

臺南市 109 年度國中學生獨立研究競賽作品

作品名稱：臭氧退散我來罩_利用 Arduino 臭氧
偵測器進行影印室臭氧濃度偵測與預
防之研究

編號： (由承辦單位統一填寫)

臭氧退散我來罩_利用 Arduino 臭氧偵測器進行 影印室臭氧濃度偵測與預防之研究

摘要

大自然中產生的「臭氧」，是由氧氣經紫外線照射而產生的氣體。在我們的生活當中，也有著人為所產生的臭氧，例如雷射印表機、內燃機(車輛、火箭、船隻)、冷氣等。學生時期的我們，在校園當中若想要進行文件的列印，一般個人大多採用噴墨式印表機，但若是大量印製，會到影印室列印，其大多是使用雷射印表機。每當我們走進影印室時，空氣中總是瀰漫著一股怪味，那就是雷射印表機在大量列印紙張的過程中，為了能讓碳粉能夠附著在紙張上，必須要加熱碳粉，而在這加熱的過程中就會產生臭氧。影印是內所產生的臭氧，會不會對人體造成危害？為了能檢測出影印室內臭氧的數值，我們利用 Arduino Uno 面板結合臭氧感應器(MQ131)，再透過臭氧能阻礙電流的性質，來觀察電壓(V)的高低變化。根據我們的實驗結果推測，偵測器 4V 對應臭氧濃度 0 ppb，3~4V，2~3V 約在 150 ppb ~500 ppb。有口罩(3.6 V)約可阻擋 425~450 ppb 的臭氧(無口罩 2 V)；影印室上方 3.9 ~ 4 V 約在 0~10 ppb，下方維持在 3V 約為 125 ppb，對人體尚無危害。

壹、研究動機與目的

一、研究動機

在一次理化實驗課中，我們邂逅了臭氧。當我們將 35%的雙氧水倒入含有二氧化錳催化劑的錐形瓶中，快速產生了氧氣，但氧氣明明是無色無臭無味，我們卻聞到了一股奇怪的味道，這味道與我們有時在影印中心聞到的味道很相似。詢問老師後，才知道這味道是來自臭氧。臭氧阻擋了紫外線又有消毒功能，微小的存在卻有不凡的成就！但是臭氧不只會殺死細菌，也會危害到人體細胞，因此吸入過量會對人體的肺部產生傷害。而臭氧濃度偏高的地方諸如影印室、午後的炎熱空教室等，這不禁讓我們想到，整天待在影印室的老師，會不會在無形之中已經遭到臭氧的迫害了？所以我們決定以之前接觸到的 Arduino 結合臭氧感應器，自製一個臭氧檢測儀器，用來檢測本校影印室的臭氧是否過量？抑或是有無其他方法可以減少臭氧帶來的影響。

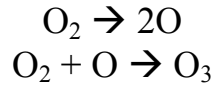
二、研究目的

- (一)了解生活中的臭氧對人體造成的危害。
- (二)自組 Arduino 臭氧偵測器，偵測市面上臭氧產生器之濃度變化。
- (三)以自製 Arduino 臭氧偵測器偵測本校影印室以及密閉車內的臭氧濃度。
- (四)本校影印室之臭氧量是否危害健康？進行影印室的臭氧濃度監測與預防。

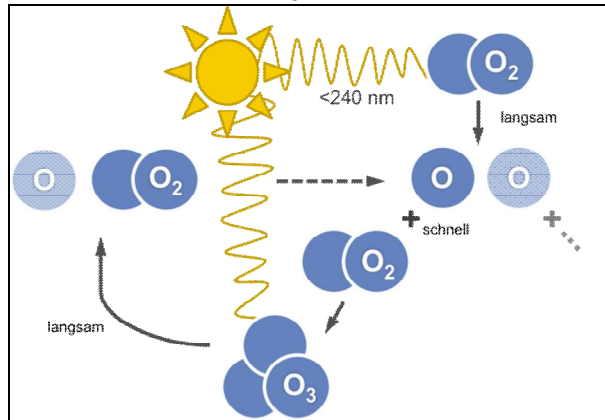
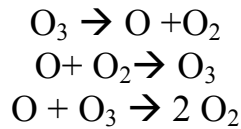
貳、文獻探討

(一)何謂臭氧

1. 大氣中的臭氧—臭氧（分子式為 O_3 ）是氧氣（ O_2 ）的同素異形體，在常溫下，它是一種有特殊臭味，室溫下略呈淡藍色的氣體。在平流層中，氧分子吸收波長小於 240 nm 的紫外線而分解為兩個氧原子自由基（ $O\cdot$ ），而氧原子與另一氧分子結合，即生成臭氧，其方程式如下：



而臭氧分子亦會吸收 200~310 nm 波長的紫外線而再度分解成氧分子與氧原子，而新產生的氧原子又與氧分子作用產生臭氧分子。這些連續性的過程在氧原子與臭氧分子重新結合產生兩個氧分子而終止。其反應式如下：



圖片來源：<https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Ozon-Sauerstoff-Zyklus.png>

2. 臭氧物性化性：臭氧具有明顯的氣味，低濃度時聞起來像下過雨後聞到的那種氣味。其活性強，極易分解，在常溫下會逐漸分解為氧氣，性質比氧活潑，具有強氧化性，可用於消毒殺菌劑。比重為一般空氣的 1.7 倍。臭氧具有強烈的刺激性，吸入過量對人體健康有一定危害。它主要是刺激和損害深部呼吸道，並可損害中樞神經系統，對眼睛有輕度的刺激作用。吸入體內後，能使不飽和脂肪酸氧化，從而造成細胞損傷。
3. 臭氧對人體之影響：

臭氧濃度	引起效應
0.1 mg/m^3 (10^{-4} ppm)	引起鼻和喉頭黏膜的刺激
$0.1 - 0.2 \text{ mg/m}^3$	引起哮喘發作、上呼吸道疾病惡化、刺激眼睛，使視覺敏感度和視力降低。
2 mg/m^3 ($2 \cdot 10^{-4}$ ppm) 以上	引起頭痛、胸痛、思維能力下降，嚴重時可導致肺氣腫和肺水腫

4. 臭氧會阻礙血液輸氧功能，造成組織缺氧；使甲狀腺功能受損、骨骼鈣化，還可引起潛在性的全身影響，如誘發淋巴細胞染色體畸變，損害某些酶的活性和產生溶血反應。臭氧超過一定濃度，除對人體有一定毒害外，對某些植物生長也有一定危害。臭氧對人體也有致畸性，母親孕期接觸臭氧可導致新生兒臉裂狹小發生率增多。

資料來源：[臭氧 維基百科](#)、[臭氧對健康的影響](#)

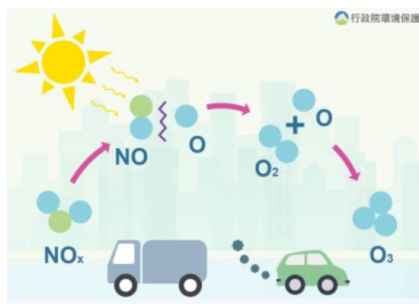
(二)影印室的臭氧來源與濃度

1. 影印機、雷射印表機、傳真機若以高壓 corona 線作為影像合成系統元件，使用過程中必須加熱碳粉，讓碳粉受熱附著紙張，會使周圍空氣中的氧分子產生電離，形成原子態氧，原子態氧與周圍氧分子結合便會形成臭氧。這時會有一股怪味，有點像塑膠受熱揮發的味道，較好的設備多半具有濾網以捕捉或分解所生成的臭氧，但是濾網必須定期維護更新，否則便會失去其功能。臭氧的比重較空氣重，常集聚在室內的下層空間。所以若影印室狹小，又有數台一同運作，室內的臭氧濃度就會高些。

資料來源：[室內空氣品質資訊網](#)

