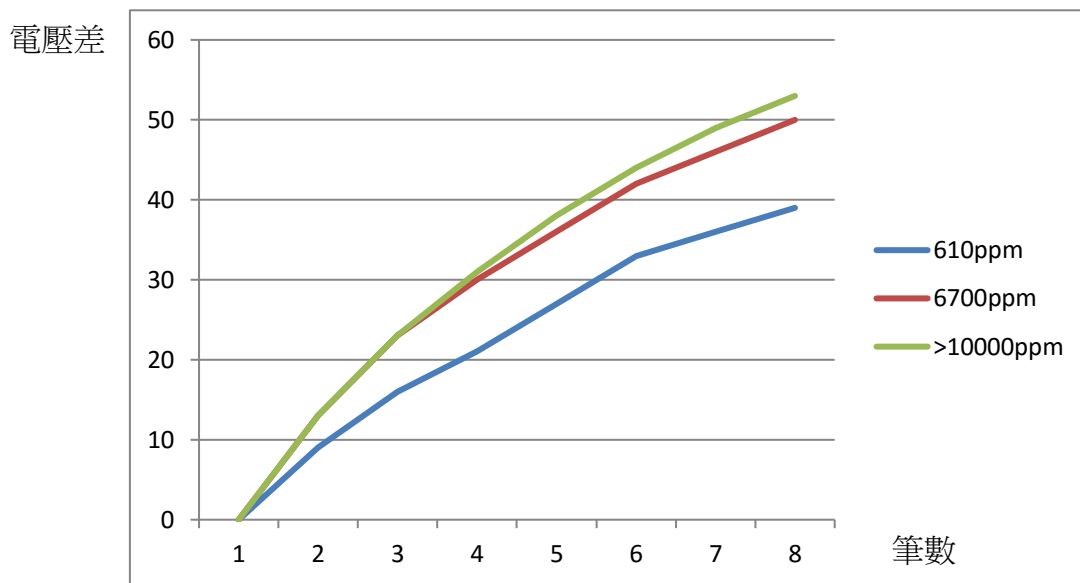
1. 進行靈敏度校正。
2. 將二氧化碳利用止逆閥控制其濃度並灌入模型箱。
3. 開啟鎢絲燈加熱氣體。
4. 利用二氧化碳偵測器所觀察之數據和 S4A 顯示之電壓做結合，結果如圖十七、圖十七。



圖十七、不同二氧化碳濃度對應之溫度上升圖

由圖十七可知，隨著時間的推進，MG811 所測得之電壓差會因越高濃度的二氧化碳量而呈現出越大幅度的差值。從圖中也可看出最高濃度的二氧化碳量（1000ppm）上升的曲線也是最大的。

