

投稿類：物理類

篇名：  
窮人冷氣的探討

作者：  
楊孟勳。臺北市立大同高級中學。高二 15 班  
許家昌。臺北市立大同高級中學。高二 15 班  
陳奎翰。臺北市立大同高級中學。高二 15 班

指導老師：  
市大同高中 錢智勇老師  
市大同高中 鄭伊嵐老師

## 壹●前言

### 一、研究動機

科技日新月異帶來文明的進步，同時也帶來更多二氧化碳排放的增加，而造地球暖化更為劇烈，尤其，在夏天的高溫底下，我們把冷氣開得更強，雖然感受到涼爽舒適，同時間也耗更多能源更破壞環境。於是我們思考，有沒有一種構造，能使風流能流過此裝置時產生溫度下降，進而達到降低體感溫度，又可以兼具省費用和達到環保的效果。我們查了一些資料，發現有人曾做了這個降溫裝置，但降溫效果十分不明顯，因此我們的實驗就嘗試改良此構造來進行。

### 二、研究目的

- (一)嘗試製造一個能讓兩側能測出溫度差的裝置。
- (二)探討外在因素：風速、口徑大小，是否會成為改變溫度差實驗的因素。
- (三)找出如何有效降低溫度的裝置或方式。

### 三、研究方式



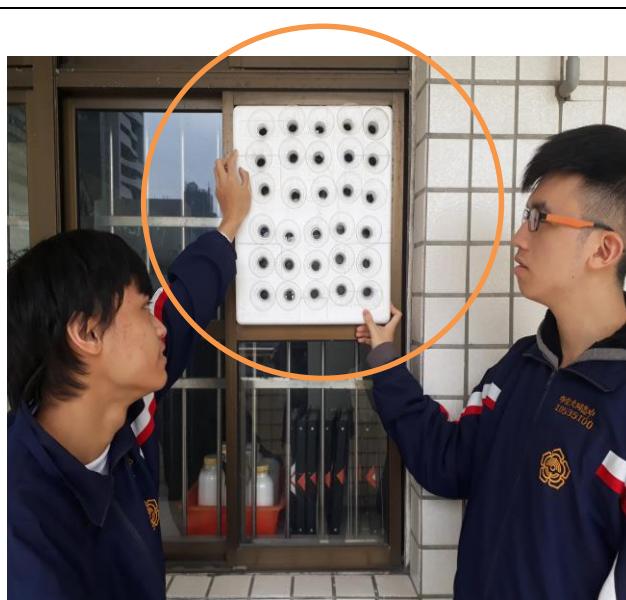
## 貳●正文

### 一、自製冷氣機

由於孟加拉有近約七成的居民居住在鐵皮屋，而電力供應時常不足，室內氣溫動輒高達40度以上，因此，位於孟加拉的「Grameen Intel」科技公司研發一種自製冷氣機，而其所需的製作材料皆為生活中隨時可得的日常用品：寶特瓶、硬卡紙。製作過程(如圖一)是將硬卡紙剪成如比窗戶長寬稍大一些的長方形紙板，然後依照寶特瓶的尺寸等距離地剪下如寶特瓶口大小的洞口，將寶特瓶剪成兩半之後留下有口的部分，最後將所有剪好的寶特瓶口塞入紙板即完成自製冷氣機(如圖二)。如此容易製作的簡易冷氣機的確造福了許多孟加拉人民，根據Grameen Intel 科技公司表示，這樣的裝置能有效的使室內溫度下降約5度左右，而且既環保又廉價，可以不斷的循環利用。

