

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

探究精神獎

082911

冷氣位置對教室內溫度影響之探究

學校名稱：彰化縣溪湖鎮湖西國民小學

作者： 小五 劉哲詳 小五 林若品 小五 莊甯捷 小五 楊詠仔	指導老師： 劉靜芬
---	--------------

關鍵詞：冷氣位置， Arduino UNO ，二氧化碳含量

摘要

溫室效應導致夏季愈來愈炎熱，為提高學生學習成效，2020 年行政院頒布「班班有冷氣」政策，但也可能造成電力過度使用與缺電問題。為解決缺電問題，除了持續發展綠能發電科技外，如何節能或是提升冷氣設備效能，也是有效的方法。本研究以冷氣裝設位置、教室風扇風向、室內二氧化碳含量為實驗主軸，藉由 Arduino UNO 與溫度感測器記錄教室內溫度分布，搭配二氧化碳檢測儀偵測二氧化碳含量，以科學數據找出最佳的冷氣裝設位置，可使教室內溫度達到最均勻的分布。研究結果發現在相對位置裝設冷氣，風扇不要運轉，同時打開窗戶，可避免冷空氣的聚集，加強冷空氣在教室內的流通，有效提升冷氣的使用效能。

壹、 研究動機

因應「班班有冷氣」政策，學校在 2021 年暑假期間冷氣已裝置完畢，聽老師說在這期間，冷氣裝設廠商與校方在裝設冷氣位置的議題上有爭議，我們都覺得很奇怪，冷氣裝設位置在哪邊會有什麼爭議呢?經由老師說明，原來有冷房效果與美觀的疑慮。冷房能力是指一臺冷氣每小時從室內移走的熱量，跟冷氣的噸數和教室的坪數有關係，這部分廠商已計算好，所以每間教室都有適當噸數的二臺冷氣，我們將在室內感受到的冷度稱為冷房效果，想要測試何者可以最有效利用冷氣的效能。另外，一般在開啟冷氣時門窗總是緊閉，但是在疫情期間，有學者表示要將門窗打開才不容易造成病毒聚集，所以我們也將這部分納入實驗當中。

貳、 研究目的

針對研究問題，我們規劃三點實驗設計：

- 一、 冷氣裝設位置對冷房效果的影響
- 二、 風扇風向對冷房效果的影響
- 三、 開窗與否和室內二氧化碳含量的關係
- 四、 教室實地進行研究驗證

參、 研究設備及器材

一、 研究設備

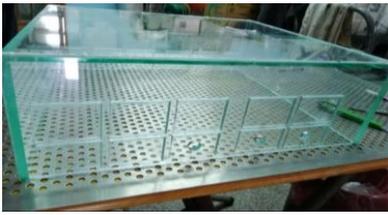
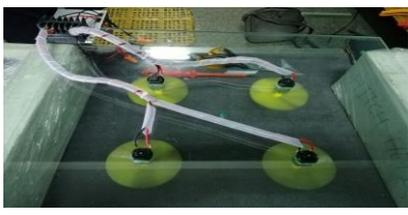
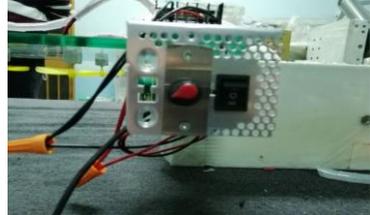
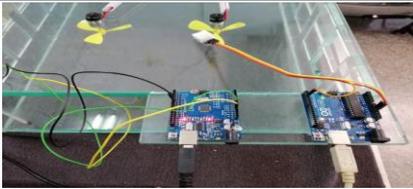
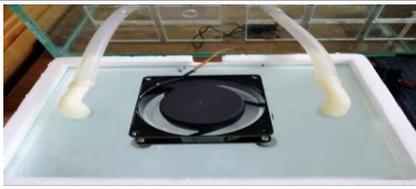
研究設備由搭配五組 Arduino UNO 與溫度感測器的教室模型，結合簡易冷凝器所組成，如圖一所示：



圖一：室內溫度暨二氧化碳含量檢測教室模型組

二、 研究器材

除教室模型外，器材還有風扇組、Arduino UNO 與溫度感測器、簡易冷凝器及相關溫度計器材等，如圖二所示：

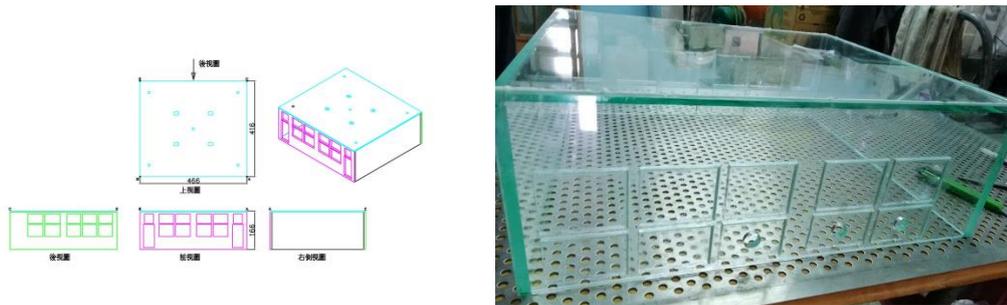
		
圖二(a)教室模型 (8 mm 壓克力)	圖二(b)風扇組	圖二(c)電源切換裝置
		
圖二(d)Arduino UNO 與溫度感測器	圖二(e)簡易冷凝器	圖二(f)二氧化碳檢測儀
		
圖二(g)電子溫度計	圖二(h)電子溫度計附外置感應頭	圖二(i)排風扇

圖二：研究器材明細

肆、 研究過程與方法

一、 教室模型製作

- (一) 測量教室以及門窗詳細位置和尺寸，以等比例縮小為 1:20 計算出教室模型的尺寸。
- (二) 使用厚度 8 mm 壓克力材質的板子製作教室模型，並進行雷射加工切出門窗位置。天花板設計成活動式，方便放置實驗儀器，如圖三所示。



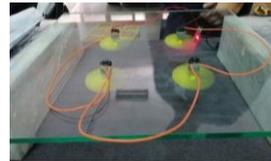
圖三：8 mm 壓克力材質的教室模型 3D 圖與實物

二、 教室內風扇組製作

利用風扇馬達實驗組模擬教室內風扇，將風扇設置在教室相對位置上，為方便進行風扇風向改變實驗，特別安裝電源切換裝置，並且將天花板上的電線進行一番整理，以保障實驗時的安全，如圖四與圖五所示。



圖四：風扇連接電源切換器

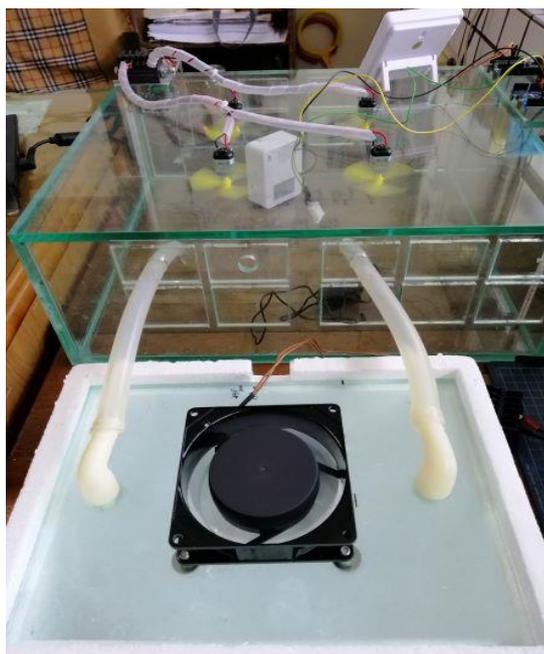


圖五：尚未整理的風扇組

三、 冷凝器製作

因為冷氣設備是本實驗的重點項目，如何在教室模型裡裝設冷氣設備，是一項難題，所以我們上網搜尋資料後製作一組簡易冷凝器，是在壓克力板上安裝排風扇將空氣向內排入保麗龍盒，保麗龍盒內則放滿冰塊，以製造冷空氣，並在壓克力板兩邊裝置兩條軟管，成為冷空氣進入教室模型的路徑，因為是軟管的關係，所以可以依冷氣（冷凝器）裝設位置是相對位置（如圖六所示）或是對稱位置而放進該位置的窗洞裡，並在軟管中放置電子溫度計附外置感應頭如圖

七所示，以追蹤並記錄冷氣（冷凝器）出風口的溫度，如圖八所示：



圖六：冷凝器裝設在相對位置



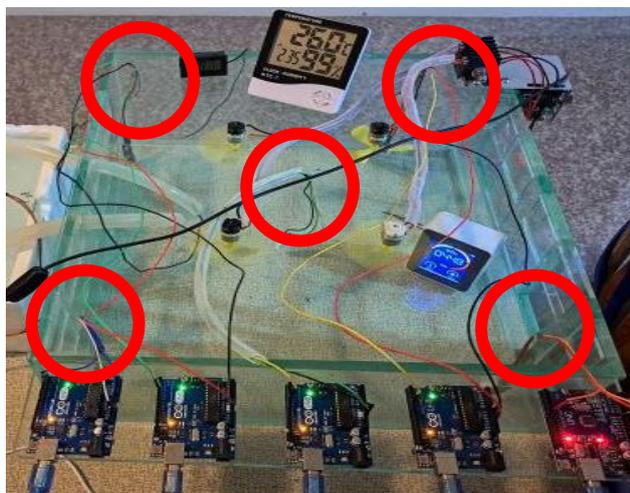
圖七：冷凝器出風口



圖八：冷凝器溫度測試

四、溫度測量儀器的設定

- (一) 教室內溫度的記錄關係到實驗過程與結果分析，所以務必準確，經教師引導我們在教室模型裡放置 Arduino UNO 並組裝上溫度感測器，在 Arduino UNO 模組下載的電腦程式會將資料回傳至筆記型電腦，方便資料蒐集。
- (二) 在教室模型裡我們放置五組 Arduino UNO 與溫度感測器（如圖九所示），一組在最先感受到冷房效果的區域（即風扇下方），另四組則放在教室四個角落，以觀察在教室模型裡不同位置的溫度差異，分析教室內冷空氣的分布情況。



圖九：五組不同位置的 Arduino UNO 與溫度感測器

五、 實驗步驟

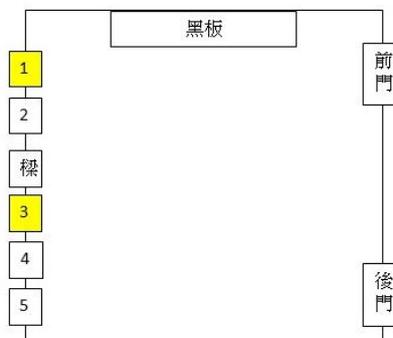


圖十：實驗步驟流程圖

(一) 實驗一：冷氣裝設位置對冷房效果的影響

1. 冷氣（冷凝器）裝設位置－相對位置

- (1) 教室左側共有五組窗戶，依據冷氣裝設在第一個窗戶與第三個窗戶，此種裝設位置設定為相對位置（以下說明以位置 A 替代），如圖十一所示：

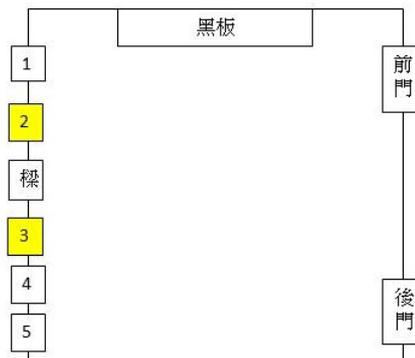


圖十一：冷氣位置為相對位置（位置 A）示意圖

- (2) 設定為冷氣（冷凝器）出風口的窗戶位置 1 與位置 3，將壓克力窗挖個圓型的洞放置冷凝器軟管。
- (3) 此時操縱變因是冷氣（冷凝器）出風口位置，所以風扇風向、窗戶開關均為控制變因，分別進行三次溫度測量與記錄。以上課時間 40 分鐘為單位，每 10 分鐘進行溫度記錄，共進行三堂課時間單位，將 Arduino UNO 溫度感測器測量的平均降溫溫度數據，使用 EXCEL 記錄並製作成長條圖。