(三)生活周遭的臭氧

1. 人為釋放的氮氧化物及揮發性的有機物等空氣污染物，因大氣中光化學作用，易生成臭氧等衍生性空氣污染物，特別是在炎熱、陽光普照的情況之下更容易生成。其示意圖如下：



圖片來源：[室內空氣品質資訊網](#)

2. 本國行政院環保署為了改善及維護室內空氣品質，維護國民健康及生活環境，於民國 94 年 12 月 30 日頒布室內空氣品質建議值。其中對於臭氧部分的建議值如下表：

項目	8 小時值	建議值	
		第一類	0.03 ppm
臭氧		第二類	0.05 ppm

註 1：8 小時值：指連續 8 個小時各測值之算術平均值或 8 小時累計採樣測值。

註 2：本建議值所稱第 1 類及第 2 類適用場所如下：

(一) 第 1 類：指對室內空氣品質有特別需求場所，包括學校及教育場所、兒童遊

樂場所、醫療場所、老人或殘障照護場所等。

(二) 第 2 類：指一般大眾聚集的公共場所及辦公大樓，包括營業商場、交易市場、

展覽場所、辦公大樓、地下街、大眾運輸工具及車站等室內場所。

註 3：ppm，體積濃度百萬分之一

3. 室內空氣品質建議值在民國 102 年 04 月 09 日廢止/停用。行政院環保署進一步在 105 年 12 月 1 日推出新式空氣品質指標 AQI (Air Quality Index)，除了現行空氣污染指標和 PM_{2.5} 指標，並納入「臭氧八小時平均濃度」，讓我們可以在地圖中一次看到空氣中的主要污染物。對於不同敏感族群能可以及早採取防範措施。當監測值 8 小時平均濃度超過 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 時，人體就能明顯感覺到不適。

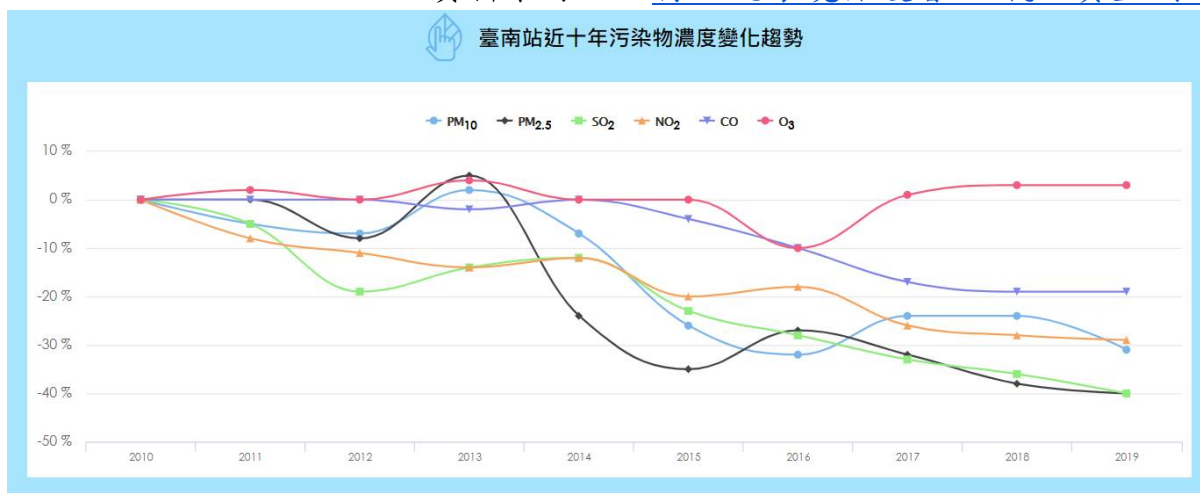
項目	上限值		
臭氧	8 小時平均濃度	一級	0.1 ppm
		二級	0.16 ppm
	1 小時平均濃度	一級	0.16 ppm
		二級	0.2 ppm

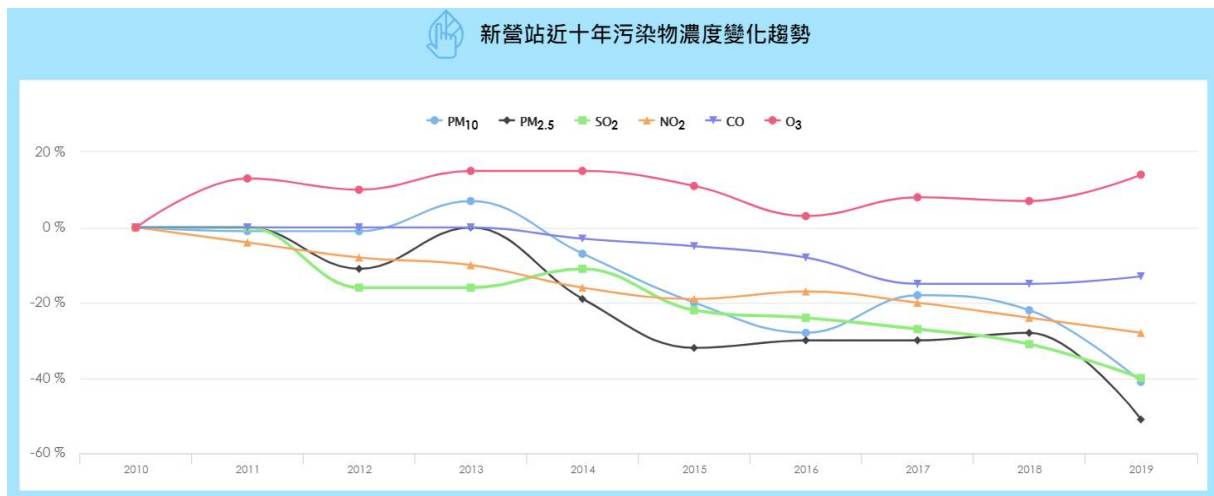
AQI 指標	O ₃ (ppm) 8 小時平均值	O ₃ (ppm) 小時平均值 (1)
良好 0 ~ 50	0.000 - 0.054	-
普通 51 ~ 100	0.055 - 0.070	-
對敏感族群不健康 101 ~ 150	0.071 - 0.085	0.125 - 0.164
對所有族群不健康 151 ~ 200	0.086 - 0.105	0.165 - 0.204
非常不健康 201 ~ 300	0.106 - 0.200	0.205 - 0.404
危害 301 ~ 400	(2)	0.405 - 0.504
危害 401 ~ 500	(2)	0.505 - 0.604

資料來源：[天下雜誌](#)、[空氣品質監測網](#)

4. 參考行政院環境保護署網站資料，近十年台南市台南區與新營區汙染物濃度的變化：以 2010 年定義為 0% 作為基準，近十年與 2010 年做比較，相較於其他氣體或微粒，如 PM_{2.5} 在 2019 年有明顯的下降，但 O₃ 濃度除了 2016 年為下降外，其餘一直都是處於增加的情形，甚至在 2019 年增加了 4% (台南站)、14% (新營站)，因此對於環境中的臭氧污染是需要被重視的。目前台灣最常超標的污染物是 PM_{2.5}，其次即是臭氧。

資料來源：[行政院環境保護署 空氣品質監測網](#)





(四) 臭氧偵測原理

1. 臭氧 (O₃) 紫外光吸收法：

臭氧分析儀是利用紫外光 (UV) 吸收原理設計的儀器。臭氧會吸收在波長 254 nm 左右的 UV，當系統啟動 UV 照射樣品氣體時，如果氣體內含有臭氧分子時，那接收 UV 後的強度會降低。發射前跟接受後的 UV 強度差異與臭氧的濃度成比例關係，因此可以用來定量空氣中臭氧的濃度，也就說吸收程度越高，則空氣中的臭氧濃度越高。

