

# 冷熱交流—窗窗有玄機

## 高小組物理科第三名

台北市日新國民小學

作者：吳孟錫、周欣儀

指導教師：張玲珠、王芳珠

### 一、研究動機

熾熱的夏日，往往人們都會開開窗戶保持空氣的流通；寒冷的冬天，人們也都打開窗戶。但是，爲什麼冷天也要開窗，熱天也要開窗呢？到底要怎樣開窗才能調節室內的氣溫，讓人體達到最舒適的狀態？又是什麼原因影響它呢？這正是我們探究的主題。

### 二、研究目的

- (一)一側開窗，不同面積，不同開窗方式，溫度變化情形。
- (二)兩側開窗，不同面積，不同開窗方式，溫度變化情形。
- (三)兩側開窗，同面積，集中與分散之開窗方式，溫度變化情形。
- (四)兩側開窗，同面積，不同開窗位置，溫度變化情形。
- (五)當有上下氣窗時，不同開窗方式，溫度變化情形。
- (六)冷風時，不同風速，溫度變化情形。
- (七)熱風時，不同風速，溫度變化情形。

### 三、文獻探討

(一)熱能：

所有的物質由分子組成，分子不斷運動，產生的能就叫做熱，熱不是物質，不占空間，是能的一種形式。（光、音、熱的魔術 P80 東方出版社）

(二)熱的傳遞方式：

- 1.傳導—熱從溫度高的地方傳到溫度低的地方叫做熱的傳導，最易傳導熱的是固體。
- 2.對流—液體和氣體的分子距離較遠，於是用受熱的部份上升，冷的部分下降的循環方式來傳熱。
- 3.輻射—傳導及對流須靠媒介物質才能傳熱，輻射不需媒介物就可傳熱，而

且速度非常快。(光、音、熱的魔術 P84、P88、P92 東方出版社)

(三)對流的形式：

- 1.自然對流—密度改變引起流體的運動。
- 2.強制對流—泵浦或風扇提供流體運動之動力。(工程熱力學與應用 P582 東華書局)

(四)風：

空氣的流動是自高氣壓流向低氣壓，正好像是水從高處流向低處一樣，那麼四周氣壓較高處的空氣必向氣壓較低處流動因而成風。(颱風百問 P3 交通部中央氣象局)

## 四、研究設備器材

- |               |                              |
|---------------|------------------------------|
| (一)燈泡 (40W)   | 4個                           |
| (二)燈座         | 4個                           |
| (三)電子式溫計      | 2個 (箱內1個、箱外1個)               |
| (四)延長線        | 1條                           |
| (五)高密度保麗龍板    | 60cm×60cm 2片<br>60cm×40cm 8片 |
| (六)線香         | 1包                           |
| (七)火柴盒        | 1盒                           |
| (八)小型電扇       | 1台                           |
| (九)電熱器 (800W) | 2台                           |
| (十)實驗箱        | 1個                           |

裝置如下：(略)

## 五、研究過程及結果分析

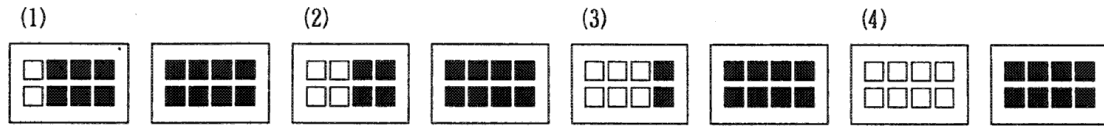
實驗一：一側開窗，不同面積，不同開窗方式，溫度變化情形。

(一)方法：

- 1.在冷氣教室內，打開冷氣機，控制溫度在18°C。
- 2.實驗箱內外，使其氣溫相同後，關上兩側窗戶。
- 3.點燃線香，從窗口將線香放入約10分鐘。
- 4.打開燈泡加熱到比箱外高25°C後熄燈。
- 5.溫度下降5°C後，打開窗戶，觀察線香之煙流動情形。

6. 重覆 1. 2. 4. 步驟，溫度下降 $5^{\circ}\text{C}$ 後打開窗戶，記錄每下降 $2^{\circ}$ 的時間，重覆做三次求出平均值。