2. 冷氣（冷凝器）裝設位置－對稱位置

- (1) 教室左側共有五組窗戶，依據冷氣裝設在第二個窗戶與第三個窗戶，中間以樑柱為對稱軸隔開，此種裝設位置設定為對稱位置（以下說明以位置 B 替代），如圖十二所示：



圖十二：冷氣位置為對稱位置（位置 B）示意圖

- (2) 設定為冷氣（冷凝器）出風口的窗戶位置 2 與位置 3，將壓克力窗挖個圓型的洞放置冷凝器軟管。
- (3) 操縱變因是冷氣（冷凝器）出風口位置，所以風扇風向、窗戶開關均為控制變因，分別進行三次不同變因的溫度測量與記錄。以上課時間 40 分鐘為單位，每 10 分鐘進行溫度記錄，共進行三堂課時間單位，將 Arduino UNO 溫度感測器測量的平均降溫溫度數據，使用 EXCEL 記錄並製作成長條圖。

3. 依實驗結果選出冷氣（冷凝器）最佳裝設位置繼續進行變因實驗。

(二) 實驗二：風扇風向運轉對冷房效果的影響

1．風扇風向向下運轉

- (1) 一般教室的風扇風向設定為向下運轉，教室模型的風扇組正下方位置為研究假設冷空氣較聚集處，在此處安裝連接 Arduino UNO 的溫度感測器。
- (2) 操縱變因是風扇風向，所以冷氣（冷凝器）裝設位置、窗戶開關均為控制變因，分別進行三次不同變因的溫度測量與記錄。以上課時間 40 分鐘為單位，每 10 分鐘進行溫度記錄，共進行三堂課時間單位，將 Arduino UNO 溫度感測器測量的平均降溫溫度數據，使用 EXCEL 記錄並製作成長條圖。

2．風扇風向向上運轉

- (1) 依據教師之前實驗結果，風扇風向向上運轉有助降低室內溫度(彰化縣第 60 屆中小學科學展覽之勿失涼機—室內降溫大作戰)，所以在教室模型的風扇組設定為風向向上運轉，教室模型的風扇組正下方位置為研究假設冷空氣較聚集處，在此處安裝連接 Arduino UNO 的溫度感測器，以觀察分析數據。
- (2) 操縱變因是風扇風向，所以冷氣（冷凝器）裝設位置、窗戶開關均為控制變因，分別進行三次不同變因的溫度測量與記錄。以上課時間 40 分鐘為單位，每 10 分鐘進行溫度記錄，共進行三堂課時間單位，將 Arduino UNO 溫度感測器測量的平均降溫溫度數據，使用 EXCEL 記錄並製作成長條圖。

3．依據實驗結果得出能提升冷房效果之風扇風向後再繼續進行變因實驗。

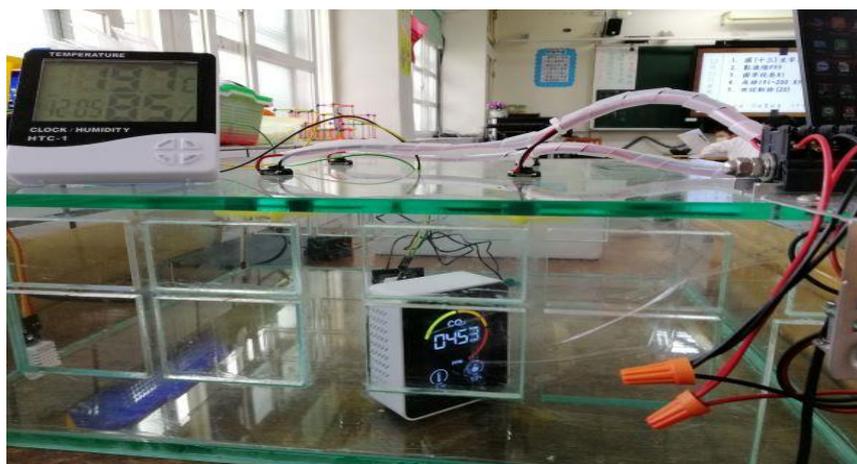
(三) 實驗三：開窗與否和室內二氧化碳含量的關係

1．教室所有門窗都關閉

- (1) 一般在開啟冷氣時，都會將門窗緊閉，所以此實驗步驟為將教室

模型所有的門窗都固定關閉做為對照組。

- (2) 此時操縱變因是門窗關閉與否，所以冷氣（冷凝器）裝設位置、風扇風向均為控制變因，分別進行三次不同變因溫度測量與記錄。以上課時間 40 分鐘為單位，每 10 分鐘進行記錄，共進行三堂課時間單位，記錄教室模型內的二氧化碳含量，如圖十三所示，使用 EXCEL 記錄並製作成長條圖。



圖十三：實驗時運作的二氧化碳檢測儀

2. 教室右後方開窗

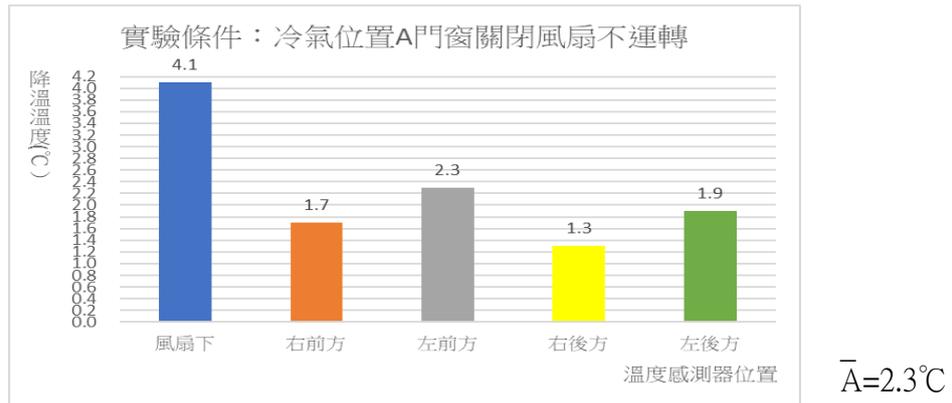
- (1) 目前疫情仍舊嚴峻，蔡黛華、方常均（民 110）指出開啟冷氣時，應將窗戶開一小縫，有助空氣流通，將有害氣體排出。經過組員與教師討論後，決定將教室模型右方後側窗戶開一縫作為實驗組。
- (2) 此時操縱變因是門窗關閉與否，所以冷氣（冷凝器）裝設位置、風扇風向均為控制變因，分別進行三次不同變因的溫度測量與記錄。以上課時間 40 分鐘為單位，每 10 分鐘進行記錄，共進行三堂課時間單位，記錄教室模型內的二氧化碳含量，使用 EXCEL 記錄並製作成長條圖。

伍、 研究結果

一、 冷氣裝設位置對冷房效果的影響

(一) 冷氣（冷凝器）裝設位置—位置 A

冷氣（冷凝器）在位置 A、風扇不運轉、門窗關閉時， Arduino UNO 溫度感測器測量的降溫溫度如圖十四所示：

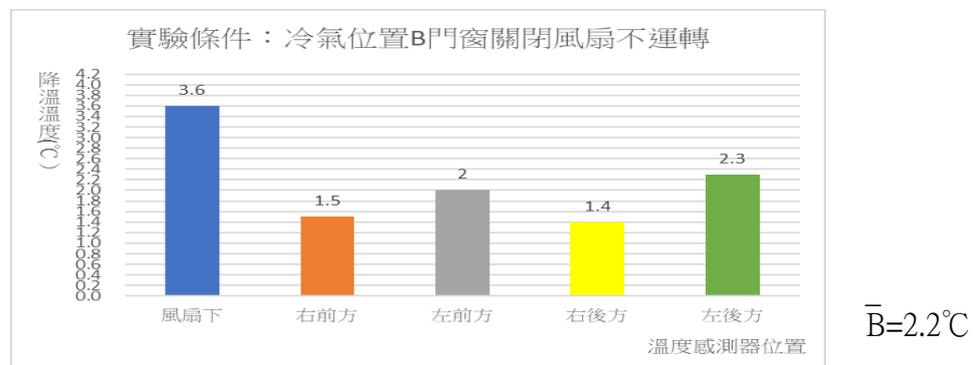


圖十四：冷氣（冷凝器）於位置 A 門窗關閉降溫溫度長條圖

從實驗中發現當冷氣（冷凝器）在位置 A，而且風扇不運轉門窗為關閉時， Arduino UNO 溫度感測器測量的降溫溫度平均數據為 2.3°C ，其中以教室模型風扇下方降溫最多，右後方降溫最少。

(二) 冷氣（冷凝器）裝設位置—位置 B

當冷氣（冷凝器）在位置 B、風扇不運轉、門窗關閉時， Arduino UNO 溫度感測器測量的降溫溫度如圖十五所示：



圖十五：冷氣（冷凝器）於位置 B 門窗關閉降溫溫度長條圖

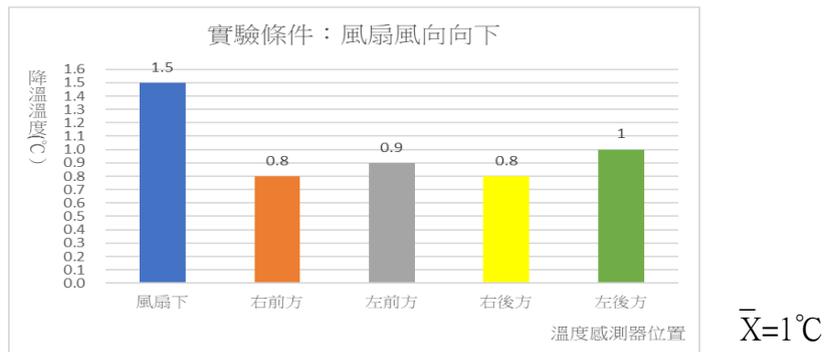
從實驗中發現當冷氣（冷凝器）在位置 B，而且風扇不運轉門窗為關閉時， Arduino UNO 溫度感測器測量的降溫溫度平均數據為 2.2°C ，其中以

教室模型風扇下方降溫最多，右後方降溫較少。依據實驗結果發現 $\bar{A}=2.3$
 $^{\circ}\text{C} > \bar{B}=2.2^{\circ}\text{C}$ ，即當冷氣（冷凝器）在位置 A 時的降溫溫度優於位置 B。

二、 風扇風向運轉對冷房效果的影響

（一） 風扇風向向下運轉

風扇風向向下運轉、冷氣（冷凝器）於位置 A、門窗關閉時， Arduino
UNO 溫度感測器測量的降溫溫度結果如圖十六所示：

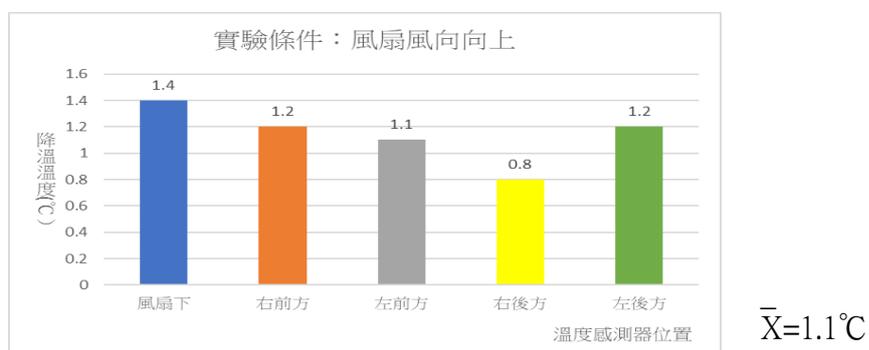


圖十六：風扇風向向下運轉、冷氣（冷凝器）於位置 A 門窗關閉降溫溫度長條圖

從實驗中發現當風扇風向向下運轉時，冷氣（冷凝器）於位置 A， Arduino UNO
溫度感測器測量的降溫溫度平均數據為 1°C ，以教室模型風扇下方降溫最多，其餘
位置差別不大。

（二） 風扇風向向上運轉

風扇風向向上運轉、冷氣（冷凝器）於位置 A、門窗關閉時， Arduino
UNO 溫度感測器測量的降溫溫度結果如圖十七所示：



圖十七：風扇風向向上運轉、冷氣（冷凝器）於位置 A 門窗關閉降溫溫度長條圖

實驗中發現當風扇風向向上運轉時，冷氣（冷凝器）於位置 A， Arduino UNO
溫度感測器測量的溫度差平均數據為 1.1°C ，溫度分布平均，以教室模型風扇下