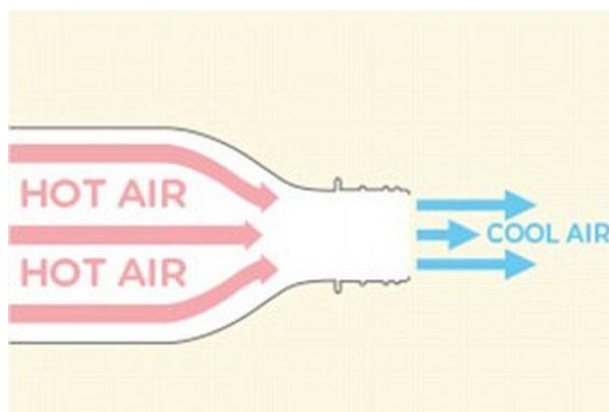
當室外的熱風通過寶特瓶一半的缺口時，會將氣體強迫流過狹小的寶特瓶瓶口，而這樣的過程會使氣體溫度下降(如圖三)，因為，氣體由寶特瓶口瞬間衝進室內時，氣體會瞬間膨脹，造成氣體分子之間的平均距離增加，造成氣體的位能上升動能下降，意即降低的溫度空氣的熱能將轉變為氣體的位能。好比當我們張大嘴巴向手掌呼氣溫度是溫熱的，而嘟起嘴巴向首

長呼氣時會感覺到空氣是涼涼的。但是否真的能降低攝氏 5 度的效果呢？理論上由焦耳一湯姆孫效應(Joule-Thomson effect)可推得，寶特瓶口兩邊的大氣壓需達到 25 倍的差距才能達到降低攝氏 5 度的效果，也因此讓我們發現實際上自製冷氣機而達成降溫效果並不是如此容易達成的。



【圖一】自製冷氣機製作過程示意圖  
(資料來源：蘋果日報(2016)。2017 年 10 月 20 日，取自：<https://ez2o.com/4uVLz>)

【圖二】自製冷氣機成品  
(資料來源：研究者拍攝)



【圖三】自製冷氣機原理示意圖

(資料來源：蘋果日報(2016)。2017 年 10 月 20 日，取自：<https://ez2o.com/4uVLz>)

## 二、其他室內降溫方式

至於有沒有其他能夠達成室內有效降溫，且不耗電的方式呢？我們找出了以下主要三種可行的方式：1.高低窗、2.百葉窗、3.水霧降溫法。以下我們以表格的方式說明。

【表一】三種主要室內降溫方式

方式	高低窗	百葉窗	水霧降溫
優點	能促進室內空氣的流通，利用熱空氣自然上升和高窗導流，讓熱空氣流出，再配合低窗將低溫的空氣利用壓力差引入，這樣的循環很快就能讓室內降溫，空氣品質亦能提升	阻擋陽光，使陽光的輻射熱照入房間的量減少，藉由阻擋紫外線的方式減少室內的溫度。	利用水在進行相態變化的反應過程來降溫，是最沒有汙染疑慮的降溫法，效果形同灑水降溫，只要在居住處附近灑水就有效果。
缺點	必須要有足夠大的空間才能設計高低窗，所以通常是大型的空間才会有高低窗的設計。我們可以假設在高低窗的入風處加裝窮人冷氣，當風吹入入風口時，窮人冷氣就能降低引入房間的風的溫度。	只在晴天時有效，在悶熱情況沒有降溫效果。1 才約 50~150 元。	在悶熱的情況下，有時灑水不僅不一定有效，反而有可能造成反效果。
實例	 <p>【圖四】花蓮慈濟靜思精舍的主堂 (資料來源：隨意窩 Xuite(2012)。2017 年 10 月 20 日，取自： <a href="http://ez2o.com/1uVk7">http://ez2o.com/1uVk7</a>)</p>	 <p>【圖五】百葉窗 (資料來源：蘋果日報 (2009)。2017 年 10 月 20 日，取自： <a href="https://ez2o.com/2uVSH">https://ez2o.com/2uVSH</a>)</p>	 <p>【圖六】水霧降溫 (資料來源：新浪新聞中心 (2010)。2017 年 10 月 20 日，取自： <a href="http://ez2o.com/4uV6w">http://ez2o.com/4uV6w</a>)</p>
說明	這是我們發現效率最高的，能降低室內溫度的方法。	由於和風的流動沒有直接關係，因此和窮人冷氣的相關性不高。	小水滴的分子越小越好，因為大量的表面積能促進水的蒸發，進而使該效率上得以較高。(每蒸發 1 克水可帶走 2.44 kJ 熱量)但要製造出小分子水滴必須依賴機械設備，然而在一些並沒有足夠資源的窮人國家也許並沒有電，因此會變成純粹增加空氣的濕度而已。