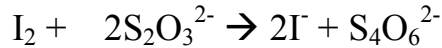
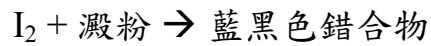
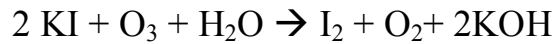
在大氣狀態下的混合空氣中，經常含有也會吸收波長 254 nm 紫外光的物質，例如二氧化硫及芳香族化合物這樣常見的物質，我們稱為干擾物。在分析氣體時，系統會選擇性讓氣體通過一個臭氧去除器(使用氧化錳)，沒有通過去除器的氣體，所測量出的吸收度是所有會吸收 UV 的氣體，氣體裡面可能有臭氧或者沒有。而有通過臭氧去除器的氣體，所分析出來的吸收度是不包含臭氧的。所以通過去除器與未通過兩者之間的吸收度差異，就是臭氧的吸收度。施智堯(2009)即是使用方法測得大學鄰近影印室內的臭氧濃度。但此儀器的價格較昂貴。

2. MQ-131 臭氧偵測器：

MQ-131 所使用的氣敏材料是在清潔空氣中電導率較低的三氧化鎢 (WO₃)。當感測器所處環境中存在臭氧時，感測器的電導率隨空氣中臭氧氣體濃度的增加而減小。使用簡單的電路即可將電導率的變化轉換為與該氣體濃度相對應的輸出信號。MQ131 臭氧偵測器對臭氧的靈敏度高，在較寬的濃度範圍內對臭氧氣體有良好的靈敏度，長壽命、低成本。主要應用於：家庭用臭氧濃度超標報警器、工業用臭氧濃度超標報警器以及可攜式臭氧檢測。

3. KI-澱粉與硫代硫酸鈉滴定：

臭氧具有強氧化力，會將 KI 氧化成 I₂，I₂ 會與澱粉產生藍黑色的錯合物。再以硫代硫酸鈉溶液進行滴定，當藍黑色消失時，則可以定量 I₂，進一步推測臭氧的濃度。其反應式如下：



吳典霖等(2005)之科展報告中發現雙氧水分解除了產生氧氣外，也會產生臭氧。當以二氧化錳催化 35% 的雙氧水分解，產生的臭氧約佔所有氣體的 0.073% (莫耳分率)。

(五)減少吸入臭氧量—口罩

1. 市面上常見的口罩，大致可分為五種類型，分別為：(1)活性碳口罩、(2)一般紙口罩、(3)棉布、紗布口罩、(4)外科口罩、(5)N95 口罩。

2. 口罩相關的功能與使用時機，列於下表：

形式	功能	使用時機
活性碳口罩	可吸附有機氣體、惡臭分子及毒性粉塵。	1.騎機車 2.噴漆作業 3.噴灑農藥
一般紙口罩	可阻擋 75% 以上的五微米顆粒。	1.平時清掃工作時
棉布、紗布口罩	只能過濾較大顆粒。	
外科口罩	可阻擋 90% 以上的五微米顆粒。	1.有發燒、感冒等呼吸道症狀時 2.前往醫院等密閉、不通風場所時 3.疫情流行區域
N95 口罩	可阻擋 95% 以上的五微米顆粒。	1.醫護等專業人員使用

3. 口罩的結構與功能：

(1) 第一層是防水層，主要的用途是防水的。對於外科口罩，這一層起到防止飛沫沾染的效用。

(2) 第二層是過濾層，主要的用途是過濾空氣中的細菌和飛沫的。

(3) 第三層是吸水層，主要的用途是

三層構造介紹

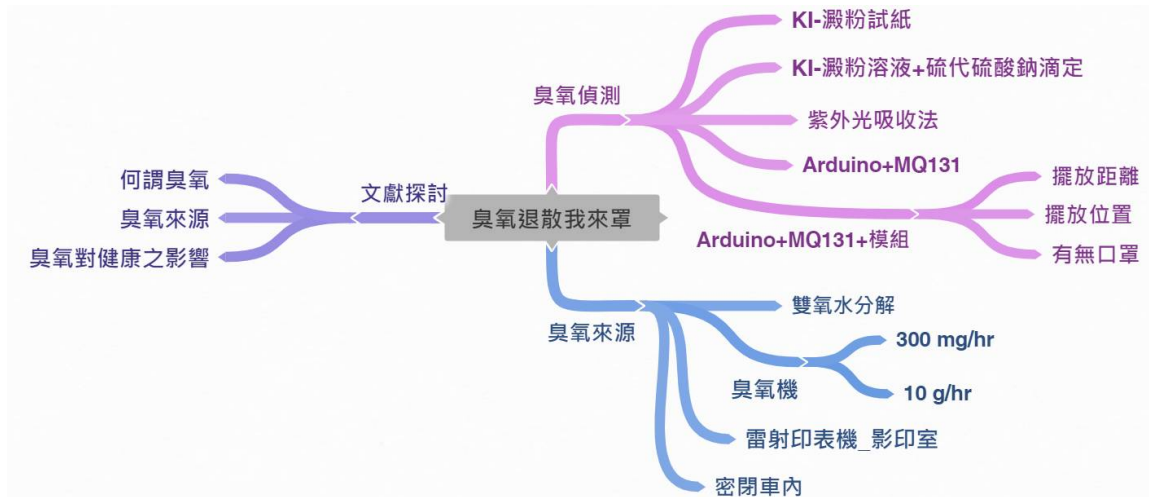


吸水的。


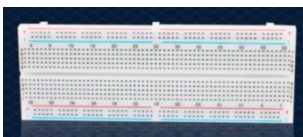


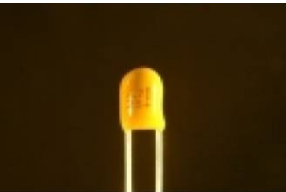
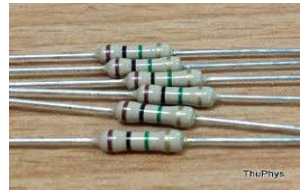










資料來源：[口罩—維基百科](#) 圖片來源：[口罩結構圖](#)

參、研究過程與方法

一、研究流程圖



二、研究設備與器材

 Arduino UNO	 麵包板	 杜邦線	 直流電源供應器
 電容(0.33 F)	 電阻(1MΩ)	 MQ131(臭氧偵測器)	 Micro SD 卡讀寫模組
 麵包板電源模組	 RTC(時間模組)	 LCD(顯示器)	 口罩
		 無線溫度計	

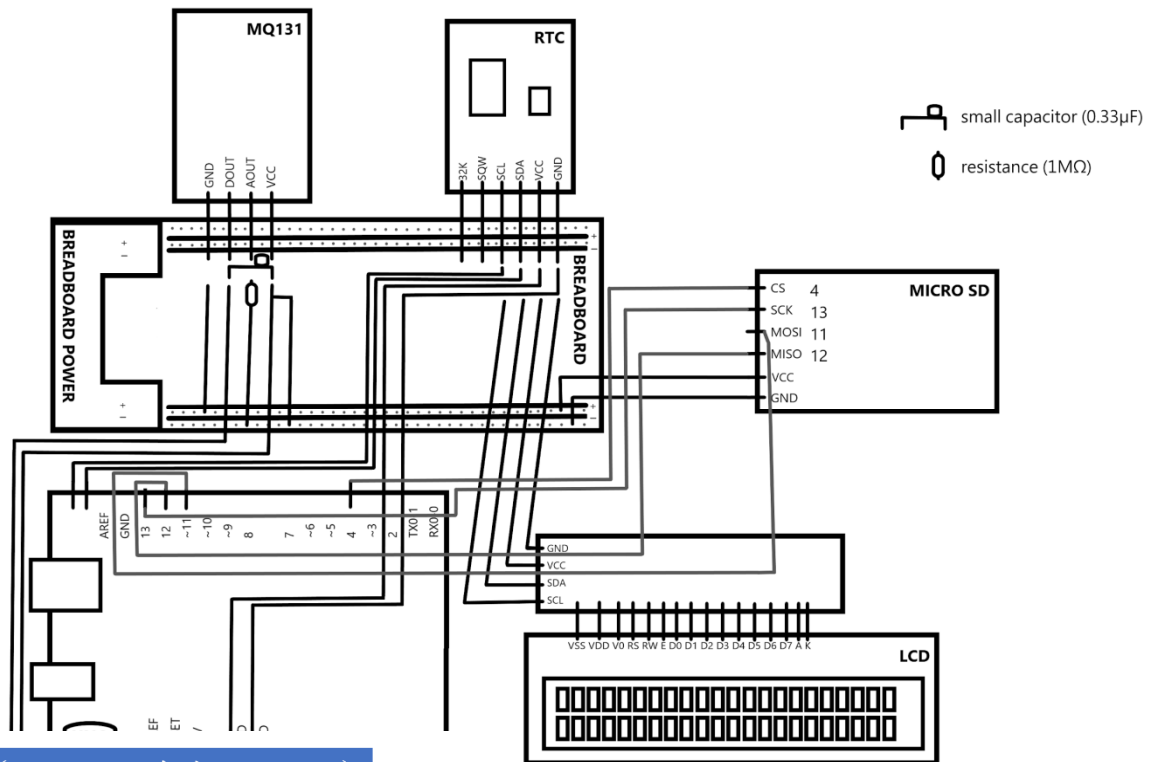
O ₃ 產生器 A 300 mg/h	O ₃ 產生器 B 10 g/h		無線氣壓計
----------------------------------	--------------------------------	--	-------