方降溫最多，右後方較少。依據實驗結果發現風扇不運轉 $\bar{X}=2.3^{\circ}\text{C}$ > 風扇風向向上 $\bar{X}=1.1^{\circ}\text{C}$ > 風扇風向向下 $\bar{X}=1^{\circ}\text{C}$ ，即當風扇不運轉時降溫效果較佳。

三、開窗與否和室內二氧化碳含量的關係

(一) 教室所有門窗都關閉

1. 風扇不運轉時：

冷氣（冷凝器）於位置 A、位置 B，門窗關閉並且風扇不運轉時，將教室模型內二氧化碳含量記錄下來，操作結果如圖十八所示：

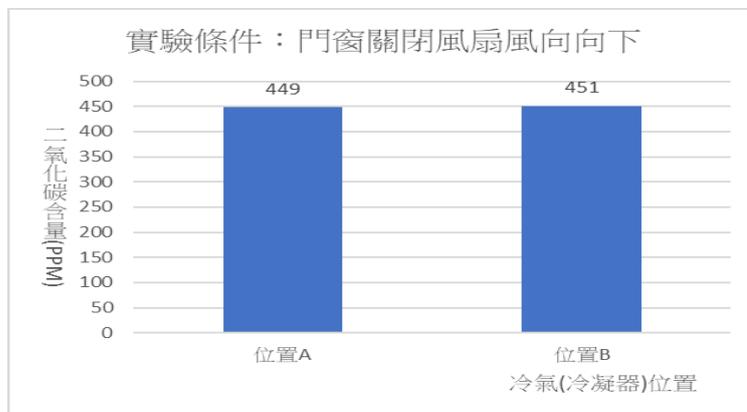


圖十八：門窗關閉風扇不運轉時冷氣(冷凝器)不同位置二氧化碳含量長條圖

當冷氣（冷凝器）於位置 A 且風扇不運轉時，教室模型內的二氧化碳含量平均數據約為 451ppm；冷氣（冷凝器）於位置 B 且風扇不運轉時，教室模型內的二氧化碳含量平均數據約為 449ppm。

2. 風扇風向向下運轉時：

冷氣（冷凝器）於位置 A、位置 B，門窗關閉並且風扇風向向下運轉時，將教室模型內二氧化碳含量記錄下來，操作結果如圖十九所示：

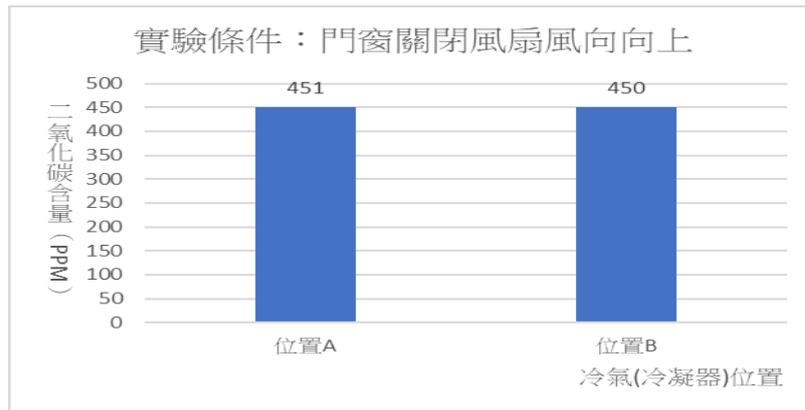


圖十九：門窗關閉風扇風向向下時冷氣(冷凝器)不同位置二氧化碳含量長條圖

當冷氣（冷凝器）於位置 A 且風扇風向向下運轉時，教室模型內的二氧化碳含量平均數據約為 449ppm；冷氣（冷凝器）在位置 B 且風扇風向向下運轉時，教室模型內的二氧化碳含量平均數據約為 451ppm。

3. 風扇風向向上運轉時：

冷氣（冷凝器）於位置 A、位置 B，門窗關閉並且風扇風向向上運轉時，將教室模型內二氧化碳含量記錄下來，操作結果如圖二十所示：



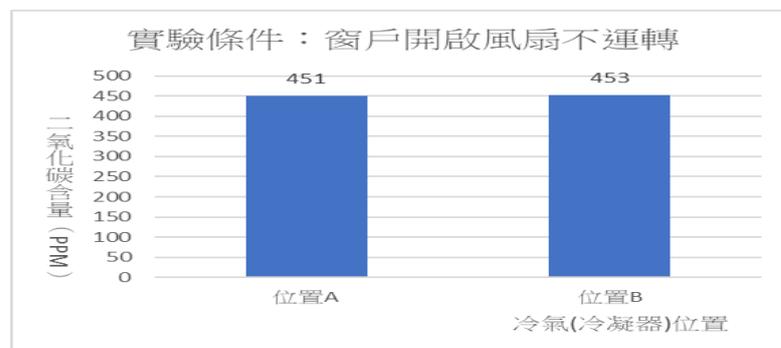
圖二十：門窗關閉風扇風向向上時冷氣(冷凝器)不同位置二氧化碳含量長條圖

當冷氣（冷凝器）於位置 A 且風扇風向向上運轉時，教室模型內的二氧化碳含量平均數據約為 451ppm；冷氣（冷凝器）於位置 B 且風扇風向向上運轉時，教室模型內的二氧化碳含量平均數據約為 450ppm。

（二） 教室右後方開窗

1. 風扇不運轉時：

冷氣（冷凝器）於位置 A、位置 B，窗戶開啟並且風扇不運轉時，將教室模型內二氧化碳含量記錄下來，操作結果如圖二十一所示：

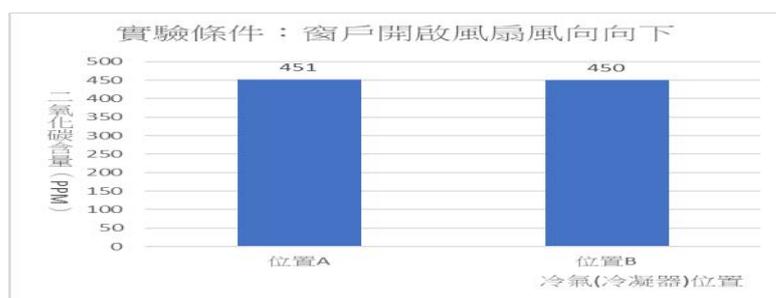


圖二十一：窗戶開啟風扇不運轉時冷氣(冷凝器)不同位置二氧化碳含量長條圖

當冷氣（冷凝器）在位置 A 且風扇不運轉時，教室模型內的二氧化碳含量平均數據約為 451ppm；冷氣（冷凝器）於位置 B 且風扇不運轉時，教室模型內的二氧化碳含量平均數據約為 453ppm。

2. 風扇風向向下運轉時：

冷氣（冷凝器）於位置 A、位置 B，窗戶開啟並且風扇風向向下運轉時，將教室模型內二氧化碳含量記錄下來，操作結果如圖二十二所示：

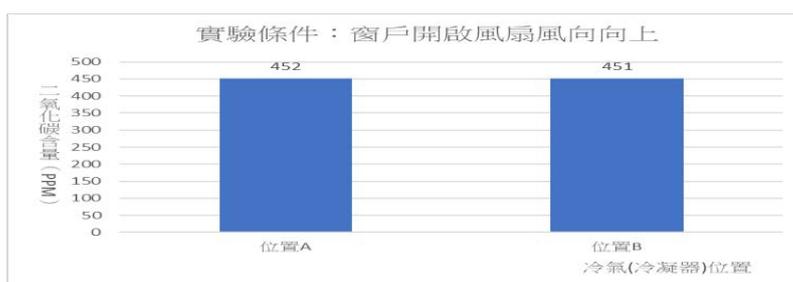


圖二十二：窗戶開啟風扇風向向下時冷氣(冷凝器)不同位置二氧化碳含量長條圖

當冷氣（冷凝器）在位置 A 且風扇風向向下運轉時，教室模型內的二氧化碳含量平均數據約為 451ppm；冷氣（冷凝器）於位置 B 且風扇風向向下運轉時，教室模型內的二氧化碳含量平均數據約為 450ppm。

3. 風扇風向向上運轉時：

冷氣（冷凝器）於位置 A、位置 B，窗戶開啟並且風扇風向向上運轉時，將教室模型內二氧化碳含量記錄下來，操作結果如圖二十三所示：



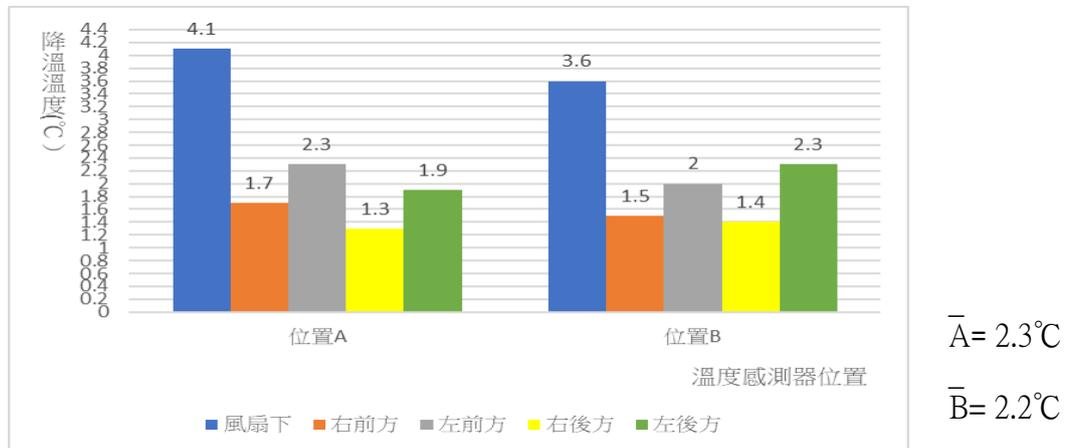
圖二十三：窗戶開啟風扇風向向上時冷氣(冷凝器)不同位置二氧化碳含量長條圖

當冷氣（冷凝器）在位置 A 且風扇風向向上運轉時，教室模型內的二氧化碳含量平均數據約為 452ppm；冷氣（冷凝器）在位置 B 且風扇風向向上運轉時，教室模型內的二氧化碳含量平均數據約為 451ppm。

陸、 討論

一、 冷氣裝設位置對冷房效果的影響

冷氣（冷凝器）於位置 A、B 且風扇不運轉門窗關閉時， Arduino UNO 溫度感測器測量的降溫溫度如圖二十四所示：



圖二十四：冷氣（冷凝器）於位置 A、B 且風扇不運轉門窗關閉降溫溫度長條圖

依據研究動機將冷氣(冷凝器)裝設位置分為位置 A 與位置 B。經實驗結果發現，冷氣（冷凝器）於位置 A 時，其降溫效果較佳；而不論在位置 A 或位置 B，教室內五處溫度感測器位置所測量出來的降溫分布一致，均為教室模型的風扇下與教室右側溫度較低，教室左側溫度則較高。

這是因為冷空氣下降熱空氣上升的原理，冷氣（冷凝器）的冷空氣出來後經由自然對流先往天花板流動，由於沒有外力強制對流所以聚集在天花板較長時間才緩慢的向下移動。此時冷氣（冷凝器）於位置 B 由於兩臺冷氣距離較近，其冷空氣量較多往教室下方流動，將熱空氣往上推，故測得的室內溫度較高。經由風洞實驗所觀察到的氣流流動方向見圖二十五所示：