7. 不同開窗方式如下（□代表開窗、■代表關窗，以下實驗均同）



### (二)結果

1. 開二扇窗戶的煙較集中，八扇窗戶的煙較分散，但二扇窗的出煙慢且持續較久，八扇窗很快的將箱內煙散盡。
2. 以上四種開窗方式，開窗後 $3\sim 5$ 秒均只有上方窗口冒煙，下方窗口不再冒煙。
3. 不同開窗方式溫度變化情形如表1-4及圖1。（略）

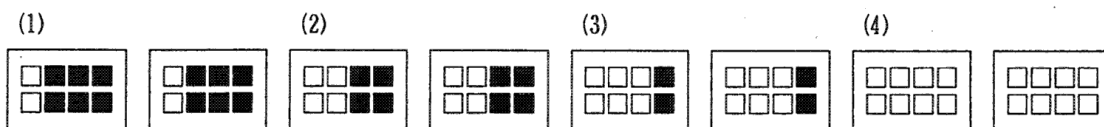
### (三)討論

1. 當箱內充滿煙，開窗後，熱空氣的窗外散開，所以看見煙向外並且向上散。過 $3\sim 5$ 秒後，有箱外冷空氣從下方窗口進入，因此只有上方窗口冒煙。
2. 不論何種開窗方式，每下降攝氏 $2^{\circ}$ 的速度，都是先快後慢，甚至下降了 $18^{\circ}$ 後， $30$ 分鐘內均無法降到箱外同溫。
3. 以下降攝氏 $18^{\circ}$ 的速度來比較，開八扇最快，其次六扇，再其次四扇，二扇最慢可見開窗面積與散熱速度有關，開窗面積較大散熱較快。

實驗二：兩側開窗，不同面積，不同開窗方式，溫度變化情形。

### (一)方法：

1. 同實驗一、方法1-7步驟。
2. 不同開窗方式如下



### (二)結果

1. 開兩側八扇窗戶，比開兩側兩扇窗戶冒出的煙更多，散盡箱內煙的時間就更短了。
2. 與實驗一比較，開兩側窗戶比開一側窗戶冒出的煙更快更多。
3. 不同開窗方式溫度變化情形如表5-8及圖2（略）。

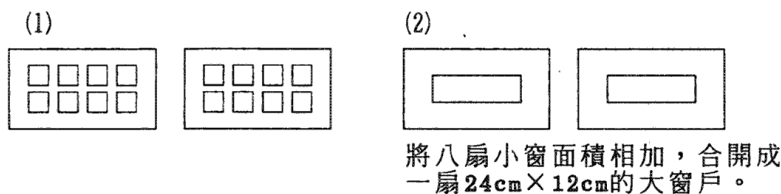
### (三)討論

1. 開窗時以八扇窗戶冒煙量最多二扇冒煙最少，但開二扇窗冒煙持續時間較長，要較久才能將煙散盡。
2. 以上四種開窗方式，都是冷空氣由下排窗口進入，上排窗口排出煙。
3. 以下降攝氏18度的速度來比較，開八扇最快，其次六扇，再其次四扇，二扇最慢。可見開窗面積與散熱速度有關，開窗面積較大散熱較快。
4. 與實驗一開一側窗戶比較，開兩側窗戶比開一側窗戶降溫快。

實驗三：兩側開窗，同面積，集中與分散之開窗方式，溫度變化情形。

(一)方法

1. 同實驗一、方法1-7步驟。
2. 窗戶形式如下：



(二)結果

1. 開窗後，分散開的八扇窗戶，一開始全部冒煙，但2~3秒後，只有上排窗戶冒煙，下排不冒煙。而大窗戶開了2~3秒後，從窗戶的上半部冒煙下半部不冒煙。
2. 不同開窗方式的溫度變化情形如表8-9及圖3（略）