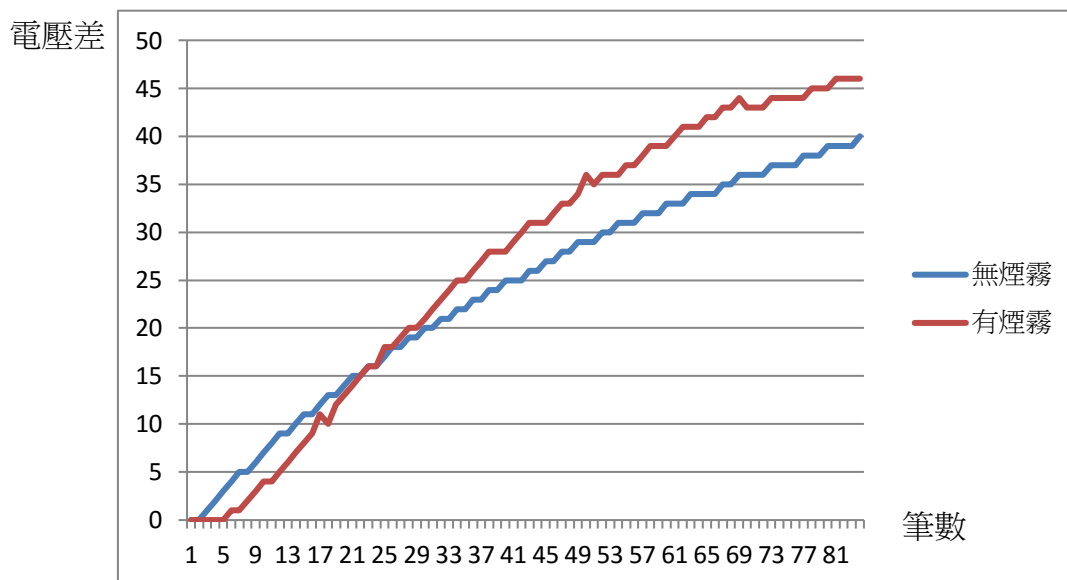
(二) 利用二氧化碳濃度偵測器偵測不同高濃度二氧化碳與溫度之間的電壓關係



圖十八、不同二氧化碳濃度對應之溫度上升圖

由圖十八可知，濃度較高的二氧化碳環境內，在加熱時，其溫度較無額外注入二氧化碳（610ppm）時更快速上升，此結果以前人的研究相符，此乃因為二氧化碳分子可以有效吸收紅外線，將鎢絲燈所產生溫度有效保存於氣體之內。