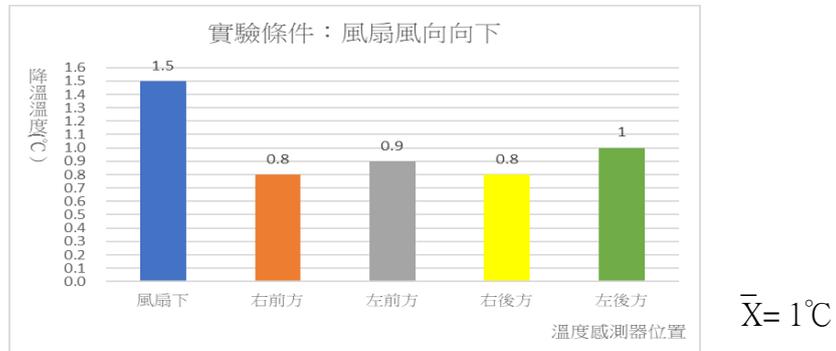


圖二十五：風扇不運轉時氣流流動示意圖

二、風扇風向對冷房效果的影響

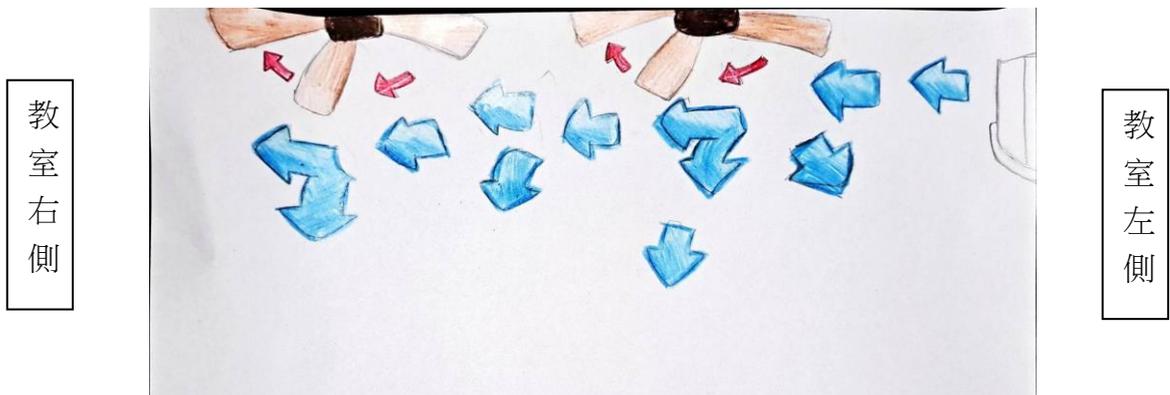
(一) 風扇風向向下運轉時討論：

風扇風向向下運轉、冷氣(冷凝器)於位置 A 且門窗關閉時，Arduino UNO 溫度感測器測量的降溫溫度如圖二十六所示：



圖二十六：風扇風向向下運轉、冷氣(冷凝器)於位置 A 且門窗關閉降溫溫度長條圖

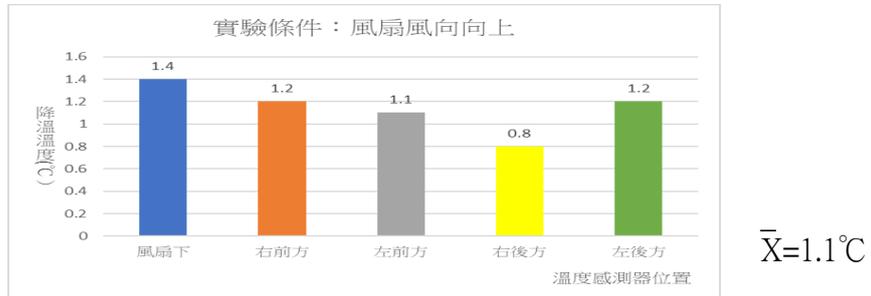
從實驗中發現當風扇風向向下運轉且門窗關閉時，教室模型風扇下位置降溫較佳，其餘四處溫度均勻分布，推測這是因為當冷空氣從冷氣(冷凝器)出風口出來時，被風扇擾動影響，加速冷熱空氣的對流將冷空氣往下送熱空氣上升，所以比風扇不運轉時，此時上方熱空氣較多，溫度感測器測得的溫度較高，顯得降溫效果較差。此時室內氣流流動如圖二十七所示：



圖二十七：風扇風向向下運轉時氣流流動示意圖

(二) 風扇風向向上運轉時討論：

風扇風向向上運轉、冷氣(冷凝器)於位置 A 且門窗關閉時，Arduino UNO 溫度感測器測量的降溫溫度結果如圖二十八所示：



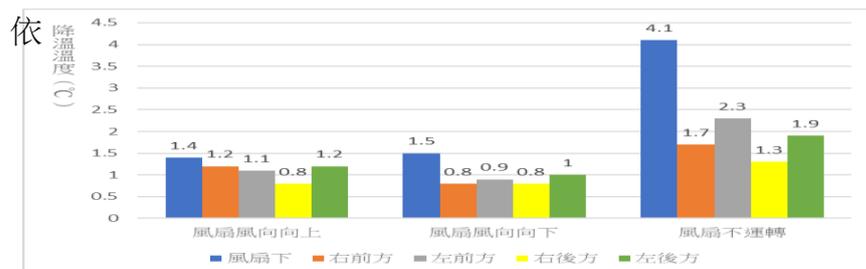
圖二十八：風扇風向向上運轉、冷氣（冷凝器）於位置 A 且門窗關閉降溫溫度長條圖

從實驗中發現當風扇風向向上運轉時，教室模型中除右後方外，其餘各處測得的降溫效果一致，除風扇下方降溫較佳；經由氣流流動發現，當冷空氣集中從冷氣（冷凝器）出風口出來時，被風扇擾動往上送，氣流盤旋在天花板後會比較快速往四周流動，四周溫度很快地下降而趨於一致，氣流流動示意圖如圖二十九所示：



圖二十九：風扇風向向上運轉時氣流流動示意圖

依實驗結果發現，風扇不運轉的冷房效果 $\bar{X}=2.3^{\circ}\text{C} >$ 風扇風向向上 $\bar{X}=1.1^{\circ}\text{C} >$ 風扇風向向下 $\bar{X}=1.0^{\circ}\text{C}$ ，如圖三十所示：



圖三十：風扇風向對冷房效果影響比較圖

三、開窗與否和室內二氧化碳含量的關係

在大自然環境裡，空氣中二氧化碳的正常含量是 0.04% (400 PPM)，在大城市裡有時候達到 500 PPM。室內沒有人的情況下，二氧化碳濃度一般在 500 到 700 PPM 左右。當二氧化碳的濃度達到 1%(1000 PPM)時，人們會感到沉悶，注意力開始不集中，最容易受二氧化碳的危害是小孩：由於二氧化碳比空氣重 1.5 倍，CO₂ 濃度越靠近地面便會越高 (kknews, 2019)。除疫情影響擔心門窗緊閉導致二氧化碳濃度升高，會影響學生學習注意力進而探討此變因。

(一) 教室所有門窗關閉討論

此實驗條件為教室所有門窗都關閉，教室模型內二氧化碳含量如表一所示：

表一：門窗關閉時冷氣(冷凝器)不同位置與風扇不同變因的二氧化碳含量表

二氧化碳含量(ppm)	冷氣（冷凝器）於位置 A	冷氣（冷凝器）於位置 B
風扇不運轉	451	449
風向向下運轉	449	451
風向向上運轉	451	450

由實驗發現當教室所有門窗都關閉，不管冷氣（冷凝器）於位置 A 或是位置 B 或是風扇是否運轉，其二氧化碳含量都很穩定，因為此時教室接近密閉空間，空氣只能在教室內自然對流，同時沒有風扇運轉來擾動氣流，所以二氧化碳含量相對穩定。

(二) 教室右後方開窗討論

此實驗條件是將教室右後方窗戶開一縫時，將教室模型內二氧化碳含量記錄下來。經實驗結果整理成如表二所示：

表二：開窗時冷氣(冷凝器)不同位置與風扇不同變因的二氧化碳含量表

二氧化碳含量(ppm)	冷氣（冷凝器）於位置 A	冷氣（冷凝器）於位置 B
風扇不運轉	451	453
風向向下運轉	451	450
風向向上運轉	452	451

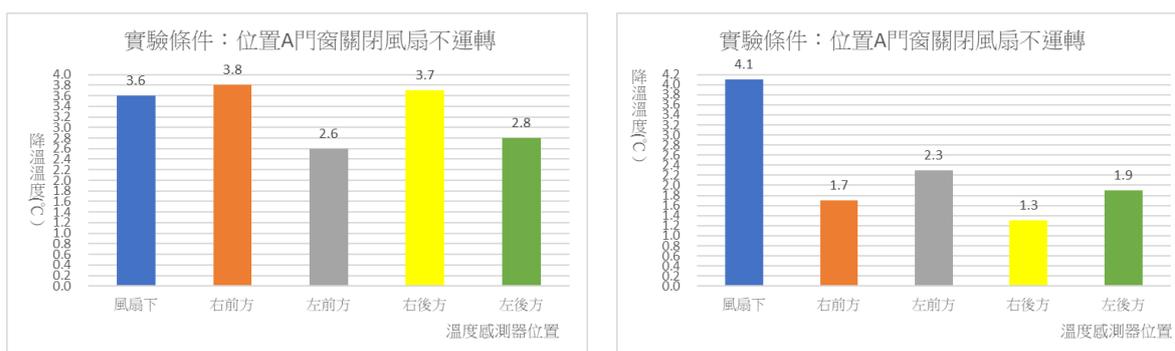
由實驗發現當教室右後方開窗時，不管冷氣（冷凝器）於位置 A 或是位置 B 或是風扇是否運轉，其二氧化碳含量波動也很穩定，只是數值高一些些，因為此時教室屬於微開放空間，窗外的空氣會跟室內的空氣產生強制對流，所以二氧化碳含量的波動會高一些些。

四、 實際教室進行研究驗證

由於在實驗後期，教室內冷氣已裝設並驗收完畢，便於教室內實地進行實驗，以科學數據來求證研究結果，教室的冷氣是以位置 A 裝設，故在實際教室實驗時，僅能以位置 A 來進行。

（一） 冷氣（冷凝器）於位置 A、門窗關閉且風扇不運轉

Arduino UNO 溫度感測器於實際教室和教室模型所測量的降溫溫度結果如圖三十一所示：

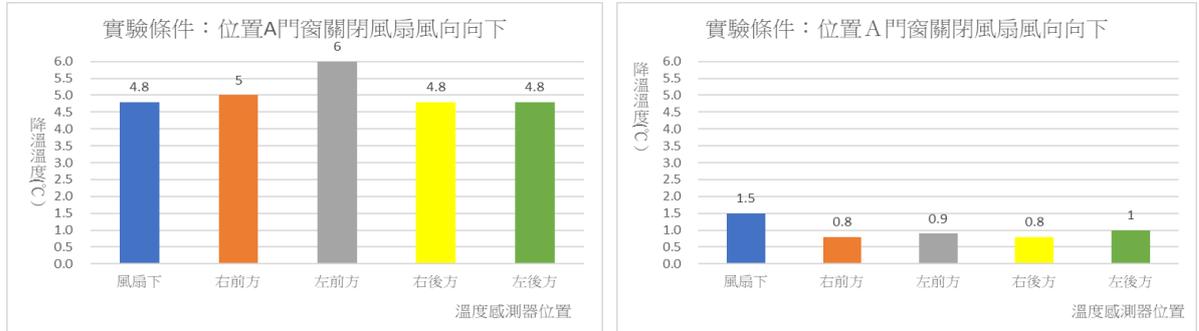


圖三十一(a)教室位置 A 門窗關閉風扇不運轉 $\bar{X}=3.3^{\circ}\text{C}$ 圖三十一(b)模型位置 A 門窗關閉風扇不運轉 $\bar{X}=2.3^{\circ}\text{C}$

由實驗結果發現，門窗關閉風扇不運轉時，教室內降溫幅度比模型實驗大，又以教室右側降溫效果比左側佳。經由室內氣流流動示意圖可以發現，冷空氣從冷氣出來後會直直往前進，大約至中間後會緩慢下降，此時熱空氣上升產生對流，所以教室左側冷空氣較少，測量到的降溫效果較低。而教室模型因比例關係，顯得風扇下方的溫度感測器與冷凝器較接近測得的溫度較低，又冷凝器產生的冷空氣並無外力加壓排入教室模型，所以冷空氣一出軟管便開始流動，顯得教室模型左側的溫度較低，推測這是兩者差異的原因。