其他室內降溫方法，像是使用白色磁磚(淺色系建材)的優點，會有散熱的效果，而深色系的建材會有吸熱的效果。另外，心理學上在淺色或亮色的環境中人會比較愉悅，不容易燥熱。台灣夏季吹東南季風，房子坐北朝南在正午時能夠照射不到太陽光，且在夏季可以吹到更多

的風，所以自製冷氣裝置應該要放在夏季風吹來的方向。且在無風的時候潮濕會導致悶熱，但在使用窮人冷氣的情況下是有風的流通的，而潮濕的風較於乾燥的風相比能夠帶走較多的熱能。而我們接下來的實驗，使用的是保麗龍箱作為窮人冷氣的構建，所以可以在箱中加入少許可溶固體，過程中會吸熱，亦同將鹽溶於冰塊水中能延長冰融化的時間，鹽在融化的過程中因為會降低周圍溫度，所以可以降溫。

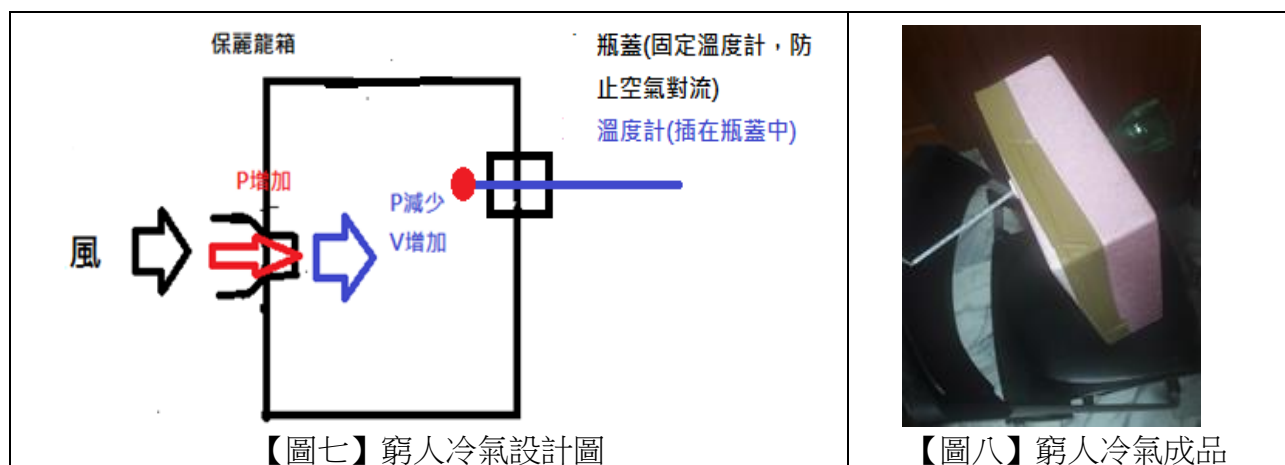
以上多種方法，扣除百頁窗和淺色系建材以外，其餘都與風的流動有關，只要有通風便可以帶走的熱能，因此為了維持通風，首先該空間要有入風口和出風口，入風口運用高低窗的設計建在高出，並加裝窮人冷氣，按照台灣的地理特性而坐北朝南，在光線能透進室內之處以百頁窗加以阻擋，切記在出風口要動些手腳，由於在風流動的末端，風速已經很不足了，如果能搭配類似抽風機的設備加速風的流動，也使得入風口的風在進入窮人冷氣時能有較大風速，確立窮人冷氣的實用性，進而達到高效的降溫效果