(三)討論

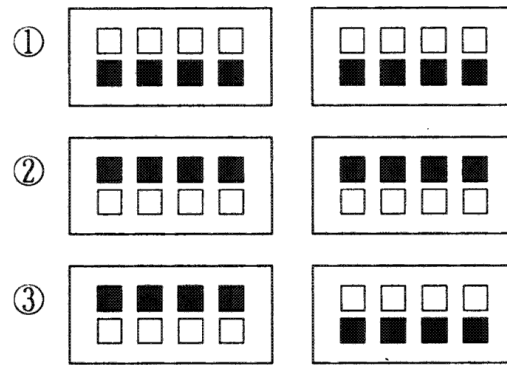
1. 分散開窗時，煙散得較快，而集中一個大窗戶時，煙散得較慢。
2. 二者的開窗方式，在30分鐘內，均無法降至與箱外同溫。
3. 降溫速度以八扇小窗的方式較快，而大扇窗戶降溫速度較慢。
4. 當開窗面積相同時，分散開窗箱內的氣體，流至窗戶邊時撞及窗框造成氣流的擾動現象，熱交換較快，所以比集中開窗降溫快。
5. 另一個原因是分散開窗，氣流湧出時的表面積比集中開窗大，所以熱交換快，比集中開窗降溫快。

實驗四：兩側開窗，同面積，不同開窗位置，溫度變化情形。

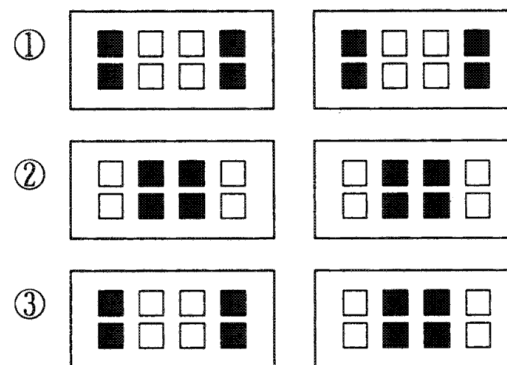
(一)方法

1. 同實驗一方法1-7步驟
2. 不同開窗方式如下：

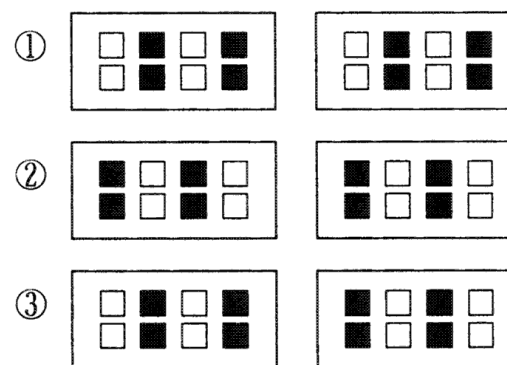
(1) 上下排開窗法



(2) 垂直開窗法



(3) 交錯開窗法



(二) 結果

1. 上下排開窗法：

- ① 上排開窗時煙從8個窗口湧出，持續而穩定。
- ② 下排開窗時煙從8個窗口湧出，但速度較慢，最後還有煙殘留箱中。
- ③ 上下排開窗時開始8個窗口湧出約2-3秒後下排不再冒煙，只有上排冒煙，煙散得最快。