(二) 冷氣（冷凝器）於位置 A、門窗關閉且風扇風向向下運轉

Arduino UNO 溫度感測器於實際教室和教室模型所測量的降溫溫度結果如圖三十二所示：

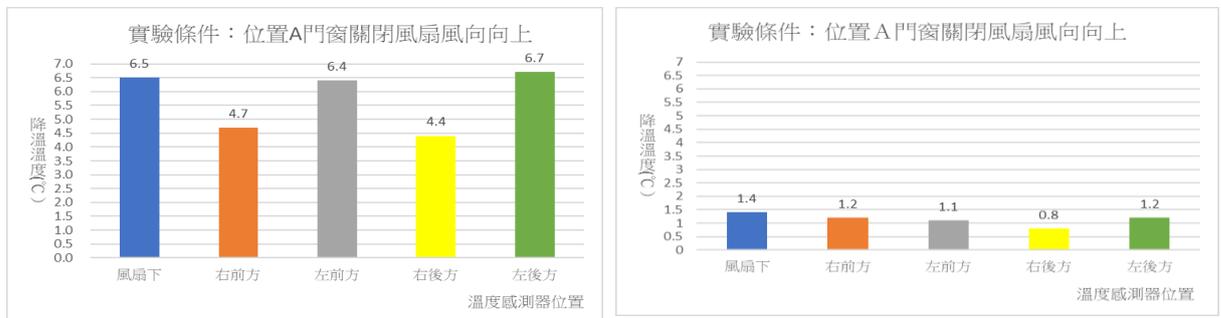


圖三十二 a)教室位置 A 門窗關閉風扇風向向下 $\bar{X}=5.1^{\circ}\text{C}$ 圖三十二(b)模型位置 A 門窗關閉風扇風向向下 $\bar{X}=1^{\circ}\text{C}$

由實驗結果發現，門窗關閉風扇風向向下運轉時，教室內降溫幅度比模型實驗大且教室四周的降溫效果穩定，只有左前方比較明顯。經由氣流流動示意圖可以發現冷空氣從冷氣出來後受到風扇的擾動，在天花板處停留後便往四處對流，推測教室左前方的溫度感測器擺放位置較接近冷空氣出風口，所以測得的溫度較低。而教室模型則是因為冷空氣出來來經由風扇擾動，直接往下進行對流，此時熱空氣上升，所以溫度感測器測得的溫度較高，降溫效果不明顯。

(三) 冷氣（冷凝器）於位置 A、門窗關閉且風扇風向向上運轉

Arduino UNO 溫度感測器於實際教室和教室模型所測量的降溫溫度結果如圖三十三所示：



圖三十三(a)教室位置 A 門窗關閉風扇風向向上 $\bar{X}=5.7^{\circ}\text{C}$ 圖三十三(b)模型位置 A 門窗關閉風扇風向向上 $\bar{X}=1.1^{\circ}\text{C}$

由實驗結果發現，門窗關閉風扇風向向上運轉時，教室內降溫幅度比模

型實驗大快 5 倍，而且是風扇運轉變因中降溫效果最佳的方式，此時降溫效果最好的位置在風扇下及教室左側，教室右側的降溫效果較小，經由氣流流動示意圖推測，冷空氣從冷氣出來後便被風扇的擾動將冷空氣往下推動，再往右側流動，此時往右側上方移動的以熱空氣居多，所以教室右側所測得的溫度較高；而在教室模型中此變因得到的降溫效果趨於一致，是因為從冷凝器出來的冷空氣速度較慢，遇到風扇擾動往上送，因模型比例氣流盤旋在天花板一些時間後才往四周及下方流動，如此測得的溫度較為一致。

(四) 冷氣於位置 A、窗戶開啟且風扇不運轉時二氧化碳含量

此實驗條件為在教室進行冷氣於位置 A、風扇不運轉，門窗是否開啟時二氧化碳含量測量，實驗結果如表三所示：

表三：教室實驗中風扇不運轉時門窗關閉與門窗開啟二氧化碳平均含量表

二氧化碳含量(ppm)	門窗關閉	門窗開啟
風扇不運轉	451	448

由於教室模型實驗中以冷氣位置 A 風扇不運轉及門窗關閉的條件冷房效果最好，在實際教室實驗時便以此條件為比較對照組。經由實驗發現，當教室窗戶開啟時，教室內二氧化碳含量平均值為 448PPM，比門窗關閉的 451PPM 低，且波動較大，推測是因為當教室裡的門窗關閉時，空氣只能在教室內流動無法進行空氣轉換，空氣品質會逐漸變差，而在門窗開啟時，空氣氣流產生強制對流將室外空氣引入，此時室內的空氣品質會較佳。雖然在教室模型實驗中門窗關閉與門窗開啟的二氧化碳含量差異不大，與教室實驗結果不同，但經由實際教室實驗可知在教室開啟冷氣時，將門窗開一縫將有助提升室內空氣品質，降低二氧化碳對學生學習專注力的影響。

柒、 結論

一、 經由教室模型實驗結果發現：

- (一) 當風扇不運轉時，冷氣（冷凝器）於相對位置的降溫溫度平均數據 2.3℃ 比冷氣（冷凝器）於對稱位置的降溫溫度平均數據 2.2℃ 較高，表示冷房效果較佳；
- (二) 風扇風向變因中以風扇不運轉時降溫溫度平均數據 2.3℃ 最好，風扇風向向上 1.1℃ 次佳，最後才是風扇風向向下 1℃；
- (三) 在二氧化碳含量部分，門窗開關與否的差異極小，但開窗的確會加速氣流流動，使教室內的空氣得以轉換，不致於累積教室內的二氧化碳，導致影響學生學習注意力。

二、 經由實際教室實驗結果發現：

教室實驗中降溫溫度平均數據最高為門窗關閉且**風扇風向向上運轉**的 5.7℃，而教室模型得出最佳冷房效果的門窗關閉**風扇不運轉**變因，在教室實驗中得到的降溫溫度平均數據為 3.3℃，故實際教室實驗推翻教室模型實驗結果。依結果建議在教室開啟冷氣時風扇風向應該向上，此時冷房效果較好，能有效提升冷氣效能，達到節電的效果。

三、 雖然本次教室模型實驗與實際教室實驗結果不同，但仍可以科學數據找出最佳的冷氣裝設位置為相對位置，此時再搭配風扇的運轉，能使教室內溫度達到最均勻的分布，有效提升冷氣的使用效能。

四、 未來期許能在實驗項目中納入不同角度的風向、教室內溼度、人為碳排放、冷氣濾網等變因，將研究擴充至開啟冷氣時教室環境裡的空氣品質影響探究。

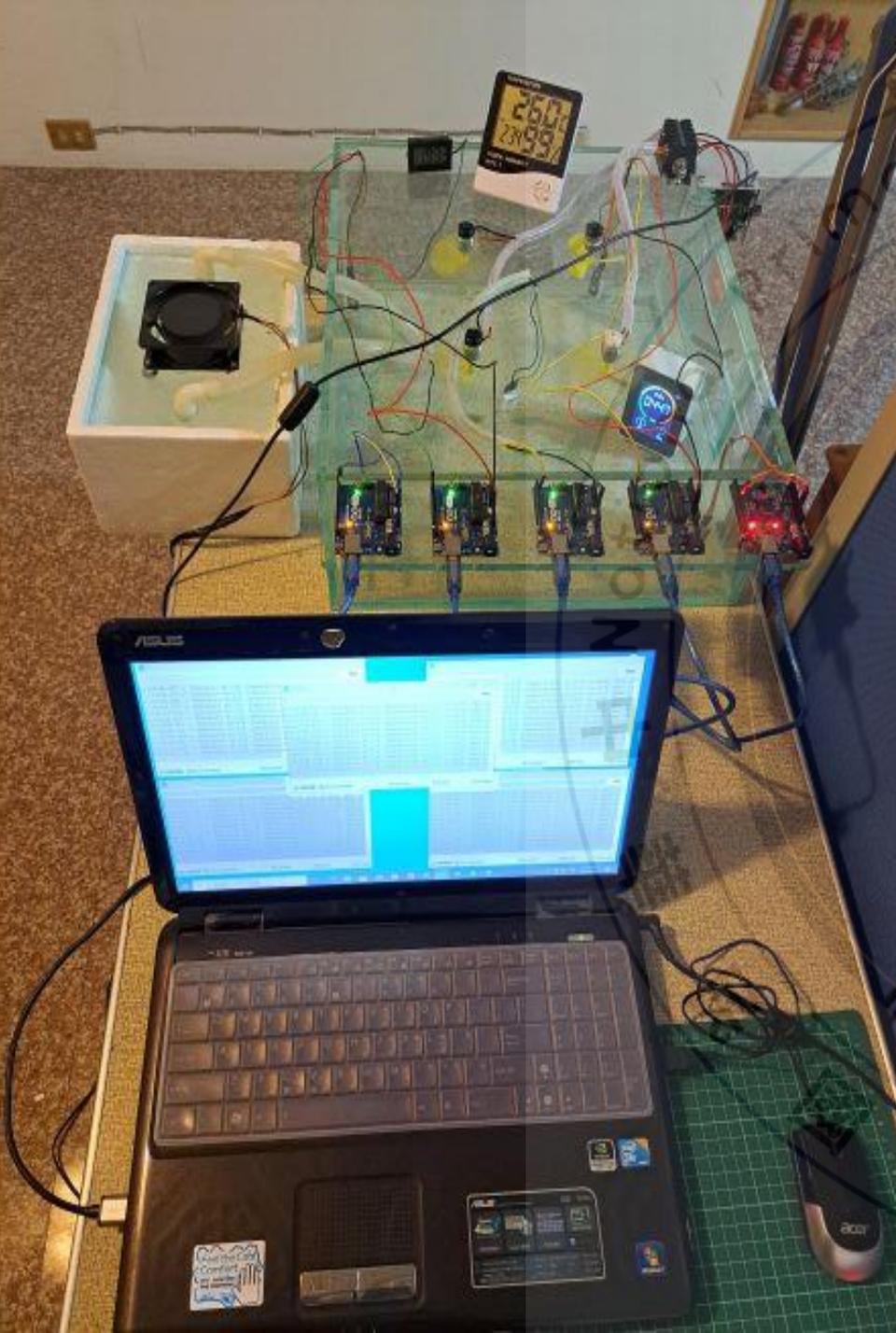
捌、 參考資料

- 蔡黛華、方常均 (2021)。新冠病毒會空氣感染，室內通風如何改？風扇怎麼吹才對？未來城市 Future City@天下。資料來源：<https://futurecity.cw.com.tw/article/2141>
- 莊秉澍、林佳霏、陳欣妘、陳郁玫 (2019)。勿失涼機—室內降溫大作戰。彰化縣第 60 屆中小學科學展覽會。資料來源：https://science.hs.jh.chc.edu.tw/upload_works
- 四不像吾日(2019)。二氧化碳對身體的影響。每日頭條。<https://kknews.cc/health/66lvrm.html>
- Mr.Mahi(2018)。How to Make Air Conditioner at Home / AC Without Power / Air Cooler。資料來源：[How to Make Air Conditioner at Home | AC Without Power | Air Cooler - YouTube](#)

【評語】 082911

研究主題的發想來自校園中實際發生的問題，具有探究的意涵，自製模型模擬問題情境進行量測，但所得數據與實際教室空間裝設之後量測的結果有相當的差距，因而干擾研究結果的解讀。實際教室溫度跟模型教室不同的原因，可能是模型中冷凝器、風扇與空間的比例跟教室不同，可深入討論並提出修正方向。另建議可聚焦冷房開窗的問題，模擬設計以進一步探討。

作品簡報



冷氣位置對教室內溫度影響之探究

組別：國小組

科別：生活與應用科學科（二）





前言

一、摘要



動機: 溫室效應導致夏季愈來愈炎熱，為提高學生學習成效，2020年行政院頒布「班班有冷氣」政策，如何在提供舒適的學習環境下有效節電? 如何提升冷氣設備效能? 都是目前重要的課題。

目的: 本研究以冷氣裝設位置、教室風扇風向、室內二氧化碳含量為實驗主軸，藉由Arduino UNO 與溫度感測器記錄教室內溫度分布，搭配二氧化碳檢測儀偵測二氧化碳含量，以科學數據找出最佳的冷氣裝設位置及使用效能。

結果: 模型實驗中發現，在**相對位置**裝設冷氣，風扇**不要**運轉，是提升冷氣效能的最佳方式；
教室實驗中發現，在**相對位置**裝設冷氣，風扇風向**向上**運轉，是提升冷氣效能的最佳方式。