### 三、實驗原理

假設下列過程(如圖七)為絕熱狀態，氣體到瓶口時，受擠壓體積縮小而壓力增加，過了瓶口時， $P$  (壓力) 會下降，此時  $V$  (體積) 會增加，氣體膨脹跟周圍空氣產生碰撞，失去能量，進一步造成溫度下降。

### 四、實驗設計

為了使數據更趨近於理想情況，我們在設計實驗時想了很多方法盡量減少實驗時可能產生的誤差，首先我們想到營造一個密閉空間以減少跟大氣的對流，用保麗龍是因為能很好防止熱傳導，溫度計固定處的設置也是預防物體吸熱或因縫隙產生對流。










(圖片來源：研究者繪製及拍攝)

### 五、實驗器材

我們的實驗器材如下表所示。



【表二】實驗器材

1.送風機 	2.電風扇 	3.保麗龍箱 	4.溫度計 
5.大瓶口 	6.小瓶口 	7.風速計 	

(圖片來源：研究者拍攝)

## 五、實驗過程

- ✓ 控制變因：當前室溫,風速,寶特瓶與出風口之距離
- ✓ 操縱變：不同口徑的瓶子(受風面的風量)



【圖九】實驗過程



【圖十】測量過程

(圖片來源：研究者拍攝)

首先我們準備兩種不同瓶身口徑的瓶子，分別是 2000 毫升和 600 毫升的特瓶，將它們塞進保麗龍箱的洞口中，接著對著切口開始吹風，可以發現在出風口另一側的溫度計數值較入風口得到的溫度低，而從大瓶身測得的溫度差距又與小瓶身差的不多，經過測試，可見出入口大小的差距可能不影響降溫的量值，但都能達到降溫的效果。實驗數據如下：

這個是我們在較低溫時的實驗數據

室溫 18°C	直接受風時風速有 25.5m/s 時，測得溫度 17.6°C
	通過儀器後風速有 21.5m/s 時，測得溫度 17.1°C

這裡發現一個有趣的點，原先列入控制變因的風速，風速出乎我們意料的下降了，經過一番的討論後，發現了這就是「白努利定理」。而若取相同風速，則會因儀器距離出風口過於遠而測得的溫度將受到室溫的影響，因此我們決定將風速也列入實驗結果的紀錄。

白努利(Bernoulli)定理如下：

$$\frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh + P = \text{constant}$$

$P$ ：流體所受的壓力強度                       $\rho$ ：流體質量密度  
 $v$ ：流體速度                                       $g$ ：重力加速度  
 $h$ ：流體處於的高度(從某參考點計)       $\text{constant}$ ：常數

當風穿過瓶口時，空氣受到擠壓而造成 $P$ 上升，當其他條件( $\rho$ ,  $g$ ,  $h$ ,  $\text{constant}$ )不變， $v$ 會下降。因此我們又推理，遠離瓶口後壓力下降，能讓空氣有更大的速度並產生更劇烈的碰撞，進而散失更多能量，為我們的實驗原理又增添幾分可信度。

再來是延續上面的做法，在比較溫暖的室溫下做得的結果，氣溫也為控制變因只是初始值和上一個實驗不同而已。以下是該組實驗數據：

這個是我們在較高溫時的實驗數據

室溫 19.3°C	直接受風時風速有 25.5m/s 時，測得溫度 18.1°C
	通過儀器後風速有 22.0m/s 時，測得溫度 17.6°C

但這時出現了異常的情況，有少許數據通過儀器後溫度不降反升，由於數值並不會太過離譜，我們認為是因為在風速計的風扇快速轉動下太久導致摩擦而產生熱能。以下是該組實驗數據：

