

彰化縣 108 學年度國民中小學學生獨立研究作品徵選

作品說明書（封面）

作品編號：

組別：

☐ 國小組

☒ 國中組

☐ 數學類

☒ 自然與生活科技類

☐ 人文社會類

作品名稱：窮人冷氣機

目錄

摘要	P. 1
壹、研究動機	P. 1
貳、研究目的	P. 1
研究流程圖	P. 2
參、研究設備及材料	P. 3
一、材料及設備	P. 3
二、寶特瓶冷氣機之製作	P. 4
三、水濂裝置之製作	P. 6
四、研究器材製作	P. 8
肆、研究過程或方法	P. 8
一、原理說明	P. 12
二、研究方法	P. 12
伍、研究結果	P. 15
陸、討論	P. 21
柒、結論	P. 24

第一階段 研究訓練階段

一、近二年學校獨立研究課程之規劃

獨立研究訓練，本為學校安排給資優班的課程，剛開時以帶領學生進行科學研究為目的，由教師指導學生從課本延伸，並從中找尋研究題材，以及設計相關實驗主題，這些都必須花好幾個月的時間投入，除了正式課程檢視研究進度外，學生通常得利用假日時間返校進行小組研究。

隨著彰化縣辦理獨立研究競賽，始了解獨立研究較科展而言，更強調之間學習的連貫性，強調延伸所學以擬定想探究的主題，擴大範圍至多元面向，是以除數學、自然與生活科技外，更有人文科學，均為其範疇。這充份給予想進行研究的學生好的機會，無論是具有語文學術優異傾向、數學學術優異傾向抑或是兼具兩者的學生，找尋適合他們展現的舞台。

學校曾延請彰師大特教系教授蒞臨校內進行獨立研究的講座，勉勵學生各個均可嘗試參與研究，並於輔導室，設備組，及相關領域召集人處備有近年彰化縣獨立研究得獎成果冊供師生借閱，於學校首頁設立有關獨立研究文件專區，提供獨立研究方式及相關訊息查詢。學校熱心的老師亦會主動詢問，激勵學生組隊參與並掌握其進度，使學生能把握寒、暑假期間，投入研究。今年校內更預先進行校內初選，以增進參賽的質與量。

二、學校如何提供該生獨立研究訓練

- (一) 安排不同主題課程及研習，訓練學生探索問題、資料收集、應用分析、歸納整理、表達能力，培養主題研究的興趣。
- (二) 本校開設社團課，藉由接觸不同的學習內容，拓展學生獨立研究的視野。
- (三) 學校首頁闢有獨立研究文件專案專區，提供獨立研究方法與相關訊息下載。

- (四) 資源提供：學校整合科展與近年獨立研究歷屆範本（成果冊、光碟提供借閱，並在網站上建立關於科學教育及獨立研究專區提供其他研究資訊（包含研究方法、如何擬定主題及研究計畫、得獎作品等）。
- (五) 研習規畫：實施多場不同主題的課程習，培養學生探索問題、資料蒐集、應用分析、歸納整理以及表達的能力，並應用在獨立研究。
- (六) 設備器材：於週六、日或課餘期間，均開放電腦教室、E 化教室等電腦設備供學生使用，研究所需的實驗器材均一應俱全，讓學生在完善的環境下，專心從事研究。