二、研究設計

模型實驗：

1. 冷氣位置--冷房效果
2. 風扇風向--冷房效果
3. 開窗與否—CO₂含量

教室驗證：

1. 冷氣位置--冷房效果
2. 風扇風向--冷房效果
3. 開窗與否—CO₂含量



三、研究發現

結果推論: 教室實驗**推翻**模型實驗結果，應與冷凝器、冷氣機、風扇組等**風向**、**風力**差異有關。

未來研究: 將納入風向角度、風力大小、冷氣濾網、教室溼度、教室學生數等變因，探究不同變因的冷房效果、教室空氣品質、在營造舒適環境之餘還能節能減碳，兼顧環境永續發展。



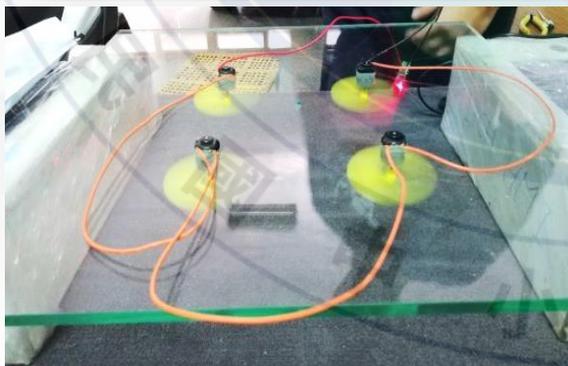
一、教室模型製作

- 1、測量教室實際尺寸、門窗位置，以1:20等比例縮小製作模型。
- 2、使用厚度8 mm壓克力板，製作教室模型，並進行雷射加工切出門窗位置。



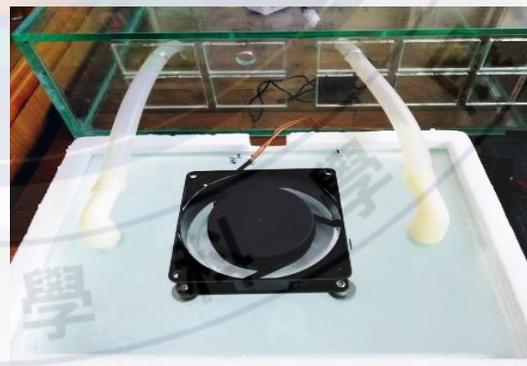
二、教室內風扇組製作

- 1、使用風扇馬達實驗組模擬教室內風扇。
- 2、為方便進行風扇風向改變實驗，特別安裝電源切換裝置。



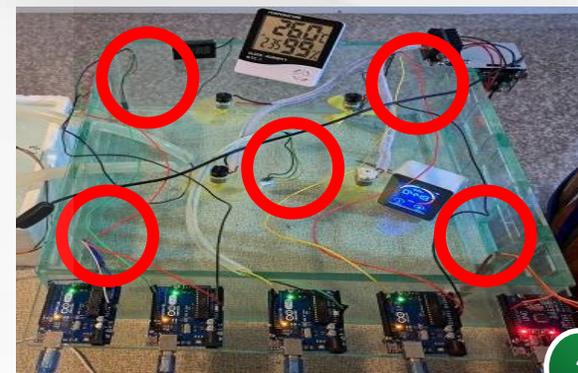
三、冷凝器製作

- 1、壓克力板上安裝排風扇將空氣向內排入保麗龍盒，保麗龍盒內則放滿冰塊製造冷空氣；
- 2、壓克力板兩邊裝置兩條軟管，成為冷空氣進入教室模型的路徑。



四、溫度測量儀器的設定

- 1、教室模型裡放置五組 Arduino UNO及溫度感測器，將資料回傳至電腦，方便資料蒐集；
- 2、觀察教室模型裡不同位置的溫度差異，分析教室內冷空氣的分布情況。





研究方法



冷氣位置A (相對位置)



冷氣位置B (對稱位置)

冷氣裝設位置對冷房效果的影響

1. 冷氣裝設在第一、第三個窗戶，此種裝設位置設定為**相對位置**；冷氣裝設在第二、第三個窗戶，以中間樑柱為對稱軸相互隔開，此種裝設位置設定為**對稱位置**。
2. 操縱變因是冷氣（冷凝器）出風口位置，所以風扇風向、窗戶開關均為控制變因，分別進行三次不同變因的溫度測量與記錄並製作成長條圖。

風扇風向對冷房效果的影響

操縱變因是風扇風向，冷氣（冷凝器）裝設位置、窗戶開關均為控制變因，分別進行三次不同變因的溫度測量與記錄並製作成長條圖。

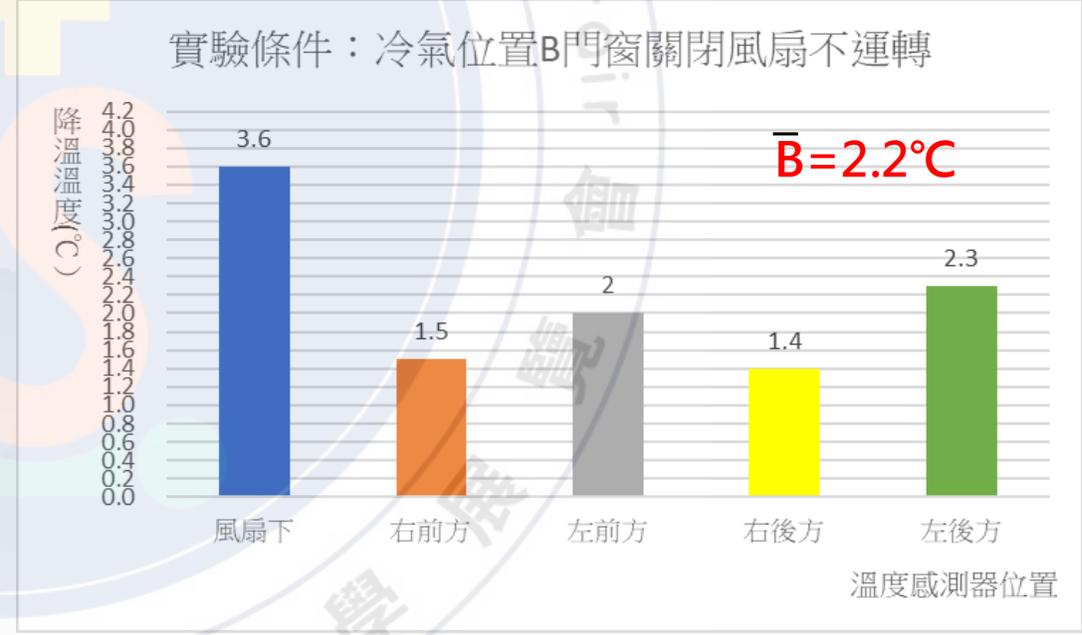
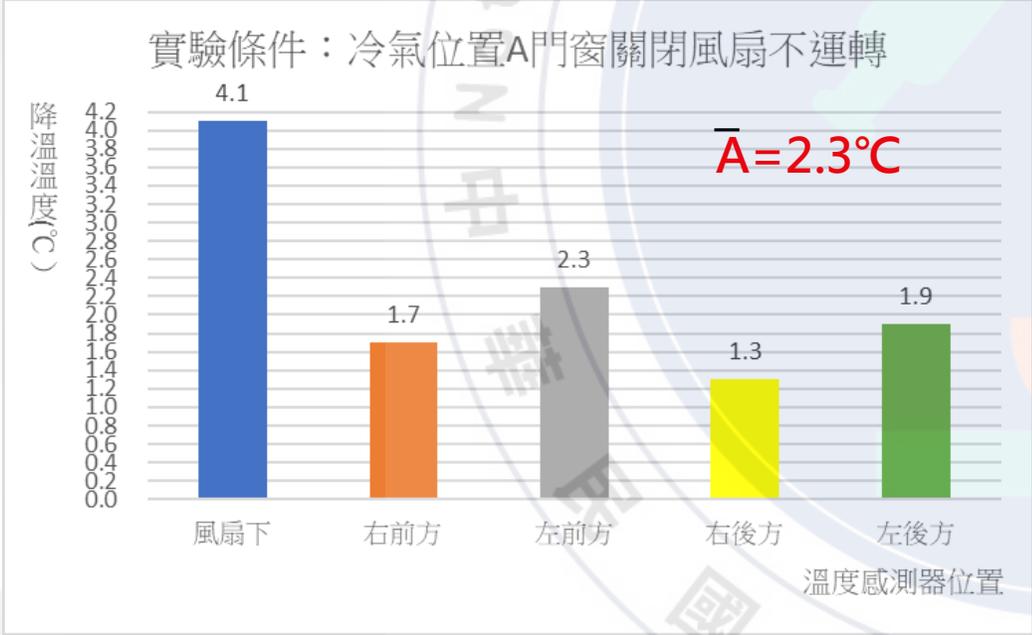
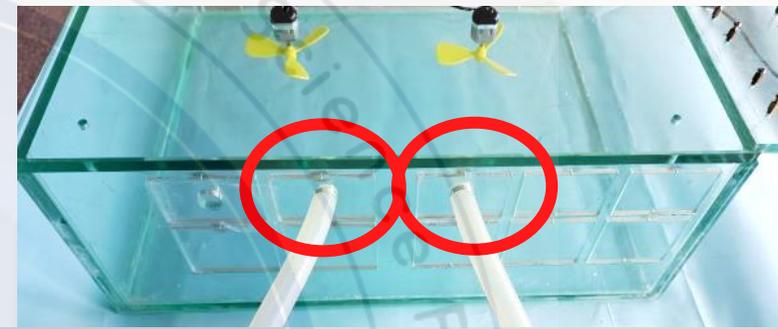
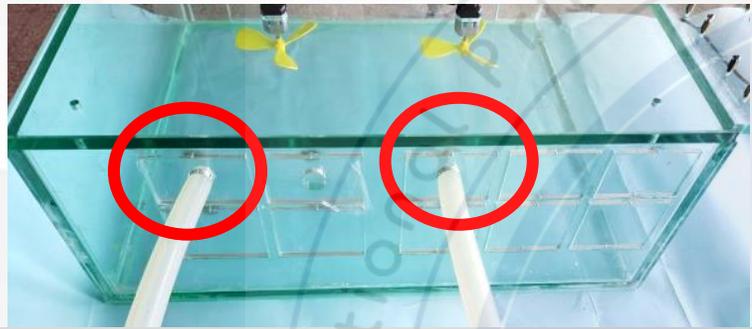
開窗與否和室內二氧化碳含量的關係

1. 一般在開啟冷氣時，都會將門窗緊閉，所以此實驗步驟為將教室模型所有的門窗都固定關閉做為對照組；
2. 操縱變因是門窗關閉與否，冷氣（冷凝器）裝設位置、風扇風向均為控制變因，分別進行三次不同變因二氧化碳含量測量與記錄。