三、 Arduino 部分：

Arduino UNO 開發板作為數據讀出裝置，以麵包板設計電路，軟體使用 Arduino IDE。

(一) 學習使用 Arduino 程式設計：參考教程：[信惠的瘋狂教室](#)

(二) Arduino 電路圖：



實驗步驟(Arduino 臭氧檢測器)

STEP1 接上臭氧檢測器(MQ131)與Arduino

STEP2 連接Arduino與電腦更新時間

STEP3 插入SD(Arduino_MicroSD)

STEP4 承上 改由連接行動電源

STEP5 開始檢測

STEP6 拔出SD卡查看數據並結束實驗

基本步驟：

實驗步驟(溫度、氣壓檢測器)

STEP1 打開溫度(氣壓)檢測器

STEP2 藍牙連接iPad程式SPARKvue

STEP3 開始檢測

STEP4 結束檢測後打開iPad_遠程紀錄

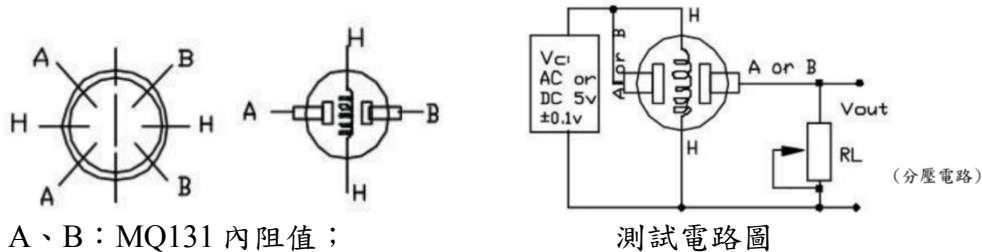
STEP5 結束實驗

肆、結果與討論

實驗一、自製 Arduino + MQ131+模組臭氧偵測器：

(一)步驟：

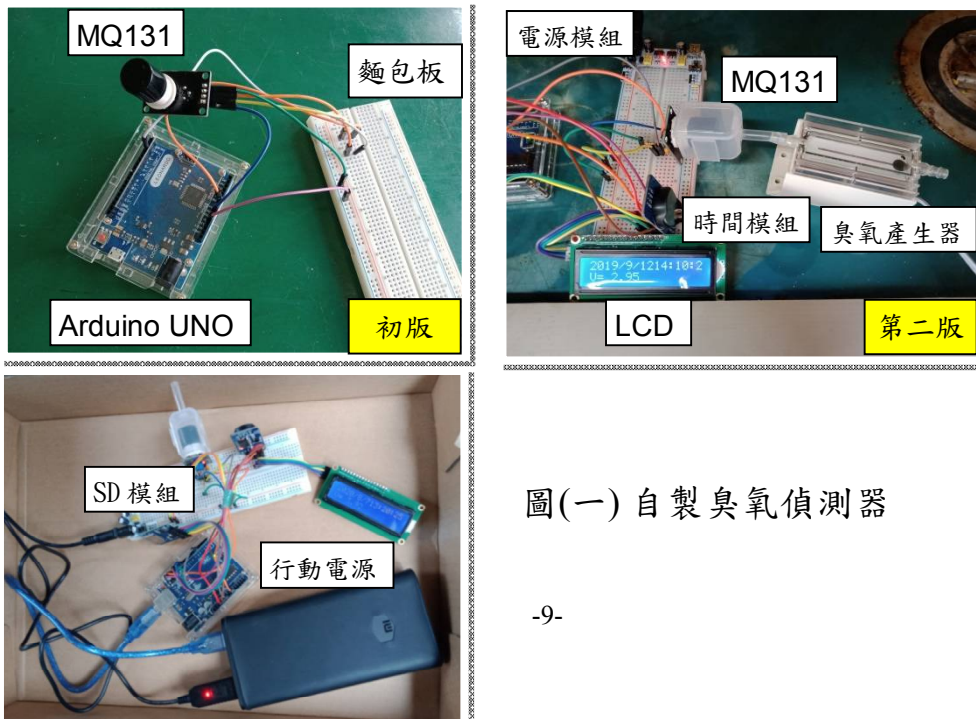
1. 由廠商所提供之程式碼，輸入 Library 中。
2. 參照廠商所給之電路圖，直接將 MQ131 與 Arduino 透過杜邦線連接。
3. 在通風櫥中，以臭氧產生器 A (300 mg/h)來進行儀器檢測。



4. 加裝供電模組、LCD、時間模組、Micro SD 模組等，重新以臭氧產生器 A 進行檢測。

(二)結果：

1. 初版臭氧偵測器組裝照片，如圖(一)所示。偵測時，連接電腦並使用電源供應器當作外部電源，訊號時有時無，無法獲得穩定的數據。
2. 第二版結合 RTC 時間模組、電源模組，由 LCD 螢幕即可看到數值，並在 MQ131 外加裝盒子，減少外在環境的影響，可以獲得較穩定數據。但必須連接電腦進行偵測。
3. 第三版再結合 Micro SD 模組，以及外接行動電源(20000mAh)，可以在電腦端設定完後，即可以拿到欲偵測地點。之後再以讀卡機讀取 SD 卡的資料進行處理。

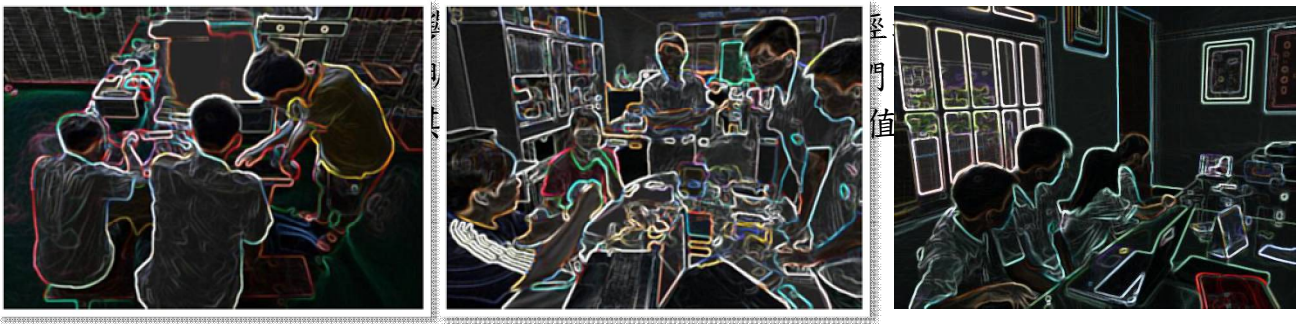


圖(一) 自製臭氧偵測器

(三)討論：

1. 實驗的開始，我們利用老師所提供的 Arduino 線上付費課程，習得 Arduino 基礎觀念 8 堂課。透過網路蒐集臭氧相關資料後，以現有的 Arduino 材料加上購買 MQ131 臭氧感應器，經由與廠商聯繫，並由專業人士提供網路上的程式庫後，與本校畢業學長一同自行連接線路，如圖(二)，但一直無法突破。