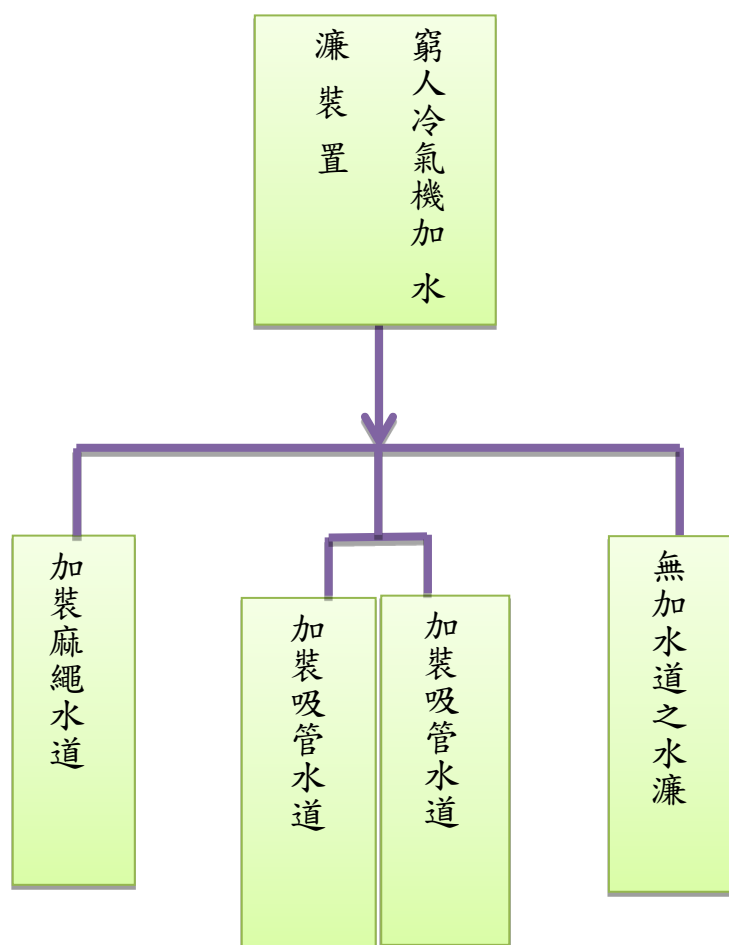
第二階段 獨立研究階段

一、研究動機

國中一上社會地理科(6-2)生態特徵與環境問題提及『:都市熱島效應』造成台灣島的溫度逐年上升。在自然與生活科技二上課本第五單元『溫度與熱』(5-4『熱的傳播』與5-3-2『對流』)學習到基本的概念，『對流：熱隨著氣體或液體流動的傳播的方式』。而指導老師提及『白努力原理』了解到氣體膨脹對外界輸出能量的變化，與學長們製作的寶特瓶冷氣機的題目相關，而本組也發現到有學長姐做關於水濂的研究，因此想將兩樣皆能降溫的儀器組合而成為真正可以取代需要高耗電的壓縮機和會造成環境污染冷媒的冷氣機，本組研究的目的是希望了解『白努力原理』與『冷熱交換原理』，在自然通風對流下達到降溫效果，而設計了一個簡易又完全沒有使用能源的『窮人冷氣機』。在電力供應以及電器設備的普及不足的地區，便能提供大家良好的工作環境和舒適的溫度。

二、擬定正式計畫、研究問題及工作進度表

擬定正式計畫



研究問題

利用水簾設計加裝在寶特瓶冷氣機，並探討不同設計對環保冷氣機的降溫效果：

- 一、探討加裝不同粗細的吸管水道的水簾裝置對寶特瓶冷氣機的降溫效果。
- 二、探討加裝麻繩水道的水簾裝置對寶特瓶冷氣機的降溫效果。
- 三、探討無任何水道的水簾裝置對寶特瓶冷氣機的降溫效果。

工作進度表

時間 工作	09/1 ~ 09/7	09/8 ~ 09/21	09/22 ~ 09/28	09/29 ~ 10/12	10/13 ~ 10/26	10/27 ~ 11/09	11/10 ~ 11/23
蒐集相關資訊							
與老師討論							
擬定研究計畫							
實驗記錄							
實驗資料統整							
撰寫研究報告							
定稿繳交報告							
累積進度百分比	5%	20%	30%	50%	70%	85%	100%

三、彙整相關文獻

(一) 白努利定律

原表達形式 [編輯]

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

其中：

v = 流體速度

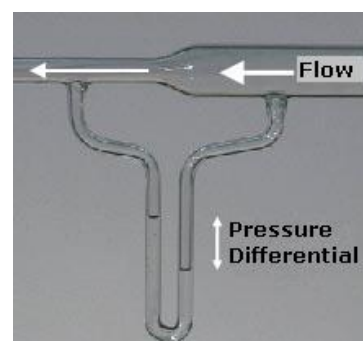
g = 重力加速度 (地球表面的值為 9.8 m/s^2)

h = 流體處於的高度 (從某參考點計)

p = 流體所受的壓力強度

ρ = 流體質量密度

constant = 常數



在流體動力學，無黏性的流體的速度增加時，流體的壓力能或位能（位能）總和將減少。白努利定律可以從能量守恆定律來推演。說明如下：在一個穩定的水流，沿著直線流向的所有點上，各種形式的流體機械能總和必定相同。也就是說，動能，位能，與內能的總和保持不變。換言之，任何的流體速度增加，即代表動態壓力和單位體積動能的增加，而在同時會導致其靜態壓力，單位體積流體的位能、內能等三者總和的減少。如果液體流出水庫，在各方向的流線上，各種形式的能量的總和是相同的；因為每單位體積能量的總和（即壓力和單位體積流體的重力位能 ρgh 的總和）在水庫內的任何位置都相同。所以推論**壓力變小，流速變快**。