(三) 反應室內有無煙霧與溫度上升比較

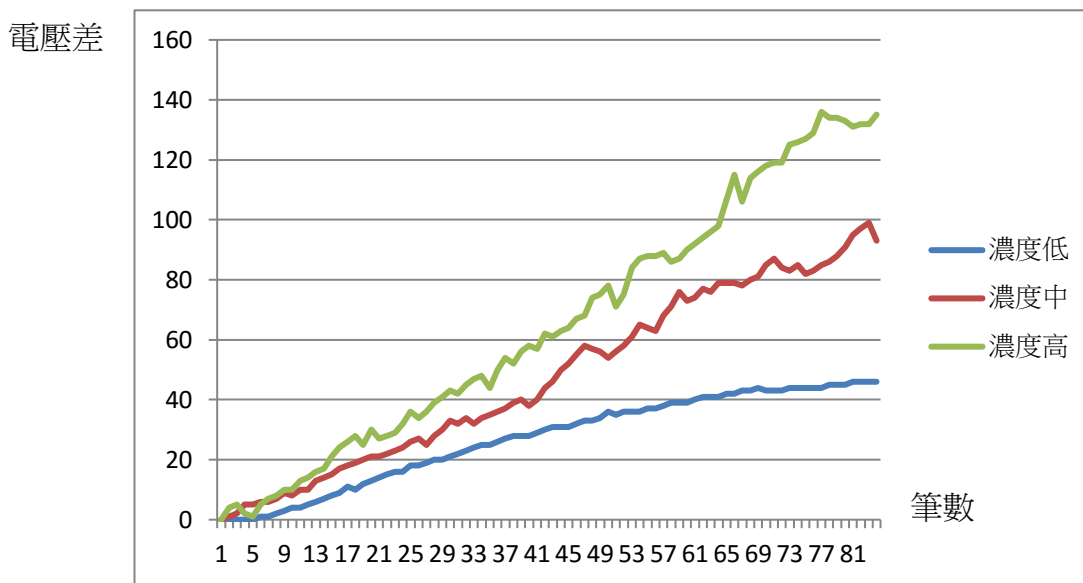


圖十九、有無煙霧之溫度上升比較圖

由圖十九可知，隨著加熱時間增加，有注入煙霧之模擬箱內所測得之電壓差值會較無注入煙霧來的越大，且上升速率較快。



#### (四) 反應室內煙霧量多寡與溫度上升比較



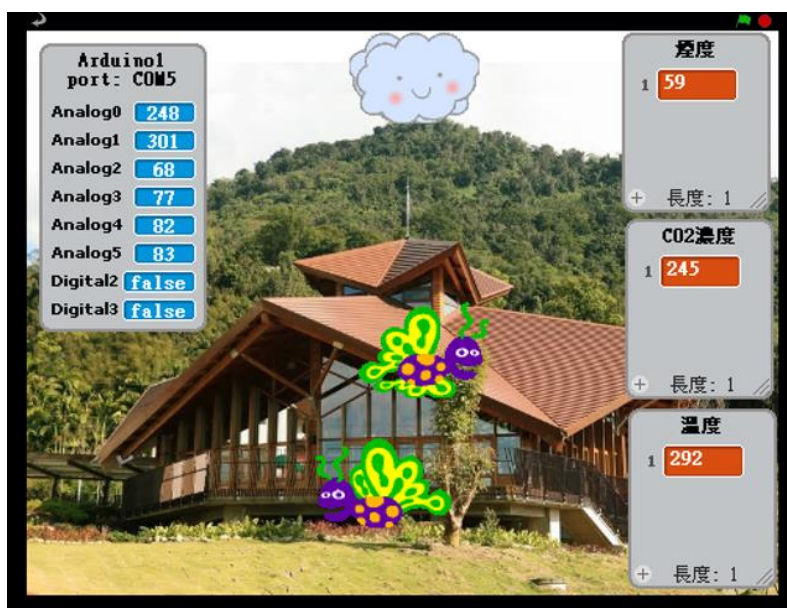
圖二十、煙霧量多寡

由圖二十可得，當煙霧濃度越高時模擬箱內所測得之電壓差值會越多，且濃度越高，其上升的速度越快，（在本實驗中，我們以燃料量的多寡來控制煙霧量）。

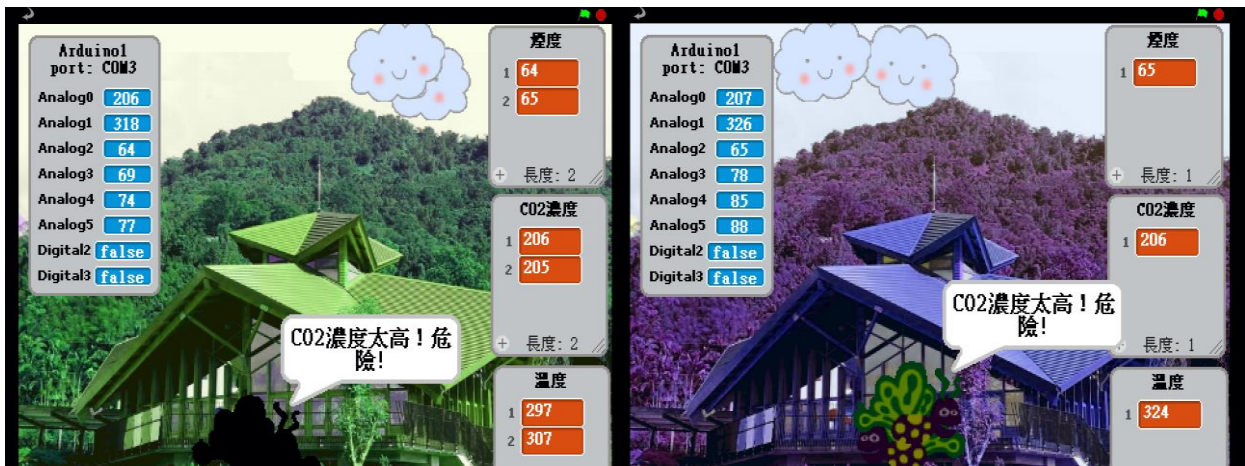