2. 進一步尋求老師的協助，最後聯繫到了南部某科技大學的實驗室，進行一日實驗室的參訪，如圖(二)。過程中我們認識了大型實驗室裡偵測臭氧所使用的紫外光分析儀，但真的很昂貴；而實驗室的研究方向多為大氣層中臭氧的觀測，因此針對我們感興趣的周遭環境所產生的臭氧，科大實驗室也建議我們使用 Arduino 與臭氧感應器來自己組裝小型的偵測儀器。回



圖(二) 與學長或到科大或運用視訊一同研究臭氧偵測器

實驗二、不同條件下，以自製 Arduino + MQ131+模組臭氧偵測器進行偵測：

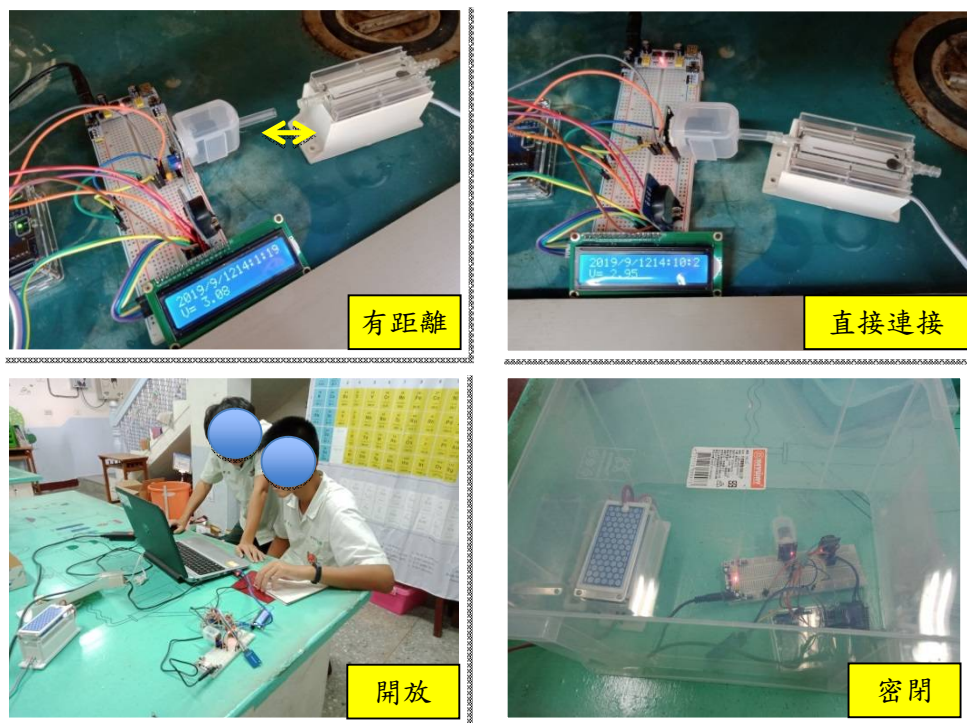
(一)步驟：

1. 依照基本步驟，設定好自製臭氧感應器後，在「通風櫥」中，以「臭氧產生器 A (300 mg/h)」來進行感應器與臭氧產生器「不同距離」下，如圖(三)，所測得的電壓變化。
2. 將「通風櫥」改成「開放空間」、「密閉箱」，「臭氧產生器 A (300 mg/h)」改用「臭氧產生器 B (10 g/h)」，如圖(三)。

(二)結果：

1. 所測得之電壓值變化整理於(表一)、(表二)。
2. 實驗結果顯示：當臭氧的出風口與感測器距離愈遠，明顯可以看到電壓

值升高；而開放空間，電壓數值有減少，且趨於平穩；一旦放到密閉空間中，電壓值在 2 分鐘之內即降低到 0.3，而要恢復機器正常值，需等待約 35 分鐘。



圖(三) 臭氧感應器與臭氧生成器在不同距離下、不同環境偵測

(表一) 不同距離或條件下，感測器所得之電壓值

初始：4.79-4.80 V				
地點：實驗室-通風櫥(關閉) 器材：Arduino(連接筆電)+臭氧產生器 A				
距離(cm)	2	5	10	直接以管子連接
電壓值(V)	2.97-3.01	3.12-3.14	3.30-3.32	2.28-2.30

(表二) 開放或密閉條件下，感測器所得之電壓值

初始：4.60-4.73 V						
器材：Arduino(連接筆電)+臭氧產生器 B						
開放		密閉		密閉後打開		
電壓值(V)	3.6-3.7	電壓值(V)	0.3	3.72-3.73	3.89-3.90	4.02-4.17
		時間(min)	2	10	15	30

(三) 討論：

1. 我們將機器移動到實驗室的通風櫥，初步檢測機器是否能夠正常運作，並且利用臭氧產生器，使密閉通風櫥內佈滿臭氧，然後測試機器檢測出的數值與電壓能不能正常上升和下降，以及我們利用 Arduino 設定的單位時

間合不合適，到最後的 SD 卡能否成功儲存每次實驗的結果。

2. 開放空間下進行偵測，雖然電壓有符合正常升降，但數據變化並不明顯，我們推論是電風扇、冷氣等因素，使空氣流動不穩定，再加上空間寬闊，導致製造出來的臭氧單位濃度較低，無法檢測出明顯的數據變化；所以我們決定用箱子(15L)覆蓋住檢測區域，擺放出適當大小的密閉空間，因而提升臭氧的單位體積濃度，進行第二次的機器檢測。我們發現密閉空間的電壓變化很明顯，加以估算，每小時產生 10 g 之臭氧產生器 B，則 2 分鐘可產生 1/3 g，置於 15 L 的容器內，所以臭氧濃度約為 22 ppm (偵測器電壓 0.3 V)，已經超過偵測器的偵測濃度範圍，對人體也有極大危害，且從臭氧濃度高的環境移動至濃度低的環境，臭氧檢測器所需恢復時間較長，從結果得知，需約莫 30-35 分鐘的時間，所以之後的檢測，以使用臭氧產生器 A 為主。

實驗三、以自製臭氧偵測器進行豔陽下車內偵測：

(一)步驟：

1. 依照基本步驟，設定好自製臭氧偵測器後，連同無線溫度計、氣壓計放在豔陽下，曝曬約 3 個鐘頭之車內。如圖(四)，測得電壓、溫度與氣壓值。

2. 將感測器以：

(二)結果：

1. 所測得之電壓：

2. 豔陽下曝曬

下降；而將感測



氣存在，電壓值勢。

圖(四) 不同條件下置放臭氧偵測器偵測車內情形

(表三) 不同條件下，感測器測得車內空氣所得之數據

器材：臭氧檢測器、溫度、氣壓、感測器、iPad	
初始：4.70-4.73 V、35.8°C、100.7 kPa、時間 12:50-13:20	初始：3.90-4.12 V、33.8°C、100.6 kPa、時間 16:20-16:40
車內 器材開放空間	車內 器材密閉空間

電壓(V)	溫度(°C)	氣壓(kPa)	電壓(V)	溫度(°C)	氣壓(kPa)
2.1-3.09	40.9	100.6	1.12-1.5	37.3	100.6

*當日中央氣象局平均溫度相符(33°C~36°C)

(三)討論：

1.我們將感測器直接置於車子後座，發現檢測器數據的變化不明顯，討論後，依經驗推測是空氣流動、檢測區域過大的關係，因此再加上透明箱子覆蓋，縮小檢測範圍，再進行第二次的測試。