（二）體感溫度

經過搜尋資料後發現到一個能較貼近人體感覺的溫度數據——「體感溫度」關於此體感溫度有其定義與因素，台灣官方的中央氣象局有詳細的定義。下列為體感溫度公式：

體感溫度 = $(1.04 \times \text{溫度}) + (0.2 \times \text{水氣壓}) - (0.65 \times \text{風速}) - 2.7$

水氣壓 = $(\text{相對濕度} / 100) \times 6.105 \times \exp[(17.27 \times \text{溫度}) / (237.7 + \text{溫度})]$ （溫度以 $^{\circ}\text{C}$ 為單位、風速以 m/s 為單位、水氣壓以百帕為單位）

（三）氣體動力論

分子運動論（又稱分子運動論或分子動理論）是描述氣體為大量做永不停息的隨機運動的粒子。快速運動的分子不斷地碰撞其他分子或容器的壁。分子動理論就是通過分子組分和運動來解釋氣體的宏觀質，如**壓力、溫度、體積**等。

（四）蒸發冷卻

蒸發冷卻外加通風可以有效的預防熱緊迫，甚至在潮濕的情況下，仍能發揮功效**蒸發冷卻降低溫度提昇濕度**，下列為一些蒸發冷卻中 useful 之定義：

乾球濕度=由乾球溫度計所顯示之溫度。濕球溫度=溫度計下方之球，包以濕布且不停的有空氣流經此球，當水份由包之濕布上蒸發時就會將球冷卻，此時溫度計顯示之溫度，即為濕球溫一般低於乾球溫。

相對濕度=是量測空氣中之含水量，這是空氣中水氣壓之含量和飽和狀況下（100%濕度）水氣壓含量比。表 1 為不同相對濕度下之乾和濕球 溫度。

露點溫度=在此溫度時水分凝結在物體之表面（形成露），露點溫一般低於乾或濕球溫度，只有在飽和情況下（相對濕度 100%），露點濕才等於乾球濕和濕球溫，露點溫度愈高，空氣中所含水分愈多。

濕球降差=乾球和濕球溫之差（乾球－濕球溫度），也稱之為蒸發冷卻的潛力。空氣濕度計=為一量測乾球及濕球溫度之裝置。此溫度計一個以布包起，另一則不包，當布吸了水且空氣流過 2-3 分鐘後，即可讀出乾球溫度及濕球溫度。懸吊式空氣濕度計可測知空氣流動，附電池之濕度計，利用小風扇將空氣吹過溫度計。

蒸發冷卻=以噴灑霧、通風等方式來達到蒸發水分而冷卻空氣，蒸發冷卻可降低乾球溫度，而使接近濕球溫度增加相對濕度。蒸發冷卻無法改變濕球溫度。

噴霧=水分由噴頭噴出之一種蒸發冷卻的方法。水滴的大小影響冷卻之效率（因為小的水滴蒸發得快），水壓也會影響水滴之大小，因此高水壓（例如 1400kPa）在噴霧上是必須的，但雞舍噴霧會導致雞舍內雞、墊料、飼槽的潮濕。

蒸發冷卻水簾=是一種蒸發冷卻的設備。此設備中，水由簾上往下流，而空氣則經由簾進入雞舍，新的狀況良好之水簾具有良好之效率（70-90%），如裝設良好且維持良好情況下，可以比噴霧法效果好且不會造成內面之潮濕。再循環

利用水之水簾系統，可外加水管儲水池和抽水馬達等，使得進過水簾之水再利用。

噴霧水簾=這是一種新型的設計，是利用噴頭將水噴下以取代水簾。這一種設計較一般水簾便宜，但效率較差且需要更多之水。效率差是因為會把水吹走。肉雞業者曾試著不同的方法，種雞業者因為冷卻效果好較喜歡再循環水簾。