2. 垂直開窗法：

- ① 中間8個窗口冒煙，而後由上方四個窗口冒煙下方窗口不冒煙。
- ② 四個角落開窗，煙從8個窗口湧出，而後下方四個窗口不冒煙，只有上

方四個窗口冒煙。

③一側角落開窗，一側中間開窗，發現煙在箱中有混流現象。

3.交錯開窗法：

①、②開窗後，冒煙情形相同，③則發現箱中有混流現象，而後煙漸之散開就看不見了。

4.同面積不同開窗位置，溫度變化情形如下表及圖

上下排開窗法：表 10、11、12 圖四。（略）

垂直開窗法：表 13、14、15 圖五。（略）

交錯開窗法：表 16、17、18 圖六。（略）

### (三)討論

1.上下排開窗法

①因熱空氣較輕會在上方，冷空氣較重會在下方，所以開上排窗戶時，熱空氣較易散出，降溫情形居中。

②開下排窗戶時，有部份的熱空氣會蓄積上方無法排出因此降溫最差。

③因一側開下排窗戶，另一側開上排窗戶，此時正好符合冷空氣由下排窗戶進入，熱空氣由上排窗戶散出的路徑，所以降溫最佳。

2.垂直開窗法

①中間開窗時，熱空氣集中由中間散出，壓力下降較快所以冷空氣較易進入，降溫最快。

②四個角落開窗時，氣體有分流現象，壓力變化較小，所以冷空氣較不易進入，降溫較慢。

③開窗時一側中間開窗壓力下降較快，另一側角落開窗壓力下降較慢，所以降溫效果比②好，但比①差。後來溫差變小，降溫情形就與②相似。

3.交錯開窗法

①與②開窗方式相同，只是二側相反而已。

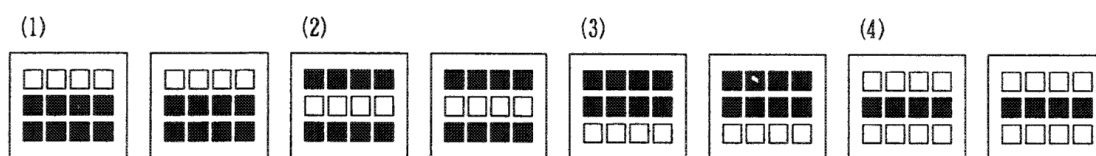
③開窗方式，只在開始降溫較快，而後與①、②降溫情形差不多。推測可能是內部氣流不對稱流動，到了窗戶邊時形成擾動現象加速熱交換，所以降溫較快。溫差變小後，這種情形消失了，所以降溫情形與①、②相似。

實驗五：當有上下氣窗時，不同開窗方式，溫度變化情形。

(一)方法

1.同實驗一、方法1-7步驟。

## 2.不同開窗方式如下：



### (二)結果

- 1.對開上排氣窗冒出的煙很明顯的比對開下排氣窗多，而對開中間窗戶冒出的煙又比前二者的煙多且集中。
- 2.對開上下排氣窗在剛開始比對開中間氣窗冒出的煙少，但到最後散盡箱內的煙所花的時間卻比對開中間窗戶時間短。
- 3.不同開窗方式的溫度變化情形，如表19-22及圖7。（略）

### (三)討論

- 1.對開中間窗戶比對開上排氣窗及對開下排氣窗煙散得較快是因面積較大，散煙較快。
- 2.上下排氣窗都開與對開中間氣窗雖然開窗面積相同，剛開始沒有對開中間氣窗散煙快，後來煙卻比對開中間氣窗者快散完。
- 3.對開上排氣窗與開下排氣窗比較：  
因熱空氣向上跑，開上排氣窗降溫快。  
而對開下排氣窗，熱空氣積在上方，降溫慢。
- 4.對開中間窗戶與對開上排氣窗及對開下排氣窗比較：  
前者開窗面積是後兩者的2倍，所以降溫快。
- 5.對開中間窗戶與對開上下排氣窗比較：  
在剛開始，對開中間窗戶，熱從中間流出較多降溫快，但後來熱往上跑，熱積在上方所以降溫就比前段慢；而對開上下排氣窗熱空氣從上方流出，冷空氣從下方進入，沒有積熱現象所以降溫快。

## 實驗六：冷風時，不同風速，溫度變化情形。

### (一)方法

- 1.在實驗箱前70cm處放置風扇。
- 2.重覆實驗一方法1、2、4步驟  
溫度下降5°C後，窗戶全開，並打開弱速風扇  
測量每下降2度所需時間，重覆3次。
- 3.同步驟1-2，風速改為強速冷風，重覆3次。
- 4.與表8開8扇窗，不加風扇比較。