### 三、利用電腦軟體 S4A 將二氧化碳與煙霧警報器製成動畫式警報程式

#### (一) 利用電腦軟體 S4A 將二氧化碳與煙霧警報器製成動畫式

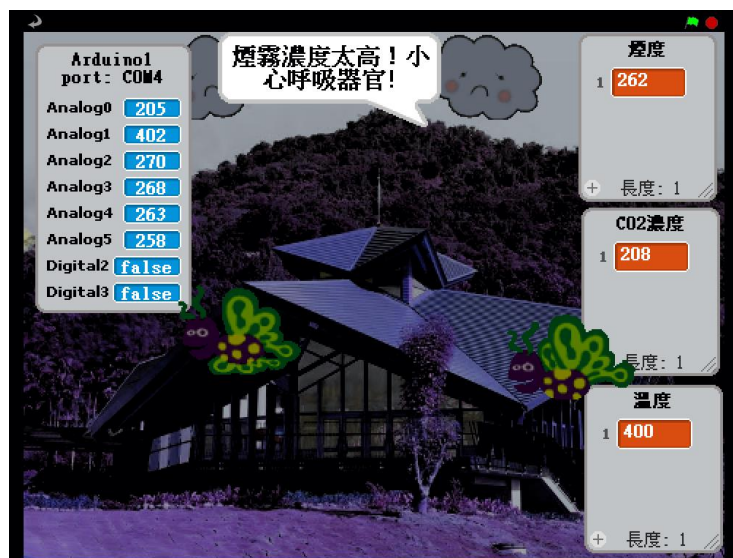
##### 1. 動畫顯示方面：



圖二十一、空氣乾淨時，畫面天空清澈



圖二十二、當空氣受輕微汙染時，蝴蝶變黑、天空顏色輕微改變

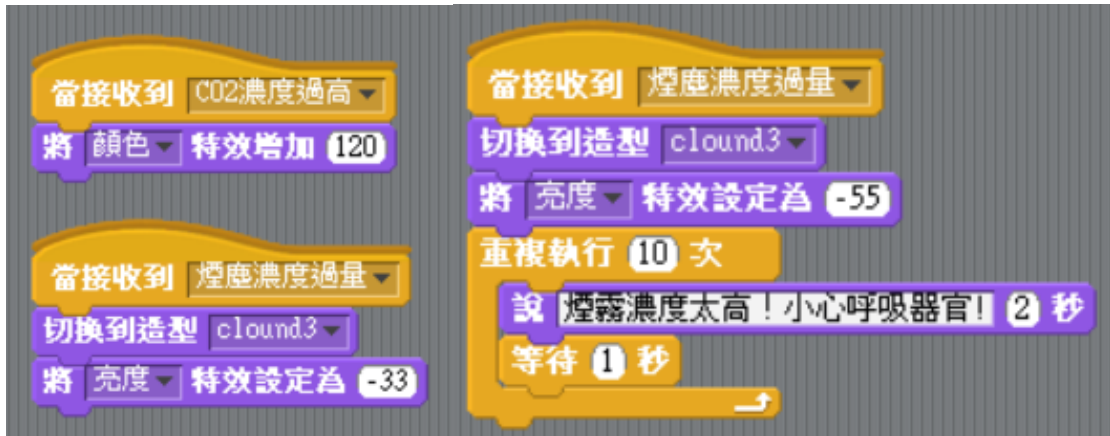


圖二十三、當空氣嚴重汙染時，天空、雲層與蝴蝶全部變黑

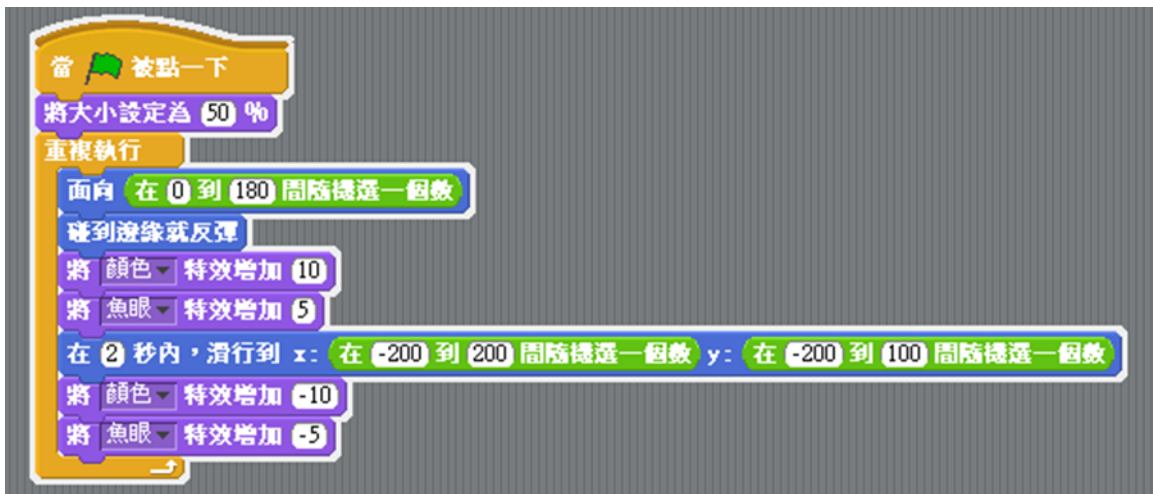
## 2. Scratch 程式設計方面：



圖二十四、當二氧化碳或煙霧含量超於正常值時，立即發布汙染文字提醒  
(CO2 濃度過高一電壓值小於 340、煙塵濃度過量一電壓值大於 250)