▼表 1 夏天情況下之相對濕度表

		Dry Bulb Temperature, °C																							
		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39			40	
濕球溫度 °C	Wet Bulb Temperature, °C	15	59	53	47	42	38	33	28	26	23	20	17	15	13	11	9	7	6	4	3	2	1	15	濕球溫度 °C
	16	67	60	54	48	43	39	35	31	27	24	21	19	16	14	12	10	9	7	6	5	4	16		
	17	75	67	61	55	50	45	40	36	32	29	26	23	20	18	16	14	12	10	9	7	6	17		
	18	83	75	68	62	56	51	46	41	37	34	30	27	24	22	19	17	15	13	12	10	9	18		
	19	91	83	76	69	63	57	52	47	43	39	35	32	28	26	23	21	18	16	15	13	11	19		
	20	100	91	84	76	70	64	58	53	48	44	40	36	33	30	27	24	22	20	18	16	14	20		
	21		100	92	84	77	70	64	59	54	49	45	41	37	34	31	28	25	23	21	19	17	21		
	22			100	92	84	77	71	65	60	55	50	46	42	38	35	32	29	27	24	22	20	22		
	23				100	92	85	78	72	66	60	55	51	47	43	39	36	33	30	28	25	23	23		
	24					100	92	85	78	72	66	61	56	52	48	44	40	37	34	31	29	26	24		
	25						100	92	85	79	73	67	62	57	53	49	45	41	38	35	32	30	25		
	26							100	92	85	79	73	66	62	58	53	49	46	42	39	36	33	26		
	27								100	93	86	79	74	68	63	58	54	50	46	43	40	37	27		
28									100	93	86	80	74	69	64	59	55	51	47	44	41	28			
29										100	93	86	80	74	69	64	60	56	52	48	45	29			
30											100	93	87	80	75	70	65	60	56	52	49	30			
31												100	93	87	81	75	70	65	61	57	53	31			
32													100	93	87	81	75	71	66	62	57	32			
		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40			
		Dry Bulb Temperature, °C																							
		乾球溫度 °C																							

目前使用中之冷卻雞舍最有效且效率好的系統還是蒸發水簾。水簾是由浪型纖維素和其他材料所製成。蒸發冷卻效率最好的是設計良好且狀況良好的纖維素水簾，Bottcher et al. (1992)在兩棟肉雞舍中量得纖維素水簾的效率為 80-89%。水簾在運作時，希望水往下流而風可以橫向穿過而進入禽舍，如此可使得水分蒸發到氣流中，達到蒸發冷卻之效果，前已論及，應提供足夠之水簾面積而通過 10 公分厚的水簾之風速不超過 1.3m/s。水簾厚度 15 公分時，不超過 1.8m/s。水簾式系統特別重要的是畜舍需維持良好的氣密性，畜舍沒有裂處、洞或其他沒有預設的開放點。所有通風應經過水簾以達到最佳冷卻效果，太多之漏洞造成水簾設施之浪費。水簾主設計造成禽舍內會存在 17 到 25Pa 之靜壓降，有了這種壓力，外界之熱空氣會流過任何禽舍上之洞進入屋內。

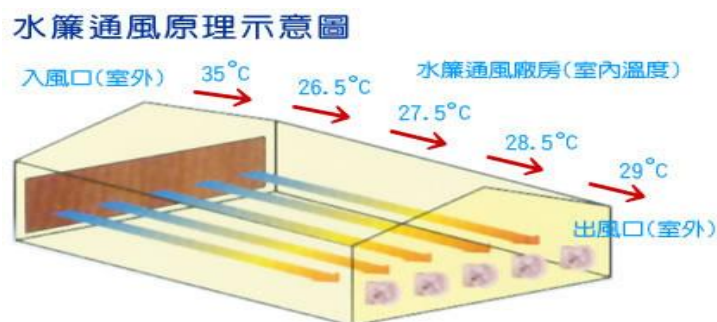
(五) 冷熱交換原理

人站在海邊感覺特別涼爽，這是因為海水吸收空氣中的熱量而蒸發，空氣溫度下降，從而帶給我們涼爽的冷空氣。在西元 2000 年的一份文獻探討「水簾式豬舍內境之探討與評估的文章」裡行政院農業委員會—水簾式豬舍應用於保育豬之研究—提到水簾牆降溫系統合併負壓通風使空氣冷卻的熱學原理，可使廠房內的高溫環境迅速地下降，並將溫度保持在最舒服的工作環境溫度，提升員工工作效率，保持生產製品的高品質。

水蒸發吸熱原理的三大要素：

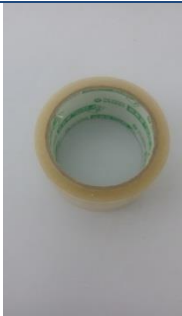
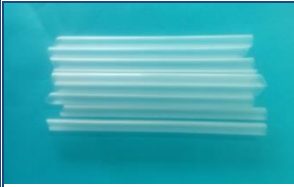
- 1、水與空氣接觸的表面積
- 2、空氣的流通速度
- 3、水本身的溫度