2.用箱子限制住的密閉空間，電壓變化較為明顯，且變化正常，老師的車子雖然停在樹蔭下，但車內的溫度極高，產生的臭氧量亦不容小覷，依此我們可以得知，溫度的高低會影響臭氧濃度的變化，溫度越高，產生的臭氧量越多，而氣壓並無太大的變化。

接下來的實驗，我們透過不同的臭氧產生位置，來測試同樣的密閉空間與相同時間內，扮演與人體相仿角色的臭氧檢測器偵測到的臭氧濃度有無變化，藉此判斷與臭氧源與人體不同的相對位置，是否會影響吸入的臭氧量。

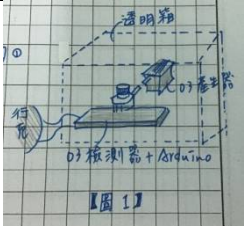
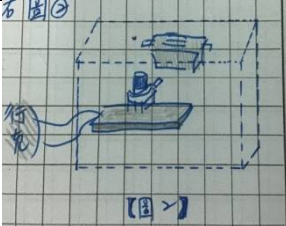
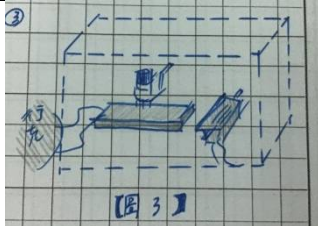
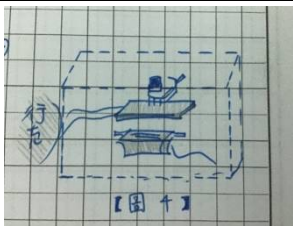
實驗四、以自製臭氧偵測器偵測不同位置之臭氧產生器：

(一)步驟：

- 1.依照基本步驟，設定好自製臭氧偵測器後，打開臭氧產生器 A，分別放在正面對孔、正面、側面、背面四個位置。
- 2.罩上箱子後進行測量。如圖(五)，測得達相同電壓值所需之時間。

(二)結果：

- 1.所測得達相同電壓值之時間，整理於(表四)、圖(六)。

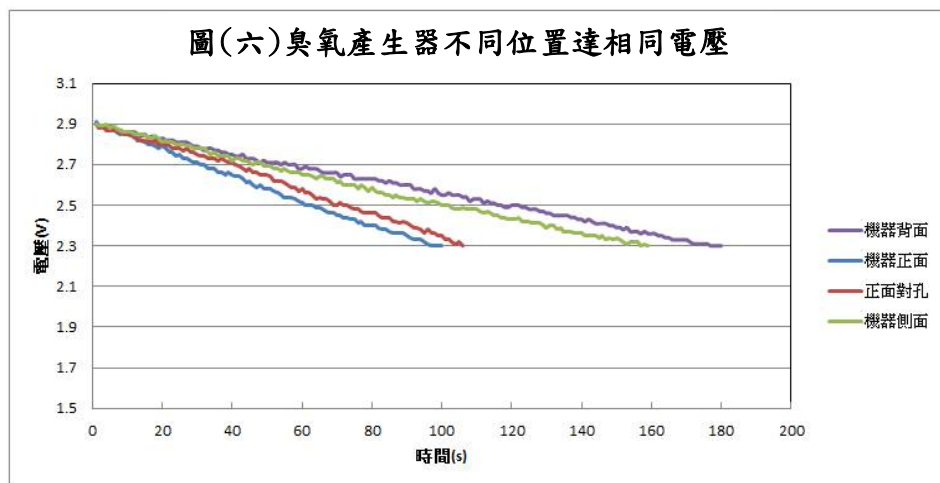
(表四) 不同位置時，偵測器達相同電壓值所需之時間			
初始：4.06-3.9 V、臭氧產生器 A 打開從 2.9→2.3V			
107 s	110s	170 s	191s
			
正面對孔	正面	側面	背面
圖(五) 不同位置臭氧產生器			

(三)討論：

- 1.很明顯的，臭氧產生器的相對位置會影響臭氧偵測器所測得之數值。因我們在臭氧偵測器外面罩了個盒子，所以縮限了進入偵測器的量，越靠近

偵測器之臭氧產生器，而且口對口可以最快速達到一定的濃度值。

2. 固定臭氧偵測器的位置，透過改變臭氧產生器 A 的位置，來檢測密閉空間內，偵測器位置會不會對數據造成影響。結果發現如果放置於檢測器的前方，電壓下降的速度幾乎相同，而放置在機器後方，則下降速度較為緩慢。以正面對孔為例，107 s 電壓值即下降到 2.3 V，估算臭氧濃度約 0.6 ppm。



實驗五、自製臭氧偵測器有無口罩的影響：

(一)步驟：

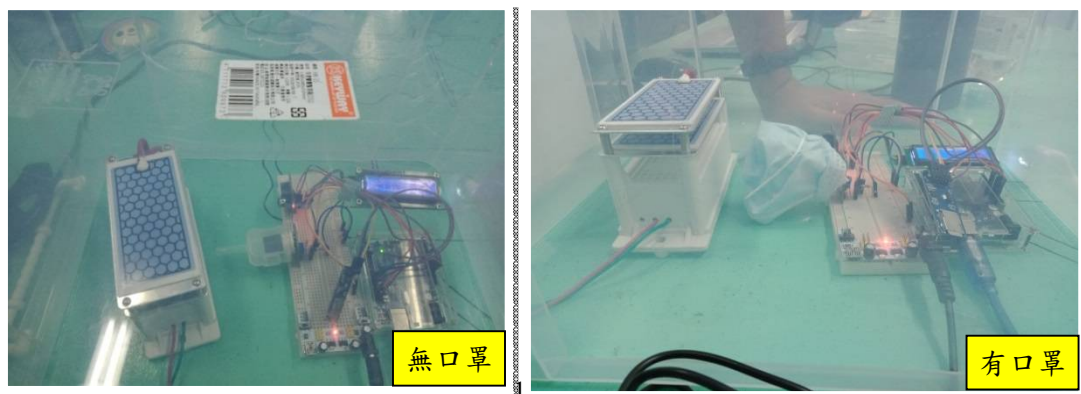
1. 依照基本步驟，設定好自製臭氧偵測器後，打開臭氧產生器 B，放在正面位置。罩上箱子後進行測量。
2. 改以醫療型口罩罩住偵測器，重複步驟，如圖(七)。

(二)結果：

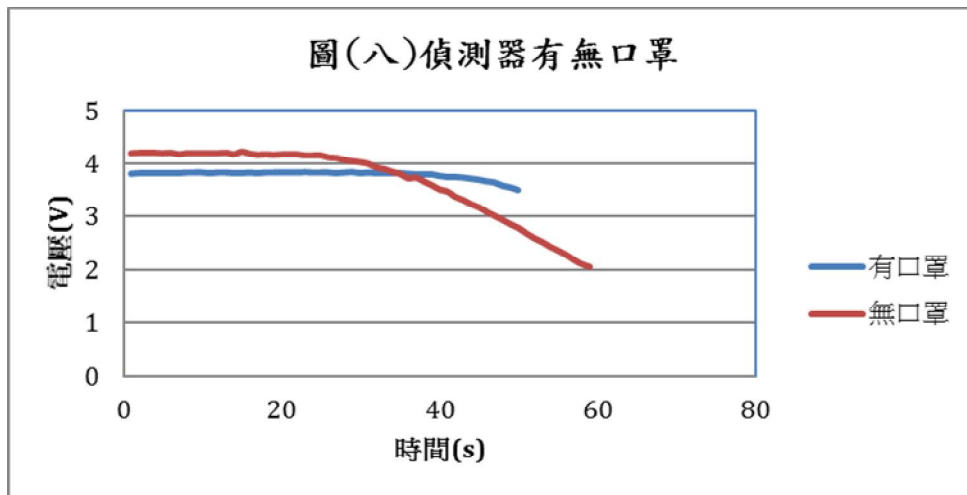
1. 所測得之電壓值隨時間變化，如圖(八)所示。
2. 有口罩的偵測器，電壓變化值不大，沒有口罩的，在 60 秒左右即降到約 2V，所以有口罩能有效阻隔臭氧。