圖二十五、當二氧化碳或煙霧含量超於正常值時，立即發布污染圖示提醒（雲層、顏色變黑、變暗）



圖二十六、當二氧化碳或煙霧含量超於正常值時，立即發布污染圖示提醒（蝴蝶顏色變黑）



圖二十七、數據紀錄之程式碼

（為了方便記錄，我們設計每 10 秒程式自動記錄實驗數值，如紅框處）

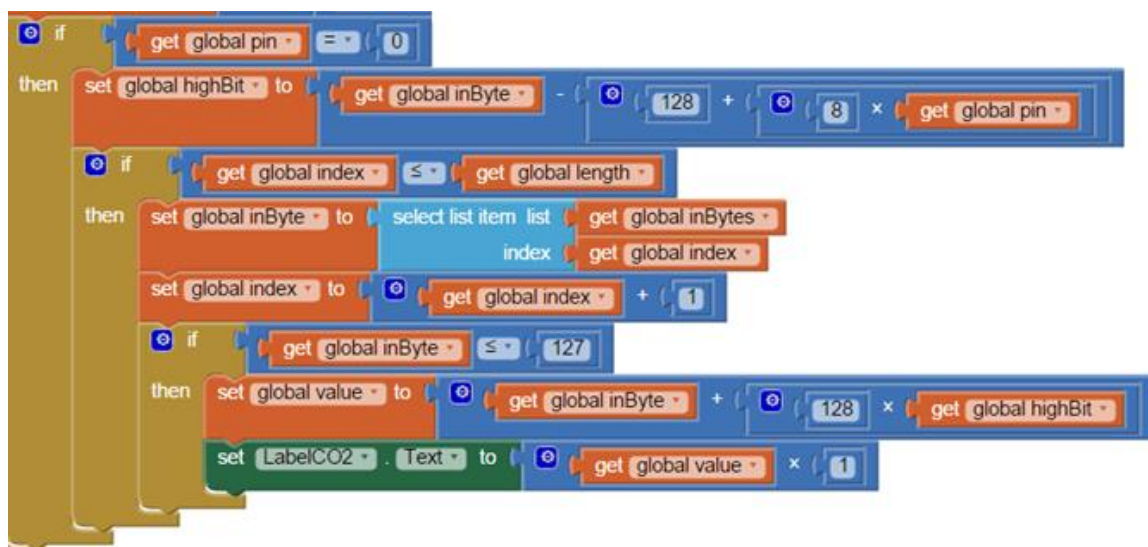
四、將動畫式二氧化碳與煙霧警報器結合手機應用程式 APP，發揮遠距監控與即時偵測的效果

(一) APP 積木程式設計方面：

利用 MIT App Inventor 以積木堆疊編寫指令，製成手機 APP 程式



圖二十八、本研究採用之積木程式設計軟體

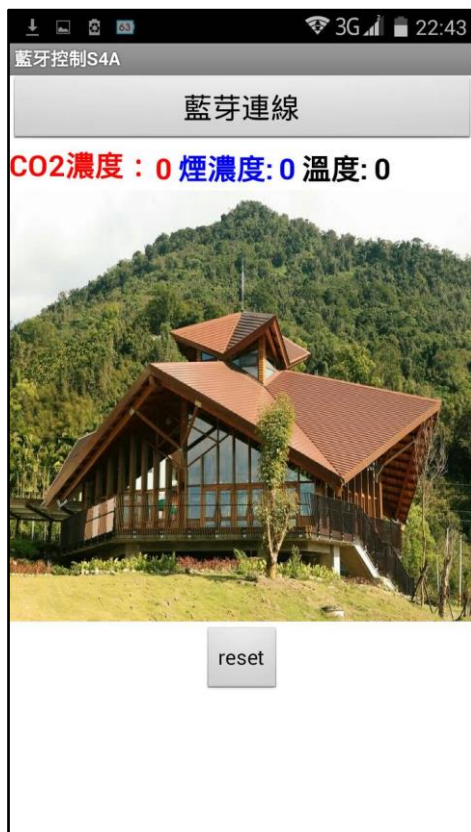


圖二十九、透過藍芽將偵測到的空氣訊號傳至手機之核心關鍵程式

(二) 程式畫面顯示方面：

我們利用 MIT APP Inventor 積木設計程式製作 APP 程式及二維條碼 QR Code。

手機 APP 程式開啟後，裝置將會與手機進行藍芽連線，並開始偵測周邊環境二氧化碳濃度、煙霧濃度及溫度，如圖三十。此外，我們也可利用下載二維條碼 QR Code 的方式進行手機載具的程式下載，如圖三十一，唯本實驗中所使用之平台給予之 QR Code 有效時間僅於兩小時內，逾時需重新下載新的 QR Code 以載入手機應用程式。