並且水蒸發吸熱效率與以上要素成正比，在水泵與重力作用下，在濕漉波紋狀的纖維表形成總面積相當於水簾外觀面積 10 倍以上的褶皺型水膜，所以水膜與空氣的接觸面積是很大很大。由於有負壓風機抽風所造成的“氣壓差”，所以室外的空氣會很快的迂回地穿過降溫水簾，並與水簾水膜相撞，以便與空氣中的熱量被廣面積的水膜迅速吸收。水溫升高，蒸發也加劇，水所帶走的熱量就增多，降溫效果也就越明顯。



四、資料分析

(一)材料及設備

			
圖 2 紙箱	圖 3 寶特瓶	圖 4 電風扇	圖 5 溫溼度計
			
圖 6 風速計	圖 7 膠帶	圖 8 瓦楞紙板	圖 9 吸管(細)
			
圖 10 熱熔膠	圖 11 皮尺	圖 12 白膠	圖 13 美工刀
			
圖 14 吸管(粗)	圖 15 麻繩		

(二)寶特瓶冷氣機之製作

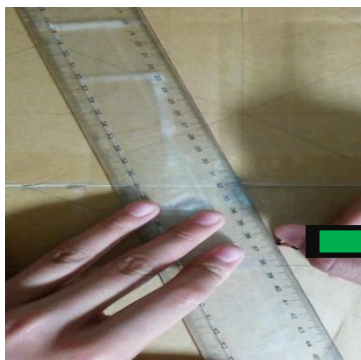


圖 16 在紙箱上平均畫出表格，並在每個方格上找出中心點。

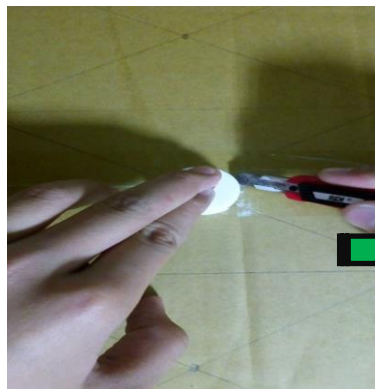


圖 17 在中心點畫上符合瓶口大小的圓圈，接著沿著圓圈切除。



圖 18 把寶特瓶切半（大:18.5cm/小:12cm）。

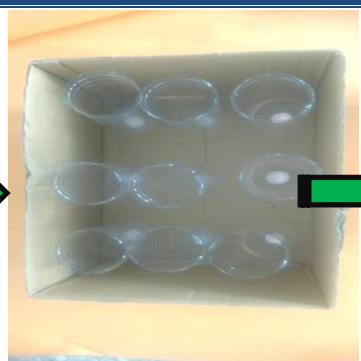


圖 19 裝上寶特瓶。



圖 20 切出適合縫隙的紙板。