研究結果-1

— 冷氣裝設位置對冷房效果的影響



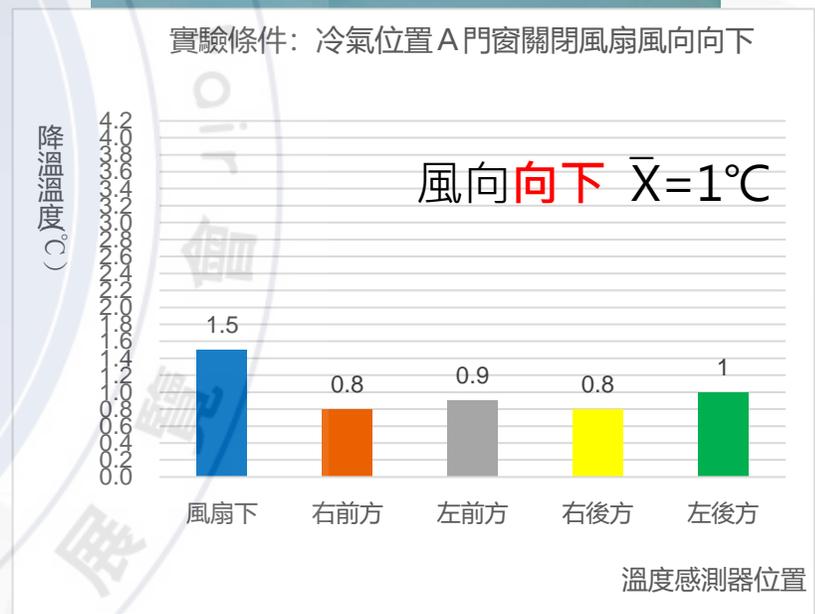
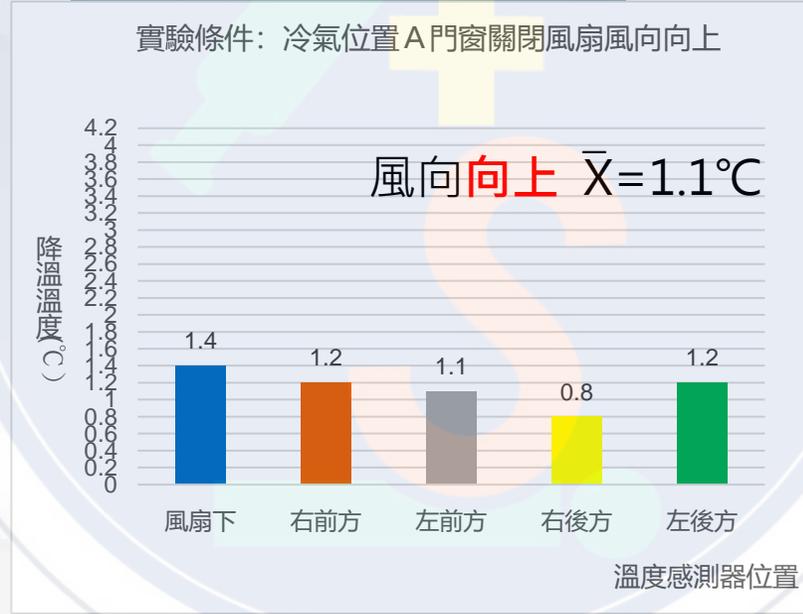
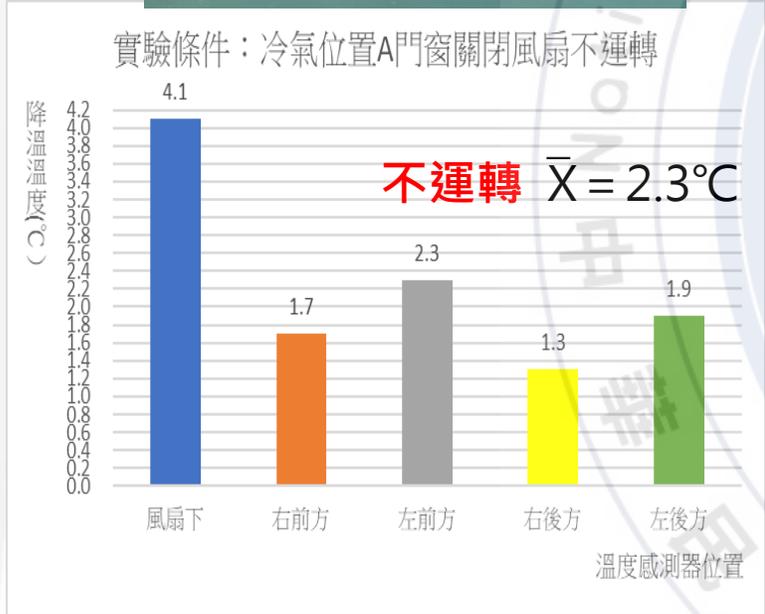
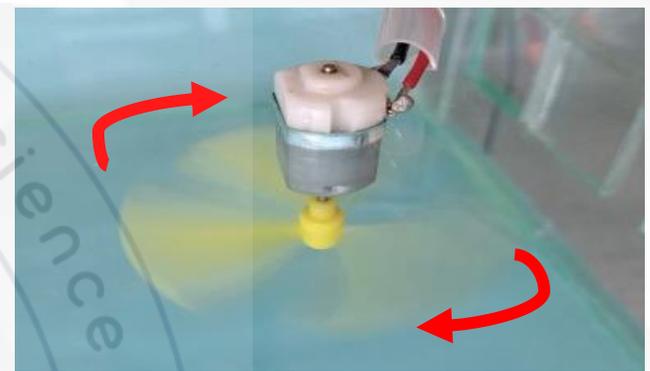
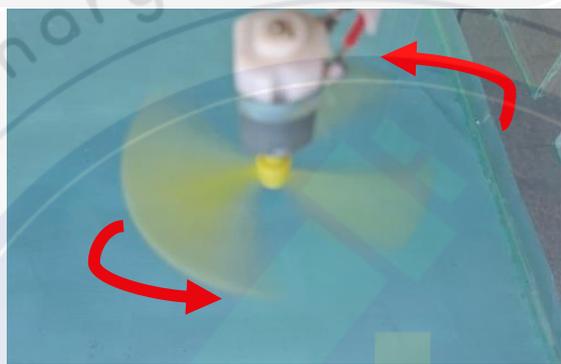
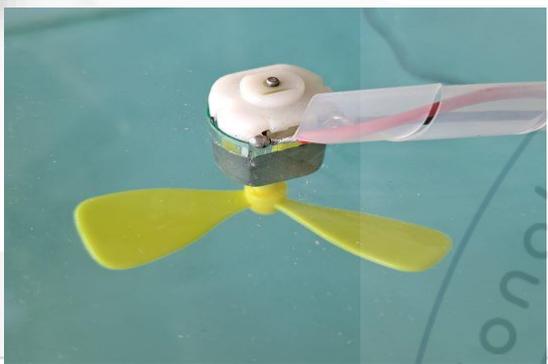
結果

冷氣（冷凝器）裝設在相對位置降溫效果優於對稱位置。(位置A 優於 位置B)



研究結果-2

二 風扇風向運轉對冷房效果的影響



結果

降溫效果：風扇不運轉 > 風向向上 > 風向向下。

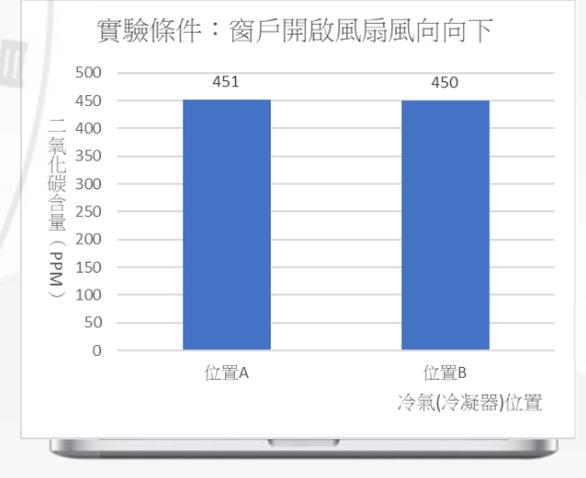
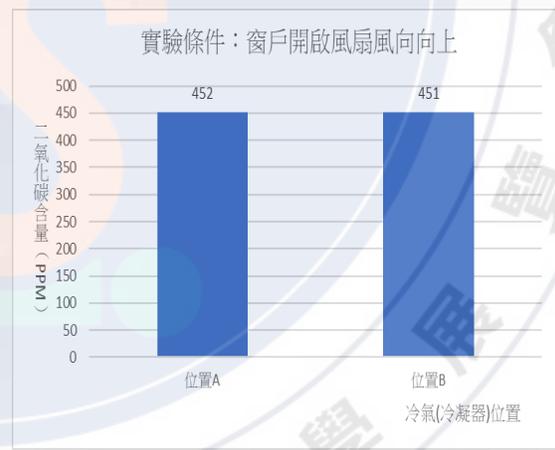
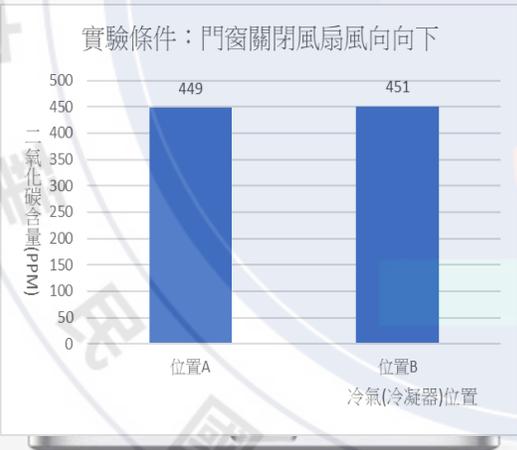
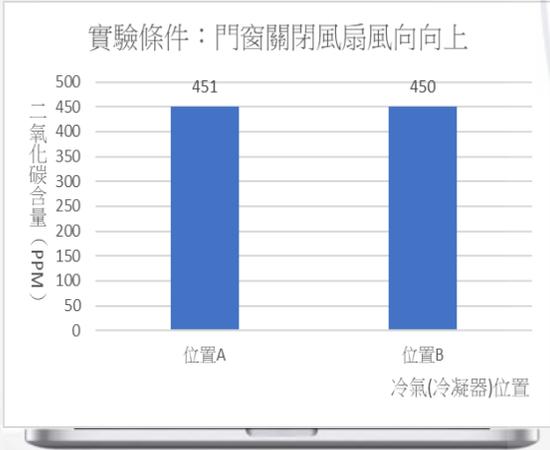
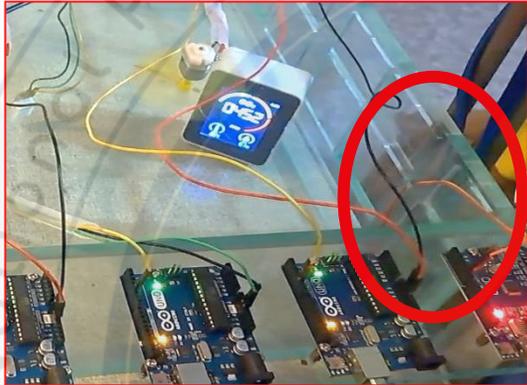
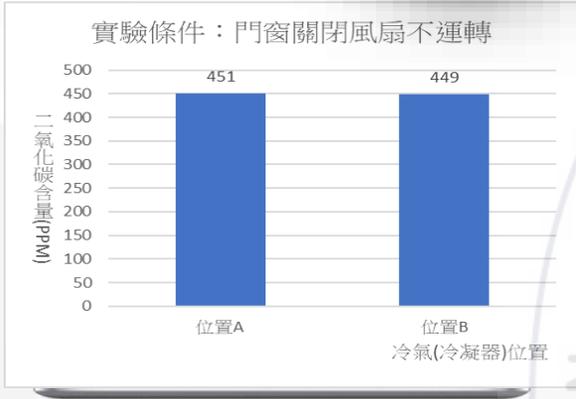