圖三十、APP 手機顯示畫面

專案S4ABTControl\_CO2\_Dust的二維條碼位址



確定

注意：此二維條碼有效時間僅為2小時，請查閱疑難解答中的相關說明

圖三十一、程式 QR Code



圖三十二、本系統可以將污染訊號透過藍芽即時傳遞至手機

如圖三十二，本系統除可將污染狀況數值化與多媒體化外，並可以將污染訊號透過藍芽即時傳遞至手機，透過手機 APP 將使得空氣污染的監控更加及時與全面，特別是藍芽裝置偵測範圍可遠達 10 公里。如圖二十九（第 20 頁）為核心關鍵程式。

## 陸、討論

### 一、污染狀況數值化

透過上述的實驗我們可以將不同濃度的二氧化碳濃度與煙霧濃度，以 MG811 和煙霧偵測元件，結合 S4A 程式軟體將氣體濃度數值化。

在 CO<sub>2</sub> 濃度與溫度之關係的實驗中，我們發現濃度高的 CO<sub>2</sub> 氣體中，其加溫後溫度上升較快，由此可得，二氧化碳之所以稱為溫室氣體，是因為它的分子振動頻率跟紅外線波長的頻率一樣，所以二氧化碳分子會跟紅外線產生共振，而共振會幫助二氧化碳吸收熱能。

此外，在煙霧實驗中，我們發現濃度高的煙霧，其加溫後之升溫較快，其原因除了煙霧中含有二氧化碳分子容易吸收紅外線外，也跟煙霧顆粒使得光線無法穿透，保留了光線能量於氣體之中有關。

## 二、遠距多媒體數值監控

本研究除了將汙染數值化，本模型箱可以對 CO<sub>2</sub> 氣體與煙霧作遠距多媒體數值監控顯示功能，其功能包含（1）多媒體動畫（2）電腦數值變化情形（3）手機數值。

### （一）多媒體動畫：

利用 CO<sub>2</sub> 氣體與煙霧感測元件的動畫與設備圖，實驗之前須作軟體設定：

1. 多媒體與晶片轉譯通道設定為 com3。
2. 上傳 Firmware15 程式至 Arduino。
3. 以不同的多媒體畫面，分別對應在低於汙染臨界值與高於汙染臨界值。
4. 當空氣是乾淨的，CO<sub>2</sub> 感測元件對應的電壓  $V_a$  約為 340R (mV)，煙霧感測元件對應的電壓  $V_b$  約為 250R (mV)，所以我們設定臨界電壓  $V_a$  低於 340 時就是 CO<sub>2</sub> 汙染， $V_b$  高於 250 時就是 CO<sub>2</sub> 汙染。(R 為換算比例值 = 5000/1024)

(1) 當空氣乾淨時，畫面天空清澈。

(2) 當空氣受汙染時，整個天空畫面會變暗，蝴蝶(變黑)會發出文字叫聲「CO<sub>2</sub> 濃度太高，危險!」、(白雲變黑)會發出文字叫聲「煙霧濃度太高，小心呼吸器官!」。

(3) CO<sub>2</sub> 氣體與煙霧感測元件偵測程式。

(4) 蝴蝶與雲在不同空氣狀況下反應程式。

### （二）電腦數值變化情形

(1) CO<sub>2</sub> 濃度：為 CO<sub>2</sub> 濃度電壓值，當此數值低於 340 時，代表二氧化碳濃度過高，此時動畫式汙染提示啟動。

(2) 煙濃度：為煙霧濃度電壓值，當此數值高於 250 時，動畫式汙染提示啟動。

(3) 溫度：為溫度電壓值。

### (三) 手機數值

(1) CO<sub>2</sub> 濃度：為 CO<sub>2</sub> 濃度電壓值，當此數值低於 340 時，代表二氧化碳濃度過高，此時 APP 警鈴啟動。若 10 分鐘後二氧化碳濃度仍未降至正常值以內，APP 警鈴將會再次開啟。

(2) 煙濃度：為煙霧濃度電壓值。




(3) 溫度：為溫度電壓值。

### 三、實驗誤差處理

為了降低實驗誤差，我們在實驗前會將實驗箱以止逆閥搭配吸塵器抽真空使實驗箱內呈真空狀態，使其他氣體無法干擾實驗結果。我們在實驗中會以氣閥控制二氧化碳的進出，方便控制瓶內氣體量及降低實驗誤差。