這個是我們感到疑慮的實驗數據

室溫 19.3°C	直接受風時風速有 21.5m/s 時，測得溫度 17.8°C
	通過儀器後風速有 19.0m/s 時，測得溫度 17.9°C

為了嘗試更多結果，配合它的實用性，我們嘗試用送風機的第二段風速(相較第一段來說沒有那麼強烈)和電風扇，看看在風不強的情況下會有怎麼樣的結果。以下是該組實驗數據：

這個是後來所做的電風扇實驗數據，和一組送風機的來做對照

送風機 室溫 17.0°C	直接受風時風速有 10.0m/s 時，測得溫度 16.7°C
	通過儀器後風速有 7.0m/s 時，測得溫度 16.1°C

電風扇(弱) 室溫 20.2°C	直接受風時風速有 4.5m/s 時，測得溫度 18.4°C
	通過儀器後風速有 4.0m/s 時，測得溫度 20.2°C

電風扇(中) 室溫 20.2°C	直接受風時風速有 5.5m/s 時，測得溫度 18.4°C
	通過儀器後風速有 5.0m/s 時，測得溫度 20.2°C

電風扇(強) 室溫 20.2°C	直接受風時風速有 7.0m/s 時，測得溫度 18.4°C
	通過儀器後風速有 6.0m/s 時，測得溫度 20.1°C

電風扇的實驗結果不如預期，我們猜測是因為實驗有疏失，導致溫度和室溫差不多。此時我們把風溫視為室溫，加上其他數據可得知，要有夠的風速差才能產生溫度變化。

## 參●結論

經由以上測試，只要是通過有口徑差的柱狀容器，如我們的儀器，切記入風口是口徑比較大的那邊，並且要正面迎風，就能有降溫的效果，前提是須安置在風速差較大的地方，才會有較顯著的溫度變化。而由於這次實驗不如預期，經過我們的檢討後，以下我們列出了幾點可能造成誤差的因素：

- (一)無法達到完全絕熱：實驗過程中，我們已經盡可能把可能減少空氣對流，但無法確定出風口造成對流影響有多大。
- (二)實驗過程中無法確定操縱變因是否穩定：在測量時風速並非每次都固定，有時數值會落在某個區間，離出風口的距離也可能因為不相同影響實驗結果。
- (三)人為操作上的疏失：在操作過程中的大意，不小心碰觸影響到實驗裝置或測量時取的數據不夠精確。
- (四)實驗次數不足：樣本數不足，無法確定實驗的正確性是否達到完全正確，但經由資料查證，此方法降溫是行得通的，但所需具備的條件並不簡單。

## 肆●引註資料

- 1.窮人冷氣機!寶特瓶卡厚紙板降溫(2016 年 6 月 12 日)。三立新聞台-YouTube。2017 年 10 月 20 日，取自：[https://www.youtube.com/watch?v=eokRtWO\\_wHM](https://www.youtube.com/watch?v=eokRtWO_wHM)



- 2.DIY 窮人冷氣機 寶特瓶超神用法(2016 年 6 月 11 日)。蘋果日報。2017 年 10 月 20 日，取自：<https://tw.appledaily.com/new/realtime/20160611/883776/>
- 3.DIY 超簡單！寶特瓶卡厚紙板 「窮人冷氣機」幫降(2016 年 6 月 13 日)。三立電視網。2017 年 10 月 20 日，取自：<http://www.setn.com/News.aspx?NewsID=154903>
- 4.湯博士的物理空間(2016 年 8 月 2 日)【是非物理 一世上真的有窮人冷氣機嗎？】。2017 年 10 月 20 日，取自：<https://ez2o.com/5uVMF>
- 5.世博園區為遊客帶來降溫(2010 年 5 月 3 日)。新浪新聞中心。2017 年 10 月 20 日，取自：<http://news.sina.com.cn/c/p/2010-05-03/035720195355.shtml>
- 6.休伊特（2008）。觀念物理 3 物質三態. 熱學(書)。臺北市：天下文化
- 7.林憲德（2017）。熱濕氣候觀點的人居熱環境(書)。臺北市：詹氏書局