(三)討論：

1. 吳典霖(2005)等在科展作品中，將雙氧水分解產生氧氣與臭氧之氣體通過含有活性碳粉之玻璃球後，再以 KI-澱粉試紙檢驗，沒有變藍黑色，證明產生的氣體不再含有臭氧，所以可以以活性碳來吸附臭氧。
2. 我們所選用的口罩也能有效阻隔臭氧，其內部應該也有活性碳的成分。



圖(七) 臭氧偵測器有無口罩



實驗六、自製臭氧偵測器偵測本校影印室：

(一)步驟：

1. 依照基本步驟，設定好自製臭氧偵測器後，放在影印室最內側的影印機旁。
2. 改變偵測器的垂直高度，重複步驟，如圖(九)。
3. 改用口罩罩住偵測器，重複上述步驟。

(二)結果：

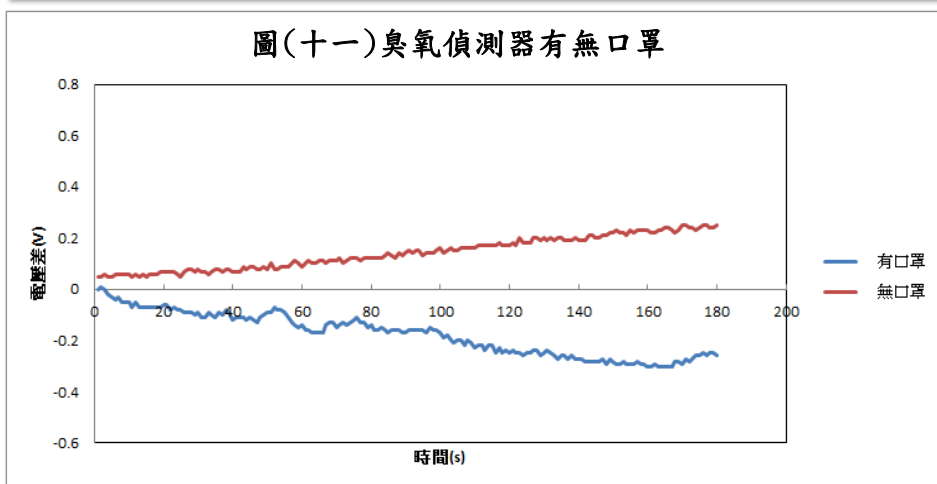
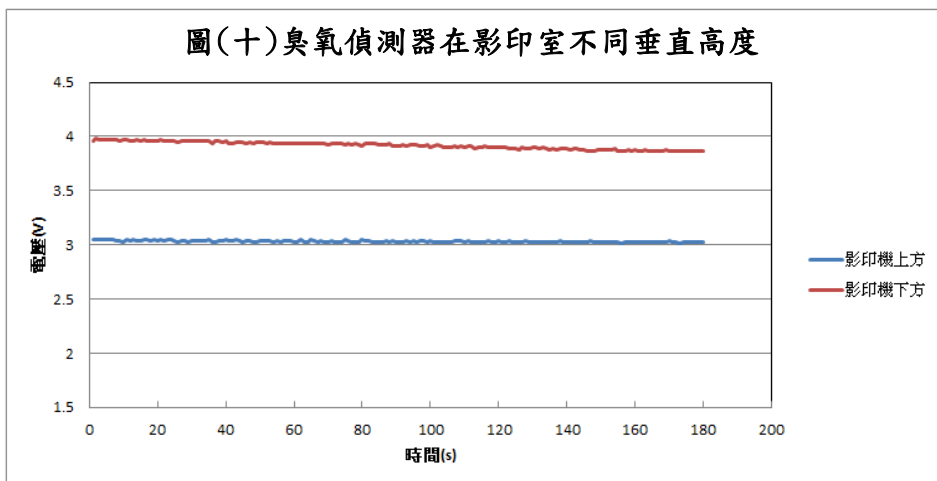
1. 所測得之電壓值隨時間變化，如圖(十)、圖(十一)所示。

(三)討論：

1. 我們將臭氧偵測器放置於影印機的出風口，改變其垂直高度，來觀察電壓變化。結果發現，放置於影印機上方的電壓無明顯變化，而放置於影印機下方的電壓有些微下降，以此證實了臭氧比空氣重，所以在影印室等密閉空間中，人體站立所在的高度較不容易吸到臭氧。
2. 在影印機的相同位置，有戴口罩與無戴口罩的差別，因為時段的不同，我們採用差值的方法來顯示，可以發現有戴口罩的能有效的阻止臭氧進入。
3. 經過實驗結果分析，我們可以得知溫度與空間大小皆會影響臭氧濃度，在日常生活中的許多空間，都存在著對人體有害的臭氧，學校的影印室空間狹窄，且擺放的影印機數量較多，大幅增加影印室阿姨吸入的臭氧量，在實驗後，我們也發現，戴上口罩可以有效預防，加上擺放位置的測試，臭氧因重量較重會沉於氧氣下方，影印機出風口下方的臭氧濃度相對於上方高，因此，若要減少影印室阿姨吸入的臭氧量，我們建議她們工作時能戴上口罩，並減少俯身於出風口下方的次數，在辛苦工作的同時，也不能忘記照顧健康。



圖(九) 不同垂直高度偵測影印室內濃度



實驗七、自製臭氧偵測器偵測大氣中的臭氧：

(一) 步驟：

1. 依照基本步驟，設定好自製臭氧偵測器後，直接放在操場。

2. 時間：109.09.10，11:50~12:10，時長 20 分。測得數據後分析。

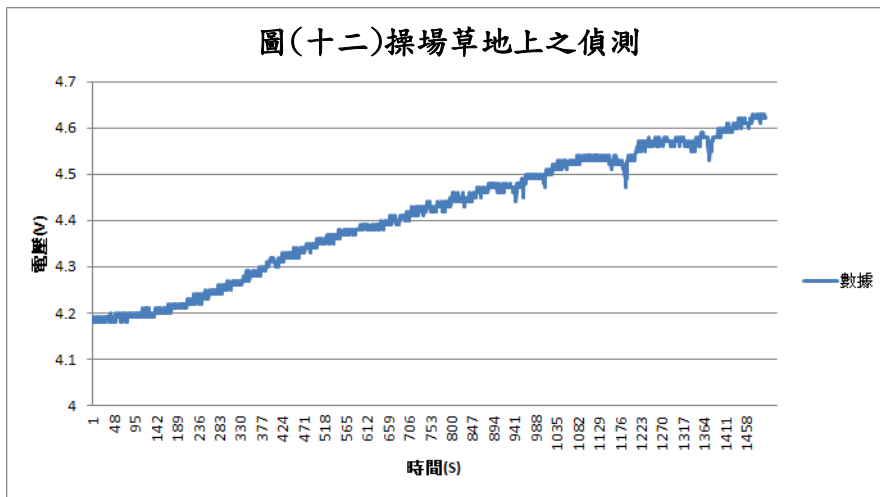
(二)結果：

1. 所測得之電壓值隨時間變化，如圖(十二)所示。

(三)討論：

1. 台南市政府的 Line 官網特別申明了在 9 月 7~10 日這幾天要注意臭氧的污染，因此我們在 9 月 10 日的中午，將偵測器直接置於學校操場上。原始數據為 4.21V，但後數據 4.61 V，結果發現，放置 20 分鐘後，數值不降反升。

2. 大太陽底下，紫外線較強，且溫度較高，依據之前的幾次實驗推測，臭氧濃度應該會增加，而電壓會下降，但是由圖(十二)可看出，電壓不斷的上升，表示臭氧濃度逐漸降低，與推測的結果不符，因此我們判定此結果異常，可能是戶外的影響因素過多，導致檢測器無法正常運作，可得知戶外(操場草地上)的環境不適合進行偵測。