研究結果-3

三 開窗與否和室內二氧化碳含量的關係

門窗關閉

門窗開啟



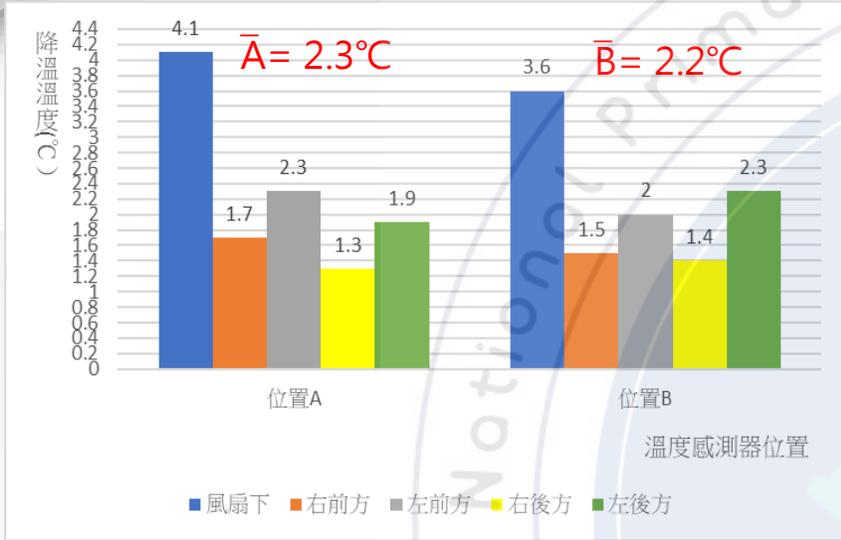
結果

不論教室門窗開啟或關閉，不管冷氣（冷凝器）裝設於位置A或位置B，不管風扇是否運轉，其二氧化碳約在**450 PPM**，變化量**都很穩定**。



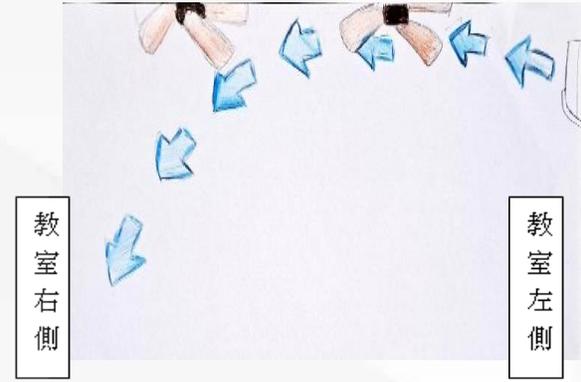
研究結果討論-1

冷氣裝設位置對冷房效果的影響



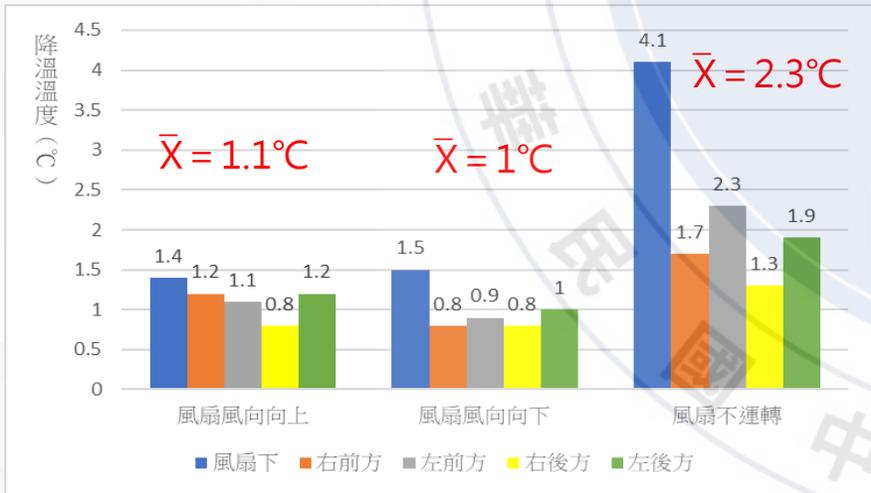
1. 不管位置A或位置B，風扇下的位置降溫最多，教室左側降溫皆比右側多，此分布一致的現象，應該與冷氣送風時的風力、風向有關。

2. 位置A教室前方降溫效果較位置B佳，可能與冷氣相對位置有關(冷氣裝設於第1、3窗)，此一結果也導致位置A平均溫度下降2.3度，略高於位置B的2.2度。



風扇不運轉，沒擾動聚集在天花板及左側

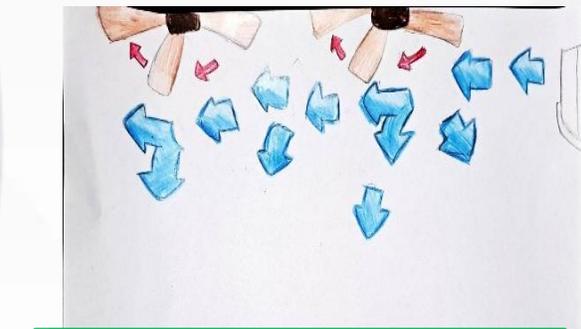
風扇風向對冷房效果的影響



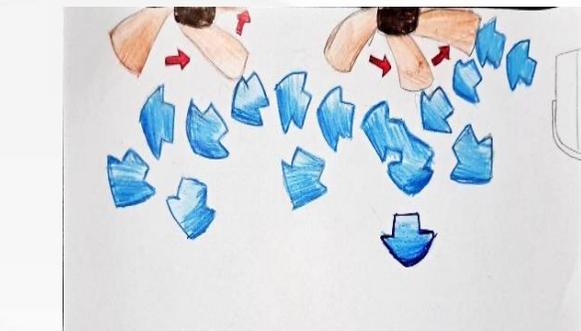
1. 當風扇不運轉時，冷空氣沒有外力擾動較聚集在風扇下及教室左側。

2. 當風扇運轉時，不論風向向上或向下，教室角落及風扇下的溫差較小，可能是冷空氣出來時被風扇擾動加速冷熱空氣的對流，並將冷空氣平均送至教室角落。

3. 教室平均降溫:
風扇不運轉 > 風向向上 > 風向向下



風扇向下運轉，冷空氣向下熱空氣上升



風扇向上運轉，擾動較快



開窗與否和室內二氧化碳含量的關係

表一 門窗關閉時冷氣位置與風向變化二氧化碳含量表

二氧化碳含量 (ppm)	冷氣 (冷凝器)	
	位置A	位置B
風扇不運轉	451	449
風向向下	449	451
風向向上	451	450

當教室所有門窗都關閉，不管冷氣（冷凝器）於位置A或是位置B或是風扇是否運轉，二氧化碳含量都很穩定，因為此時教室接近密閉空間，空氣只能在教室內自然對流，風扇運轉帶來擾動氣流並不影響二氧化碳濃度。

表二 門窗開啟時冷氣位置與風向變化二氧化碳含量表

二氧化碳含 量(ppm)	冷氣 (冷凝器)	
	位置A	位置B
風扇不運轉	451	453
風向向下	451	450
風向向上	452	451

當教室右後方開窗時，不管冷氣（冷凝器）於位置A或是位置B或是風扇是否運轉，其二氧化碳含量波動略高一些，因為此時教室屬於微開放空間，窗外的空氣會跟室內的空氣產生強制對流，使教室內外二氧化碳濃度趨於平衡。



研究結果討論-3

實際教室進行研究驗證

一 冷氣裝於相對位置、門窗關閉且風扇不運轉

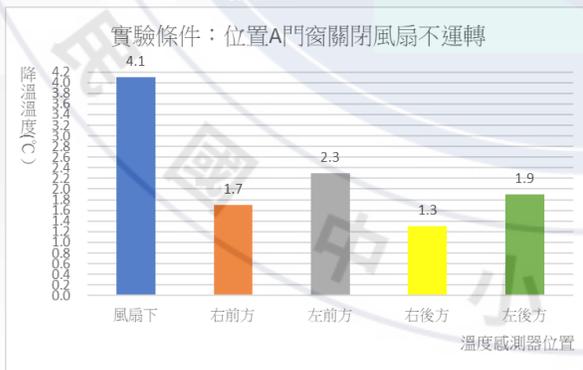


1.門窗關閉風扇**不運轉**時，教室內降溫幅度比模型實驗**大**，又以教室**右側**降溫效果比左側佳，與模型實驗結果不同。推論其原因可能與自製冷凝器產生的冷空氣無外力加壓排入教室模型有關。

2.經氣流流動示意圖發現，冷氣機風力較自製冷凝器強，冷空氣出經出風口後會直直往前進，至中間後才緩慢下降，此時熱空氣上升冷空氣下降，左側冷空氣較少，測量到的降溫效果較低。

教室 $\bar{X} = 3.3^{\circ}\text{C}$

模型 $\bar{X} = 2.3^{\circ}\text{C}$



二 冷氣裝於相對位置、門窗關閉且風扇風向向下運轉

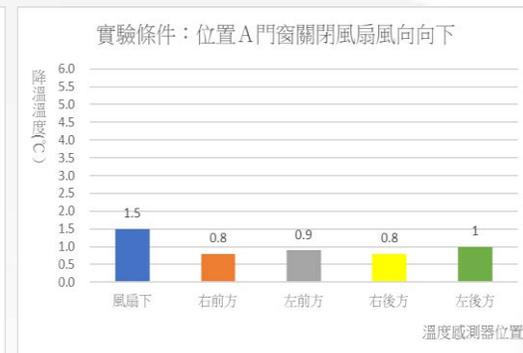


1.門窗關閉風扇風向向**下**時，教室四周的降溫效果穩定平均教室內平均降溫幅度比模型實驗**大** (教室**5.1** °C : 模型**1** °C)。

2.**模型**自製冷凝器因無加壓送風裝置，無法使冷空氣快速排入教室模型內，導致冷空氣量不足，經由風扇擾動後，直接往下進行對流，此時熱空氣上升，降溫效果不明顯。

教室 $\bar{X} = 5.1^{\circ}\text{C}$

模型 $\bar{X} = 1^{\circ}\text{C}$





三 冷氣裝於相對位置、門窗關閉且風扇風向向上運轉

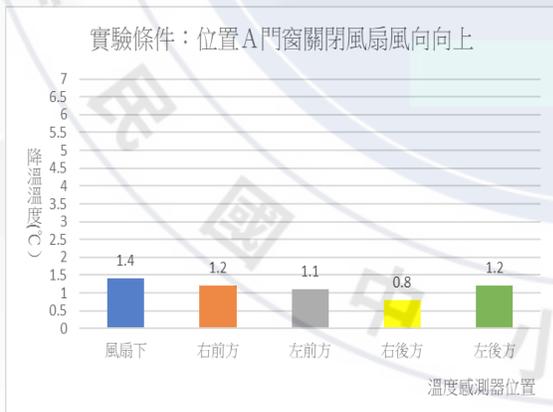
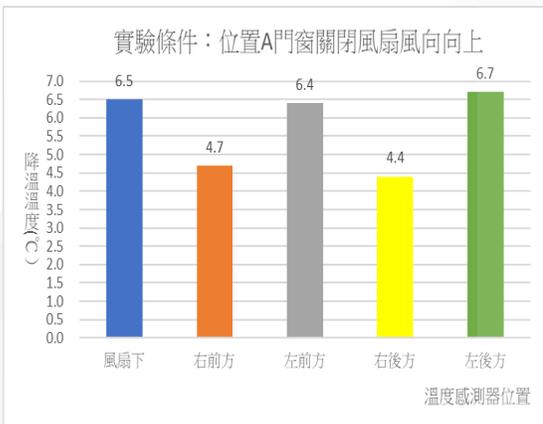


1.門窗關閉風扇風向向上時，教室內降溫幅度比模型實驗**大** (教室**5.7** °C : 模型 **1.1** °C) ，降溫效果**風扇下**、**教室左側**較佳。

2.經氣流流動示意圖發現，冷空氣出來後受風扇擾動將冷空氣往上吸，撞擊天花板後，冷氣流往四周、往下沉降，推動至教室右側冷空氣較少，故教室右側所測得的溫度較高。

教室 $\bar{X} = 5.7^{\circ}\text{C}$

模型 $\bar{X} = 1.1^{\circ}\text{C}$



四 冷氣裝於相對位置、窗戶開啟與否二氧化碳含量變化

二氧化碳含量(ppm)	門窗關閉	門窗開啟
風扇不運轉	451	448

1.當教室**窗戶開啟**時，室內二氧化碳含量為448 PPM，比門窗關閉的451 PPM**低**。推測是因為當教室裡的門窗關閉時，空氣只能在教室內流動，空氣品質會逐漸變差；當門窗開啟後，空氣產生強制對流將室外空氣引入，室內二氧化碳濃度**下降**。

2.在模型實驗中，門窗開關與否對二氧化碳含量差異小，但教室實驗結果二氧化碳含量**變動大**，建議教室開啟冷氣時，將門窗開一小縫，將有助提升室內空氣品質，降低二氧化碳對學生學習專注力的影響。



結論及未來研究

一、經由**教室模型實驗**、**教室驗證實驗**結果發現：

1. 冷氣機裝設於相對位置的冷房效果優於對稱位置，可提供學校裝機參考。
2. 吹冷氣時，可以搭配風扇使用且風向向上運轉，除了有較佳的冷房效果外，教室角落及風扇下方的平均降溫差異較小而且穩定，可以避免有些學生感覺很冷，有些學生卻感覺不涼。
3. 關閉門窗吹冷氣，教室內二氧化碳容易升高，影響空氣品質及學生注意力，建議門窗可開啟一小縫隙產生強制對流，降低教室二氧化碳濃度。

二、未來研究:

期許在未來實驗中，探究冷氣不同風向、不同風力、冷氣濾網、教室溼度、人為碳排放(教室有無坐人)等變因，對耗電量、教室溫濕度及空氣品質的影響。



參考資料

- 蔡黛華、方常均 (2021)。新冠病毒會空氣感染，室內通風如何改？風扇怎麼吹才對？未來城市Future City@天下。資料來源：
<https://futurecity.cw.com.tw/article/2141>
 四不像吾日(2019)。二氧化碳對身體的影響。每日頭條。 <https://kknews.cc/health/66lvrrm.html>
 Mr.Mahi(2018)。How to Make Air Conditioner at Home | AC Without Power | Air Cooler。資料來源：
[How to Make Air Conditioner at Home | AC Without Power | Air Cooler - YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=66lvrrm.html)