### (二)結果

不同風速溫度變化情形，如表8表23-24及圖8。（略）

### (三)討論

#### 1.開弱速冷風與不開風扇比較：

開弱速風扇降溫比不開風扇快。此乃開弱速風扇多了外力，使得箱內空氣對流加快所以降溫快。

#### 2.開強速冷風與開弱速冷風比較：

開強速冷風比開弱速冷風供給的冷空氣更多，熱交換更快，所以降溫情形更快。

#### 3.開強速冷風降溫最快，弱速冷風次之，不加風扇最慢，所以風力也是影響對流的因素之一。在此處，利用外力的強制對流比自然對流的影響大。

實驗七：熱風時，不同風速，溫度變化情形。

### (一)方法

- 1.將電熱器放在房間角落，使室內充滿著熱空氣，溫度達到21.6°C。
- 2.實驗箱放在冷氣教室內，箱內溫度保持在18.3°C。
- 3.將實驗箱移至充滿熱空氣的房內打開燈泡加熱上升25°C後熄燈，下降5°C時打開全部窗戶，記錄每下降2度所需的時間，重覆3次求平均值。
- 4.在實驗箱前70cm處放置風扇重覆步驟1、2、3並分別加弱速風扇及強速風扇重覆3次求平均值。

### (二)結果

不同風速溫度變化情形，如表25-27及圖9（略）

### (三)討論

#### 1.開弱速風與不開風扇比較

因箱外充滿著熱空氣，弱速風將熱能帶進箱內，使得箱內空氣降溫比不開風扇慢，且不開風扇能降16度開弱速風只能降14度，後來維持在23.8°C—23.9°C就不再降溫了。

#### 2.開強速風與開弱速風比較

強速風帶進的熱能又比弱速風帶進箱內的熱能多，因此箱內空氣降了12度後，維持在24.8°C—24.9°C就不再降溫了。

#### 3.當箱外溫度高於箱內溫度，不同風速帶進的熱能也就不同，因此強速熱風降溫最慢，弱速熱風次之，不加風扇的降溫最快。



## 六、結 論

- (一)熱空氣含有熱能，分子運動快、重量輕、密度小、壓力大，冷空氣能量小、分子運動慢、重量重、密度大、壓力小。當箱內有熱空氣（壓力大）時，一開窗，會向箱外冷空氣（壓力小）移動，進行熱交換，達到降溫的效果。
- (二)一側開窗時，開窗面積較大，熱交換較多，降溫較快。
- (三)二側開窗時，開窗面積較大，熱交換較多，降溫較快。同時因二側開窗，窗窗相對，對流作用更強，降溫效果更好。
- (四)二側開窗，同面積開窗時，分散開窗，氣體有擾動現象，熱交換較快，所以降溫比集中開窗快。
- (五)二側同面積開窗
  - 1.上下排開窗法：

下排開窗者一開始降溫較快，但因後來有積熱現象，降溫變慢，上排開窗者則沒有積熱現象，所以後面降溫比較快。而一側開上排另一側開下排，則符合冷熱空氣流動路徑降溫最快。
  - 2.垂直開窗法：

四個角落開窗因有分流現象，降溫比集中開窗差，而二側開窗未正對者開始降溫比角落開窗好，後來則與角落開窗相似。
  - 3.交錯開窗法：

三者的降溫效果差不多，只有交錯開窗，一開始降溫較快。
- (六)二側有上下氣窗，開窗方式之比較

同面積，開上氣窗比開下氣窗降溫快而開上下氣窗又比開中排窗降溫更快。
- (七)利用風扇將冷空氣以強制對流引入箱內，降溫更快，風速較快降溫更快。
- (八)利用風扇將熱空氣以強制對流引入箱內，降溫變慢，風速較快降溫更慢，甚至降了13.5—14.5°C後不再降溫。

## 七、參考資料

- (一)自然科學彩色辭典 華視出版社
- (二)小牛頓科學百科 牛頓出版社
- (三)光音熱的魔術 東方出版社
- (四)颱風百問 交通部中央氣象局
- (五)工程熱力學與應用 東華書局
- (六)冷凍空調學 淡江書局

## 評 語

本作品探究熱流傳導的現象，採取簡易器材，自行製作成品，設計實驗，就不同面積、不同開窗方式及同面積、不同開窗位置對室內氣溫的變化加以量測，實驗方法可行，對問題瞭解深入、考慮周到，現場學生表達能力甚佳，本作品是一件有趣物理現象的探討。