### 四、與市售產品之比較

表二、本研究設備與市售產品之比較

產品	本研究設備	ZG106 CO <sub>2</sub> Monitor	TE-711	偵煙火災警報器	煙霧偵測火災警報器
價格	2880 元	3700 元	4275 元	759 元	1249 元
功能	偵測二氧化碳、溫度、煙霧量	偵測溫度、二氧化碳	偵測溫度、濕度、二氧化碳	偵測煙霧 (無法顯示詳細數據)	偵測煙霧 (無法顯示詳細數據)
特色	遠端即時監控、價錢實惠、可輸出偵測數據、蜂鳴警報	可攜式	可攜式、可輸出偵測數據、蜂鳴警報	防火材質、蜂鳴警報、價錢實惠	語音警示、LED 燈警示
圖示					



## 五、未來展望

在此研究中我們將硬體上的偵測數據傳至電腦軟體上，製成動畫式的畫面，並進一步製成手機 APP 程式，這些設計無非是為了讓人們能更加方便的掌控環境中汙染造成的溫室效應，並試圖減緩汙染的程度與速度，讓人們能時時警戒。

因此，在未來我們希望能將此實驗推廣得更遠，將這套設備運用在工業上，發展成具有全面性互聯網功能警報器，透過各種行動載具與網路的訊號傳遞與回饋，使得此等公害無所遁形，警惕企業家們更加關注環境永續發展的問題，再者也能應用於生活中的各項有害氣體即時偵測，如放置於學校中，以防治青少年的吸菸狀況持續擴張，或是家庭中，作為二手菸之偵測警報器。

此外，未來我們也將致力於提升手機 APP 的程式功能，希望將手機顯示之電壓數值經由公式代入並能轉換成實際溫度值、煙霧濃度量及二氧化碳量 (ppm)，推廣此手機即時偵測系統，讓一般大眾也能夠簡易明瞭辨識、提高使用價值。

## 柒、結論

本研究應用前人在溫室效應的結論，發展出可即時偵測空氣二氧化碳濃度與煙霧程度的動畫式警報器。我們獲得了底下幾個成果：

- 一、模型箱中注入更多的二氧化碳，其溫度上升更高，可見地球上的二氧化碳濃度的確是溫室效應的重要成因。
- 二、本研究所發展出來的動態二氧化碳與煙霧警報器之成本低廉、電路構造簡單，可即時反應區域氣體濃度是否正常。可以應用於兩方面
  1. 可放置於家庭或學校之特定場所，作為節能減碳之具體依據，例如室內盆栽對於二氧化碳濃度降低之效能，又如二手菸之偵測與警報。
  2. 可放置於工業區之工廠附近，作為工廠是否排放黑煙或有害氣體之警報系統。
- 三、本警報系統可透過藍芽與手機連結，使得上述氣體之監控更全面且即時。

透過上述三點的成果，我們製作出一套有效即時遠距的動畫監控系統，對於抑止二氧化碳等氣體的增加有其一定之貢獻。在未來，我們將發展具全面性互聯網功能之危害氣體警報器，透過各種行動載具與網路的訊號傳遞與回饋，使得此等公害無所遁形。

## 捌、參考資料

- 一、黃彥璋、張綺驛、陳孝淋、何宗洋（2009）。溫室效應與光熱現象的模擬探討。中華民國第 49 屆中小學科學展覽會。
- 二、黃柏霖、江泓樂、薛喬（2006）。明天過後—溫室氣體的探討。中華民國第 46 屆中小學科學展覽會。
- 三、孫駿榮、吳明展、盧聰勇（2010）。「最簡單的互動設計 Arduino 一試就上手」。碁峯資訊股份有限公司。
- 四、何函育、陳佑昇、盧柔芯、何秉璋、陳俊昇、莊皓勛（2011）。退燒—溫室效應之研究探討。中華民國第 51 屆中小學科學展覽會。
- 五、蔡宏盛（2012）。「當 Arduino 碰到 Scratch—全世界最簡單 1 的互動多媒體」。黎明學報。
- 六、鄧文淵、文淵閣工作室（2014）。S4A(Scratch for Arduino)玩出科技創意大未來。碁峰出版。
- 七、翰林版國一上自然與生活科技課本。「解決問題與資源應用」。翰林出版。
- 八、翰林版國一下自然與生活科技課本。「環境保護與生態平衡」。翰林出版。
- 九、翰林版國二下自然與生活科技課本。「電解質」，翰林出版。
- 十、翰林版國三上自然與生活科技課本。「電流、電壓、歐姆定律與電阻」。翰林出版。