伍、結論

1. 臭氧來源的位置會影響吸入的臭氧量，根據實驗「臭氧產生器不同位置偵測達相同濃度」的結果，達到相同數據，放置於檢測器正面的臭氧濃度只需 2

分鐘，反之，放置於檢測器背面所需時間為3分鐘，若將前者比擬為人體，距離臭氧產生源越近，吸入的臭氧量會越多。

2. 根據臭氧特性，臭氧會沉於氧氣下方，實驗「在影印機不同位置偵測」結果可發現，在充滿臭氧的影印室中，可分為「影印機上方」與「影印機下方」兩區域，前者臭氧濃度較低，臭氧量穩定，並無增加或減少的狀況，後者則較高，濃度逐漸增加。

3. 承2，依現實狀況亦可分為兩組做對照，第一種為日常影印時，人體高度與影印機上方相仿，第二種為放取影印紙、檢查機器時的人體高度，與影印機下方相仿，而第二種吸入的臭氧量相對較多，實驗結果，3分鐘內增加了約10 ppb。

4. 在「影印機相同位置有無口罩」的實驗結果可得知，同為180秒內，有口罩阻擋時，所能測到的最高濃度約為0~10 ppb，而無口罩阻擋時，所能測到的最高濃度為100~200 ppb(對人以有害之臭氧濃度為51~102 ppb)，依實驗結果判定，口罩能成功阻擋部分影印機產生出的臭氧。

5. 若要減少影印室阿姨吸入的臭氧量，可以保持冷氣的開放，使溫度降低，減少氧分子的分解，並且減少處於影印機下方區域(臭氧濃度較高區域)之次數，也可以縮短補充紙張與檢查機器的時間，最後，我們建議阿姨影印時能配戴口罩，據結果得知，口罩能阻擋部分臭氧，進一步維護影印室阿姨的健康。

陸、參考文獻

一、報告或論文：

1. 吳典霖、許家齊、胡邵翔、楊聖睿(2005)。臭味何處來？過氧化氫製氧實驗之研究與探討。中華民國第45屆中小學科學展覽會高中組化學科。
2. 施智堯(2009)。影印中心室內的空氣品質與省能減碳評估(碩士論文)。取自臺灣博碩士論文系統。(系統編號097KYIT001501)
3. 黃聖洧、古浩宇、林紹元、鍾昕倫(2018)。智慧型臭氧機。臺北市立大安高級工業職業學校電子科專題報告。

二、期刊雜誌：

4. 天下雜誌 <https://www.cw.com.tw/article/5079673>

三、網路資料：最後查詢日期：109年9月5日

5. 臭氧 維基百科 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%87%AD%E6%B0%A7>
6. 臭氧對健康的影響 <https://www2.blueair.com/tw/ozone-health-effects>
7. 室內空氣品質資訊網 https://iaq.epa.gov.tw/indoorair/page/News_7_6.aspx

柒、附件

1. 程式碼

```
// Date and time functions using a DS3231 RTC connected via I2C and Wire lib
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include "RTClib.h"
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
int analogPin = A0;
int val = 0;

// Set the LCD address to 0x27 for a 16 chars and 2 line display
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
String Ye, Mo, Da, Ho, Mi, Se, DATETIME;
String Line;//數列
RTC_DS3231 rtc;

const int chipSelect = 4;
char filename[] = "00000000.txt";

void setup () {
  #ifndef ESP8266
    while (!Serial); // for Uno/Micro/Zero
  #endif
  Serial.begin(115200);
  rtc.begin();
  rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
  // rtc.adjust(DateTime(2020, 7, 8,14, 26,30));

  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  getFilename(filename);
  delay(3000);
  SDStart();
  delay(2000);
}
```

```
void loop () {
  DateTime now = rtc.now();
  Ye = now.year();
  Mo = now.month();
  Da = now.day();
  Ho = now.hour();
  Mi = now.minute();
  Se = now.second();
  DATETIME = " ";
  DATETIME = Ye+"/"+Mo+"/"+Da+" "+Ho+": "+Mi+": "+Se;

  Serial.print(now.year(), DEC);
  Serial.print('/');
  Serial.print(now.month(), DEC);
  Serial.print('/');
  Serial.print(now.day(), DEC);
  Serial.print(" ");

  Serial.print(now.hour(), DEC);
  Serial.print(':');
  Serial.print(now.minute(), DEC);
  Serial.print(':');
  Serial.print(now.second(), DEC);
  Serial.print(" ");

  val = analogRead(analogPin);
  Serial.println(val*0.0048828125);

  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print(now.year(), DEC);
  lcd.print(now.month(), DEC);
  lcd.print('/');
  lcd.print(now.day(), DEC);
  lcd.print(" ");

  lcd.print(now.hour(), DEC);
  lcd.print(':');
  lcd.print(now.minute(), DEC);
  lcd.print(':');
  lcd.print(now.second(), DEC);

  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("V= ");
  lcd.print(val*0.0048828125);
  SDData();
  delay(1000);
}
```

函式庫

RTC時間模組

LCD顯示器

```

void SDStart(){
  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.println("Card failed, or not present");

    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Card failed, or not present");
    return;
  }
  Serial.println("card initialized.");
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("card initialized.....");
  File dataFile = SD.open(filename, FILE_WRITE);
  if (dataFile)
  {
    dataFile.println("DATE    TIME    Val");
    dataFile.close();
  }
}

```

SD卡儲存初始設定

```

void getFilename(char *filename) {
  DateTime now = rtc.now(); // int year = now.year(); int month = now.month(); int day = now.day();
  filename[0] = now.month()/10 + '0'; //To get 1st digit from year()
  filename[1] = now.month()%10 + '0'; //To get 2nd digit from year()
  filename[2] = now.day()/10 + '0'; //To get 3rd digit from year()
  filename[3] = now.day()%10 + '0'; //To get 4th digit from year()
  filename[4] = now.hour()/10 + '0'; //To get 1st digit from month()
  filename[5] = now.hour()%10 + '0'; //To get 2nd digit from month()
  filename[6] = now.minute()/10 + '0'; //To get 1st digit from day()
  filename[7] = now.minute()%10 + '0'; //To get 2nd digit from day()
  return;
}

void SDData(){
  File dataFile = SD.open(filename, FILE_WRITE);
  if (dataFile)
  {
    dataFile.println(DATETIME+" "+val*0.0048828125);
    dataFile.close();
  }
}

```

SD卡檔案名稱

2. MQ131

- (1) 工作電壓： 直流 5V、
- (2) 檢測範圍： 10ppb~1000ppb、
- (3) 電阻可阻擋 0.47V、
- (4) 其他機器所需電壓約 0.12V(推測)、
- (5) 接近 0V 就接近 1000ppb、
- (6) 扣掉機器和電阻的電壓，初始電壓約落在 4V 附近。

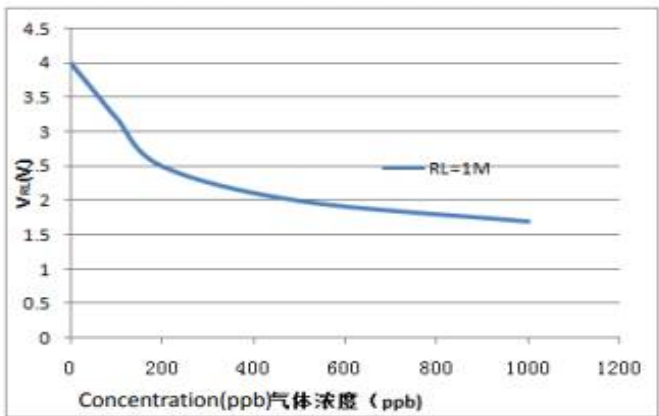


Fig5.Sensitivity Curve

參考網址：[https://www.winsen-sensor.com/d/files/PDF/Semiconductor%20Gas%20Sensor/mq131-\(low-concentration\)-ver1_3-manual.pdf](https://www.winsen-sensor.com/d/files/PDF/Semiconductor%20Gas%20Sensor/mq131-(low-concentration)-ver1_3-manual.pdf)