## 玖、附錄

### 一、資料補充

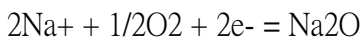
#### (一) MG811 二氧化碳感測器原理

將此元件置於 CO<sub>2</sub> 氣體當中，會發生以下氧化還原反應，其氧化還原電位會隨著二氧化碳氣體濃度而變化

負極：



正極：



總氧化還原反應：



電動勢差 (EMF) 符合能斯特方程：

$$\text{EMF} = E_c - (R \times T) / (2F) \ln (P(\text{CO}_2))$$

上式中：P(CO<sub>2</sub>)—CO<sub>2</sub> 分壓 E<sub>c</sub>—常量 R—氣體常數 T—絕對溫度 F—法拉第常數

#### (二) 環保署室內空氣品質二氧化碳建議值

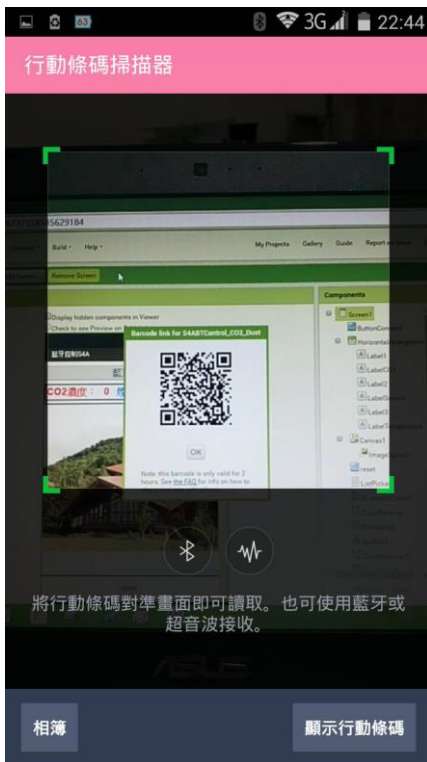
本研究依據環保署的建議值制定實驗數值，以達到最完整的研究結果。



圖三十三、環保署室內空氣品質二氧化碳建議值

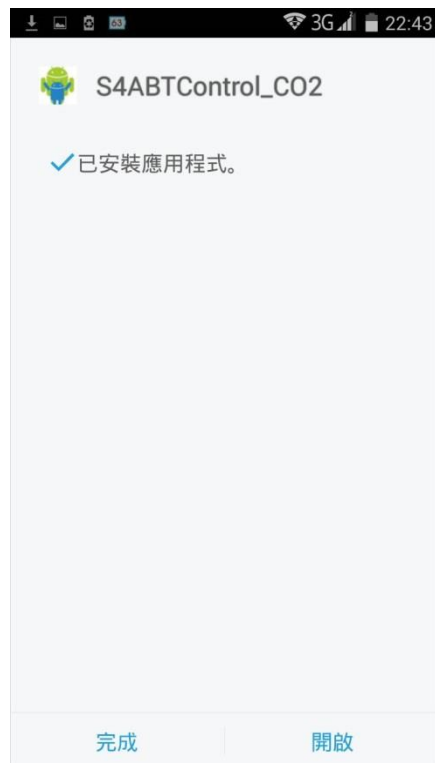
### (三) 手機 APP 安裝步驟

#### 步驟一



圖三十四、掃描程式 QR Code

#### 步驟三



圖三十六、安裝成功

#### 步驟二



圖三十五、確認安裝

#### 步驟四



圖三十七、開啟 APP 主畫面

## 步驟五



圖三十八、開啟藍芽功能

## 步驟六



圖三十九、點選藍芽 (JYO1946)

## 【評語】 030820

1. 資料統整和一致性宜加強。
2. 實驗設計不夠完整。
3. 能整合感應器設計與 APP 程式系統，實作能力不錯。
4. 未來能整合各類感應器，以偵測各類災害判斷之智慧型系統更佳。