圖 21 貼上紙板〈縱〉



圖 22 貼上紙板貼上紙板〈橫〉



圖 23 完成！〈正面〉

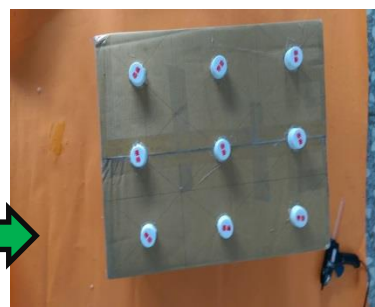
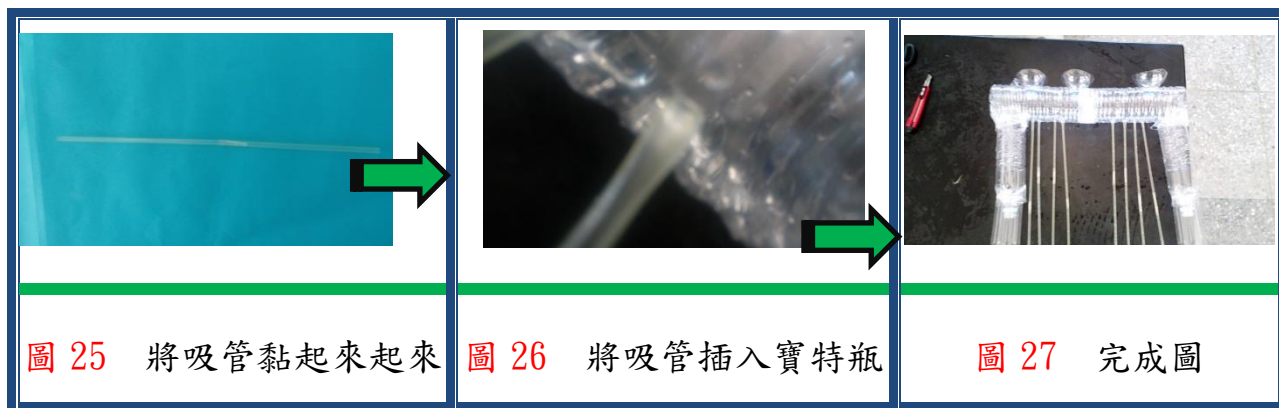
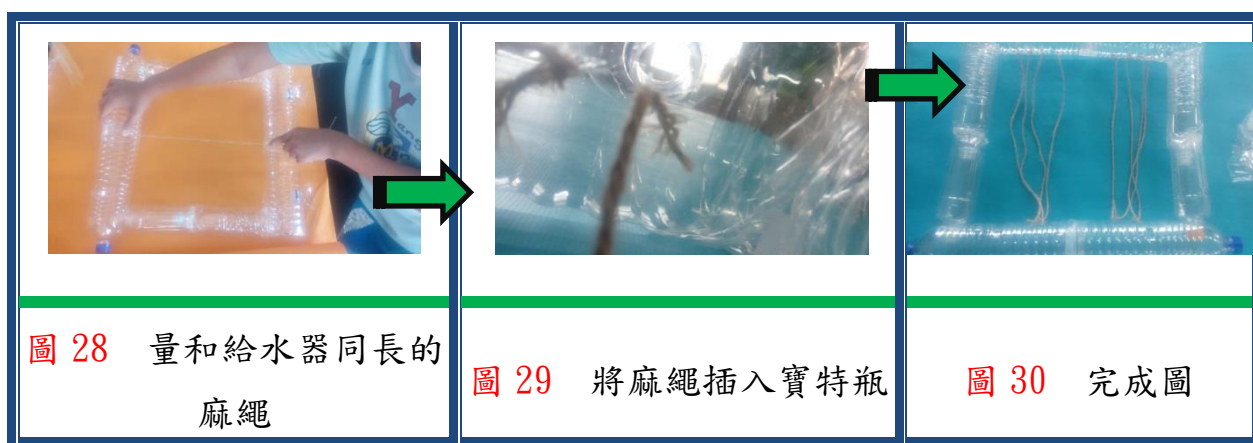


圖 24 完成圖〈背面〉

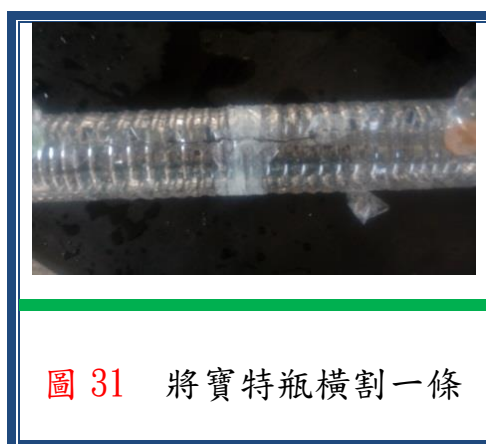
(三)製作吸管〈係〉水道



(四)製作麻繩水道



(五)製作無水道之水濺



(六)自製研究器材

(1)送風口製作原因：吹風機所吹出來的風無法平均送至每一個寶特瓶。



圖 32 材料：厚紙板、膠帶
將紙箱兩邊各剪一個洞



圖 33 因紙箱無法站穩，所以在
紙箱個個角貼膠帶

(2)給水器製作原因：能平均分送水分



圖 34 將大寶特瓶裁切



圖 35 用熱熔膠固定。



圖 36 將大小寶特瓶
以 90 度垂直黏貼 (*2)



圖 37 將上一步驟的兩個大
寶特瓶口對口黏合



圖 38 將另外兩個大寶
特瓶尾對尾相連



圖 39 將已黏貼寶特瓶
兩邊挖一個瓶蓋大小洞



圖 40 將圖 67 的成品和圖 9 的成品結合



圖 41 將圖 70 的成品之上方打動並放入剪下的瓶頭 (*3)

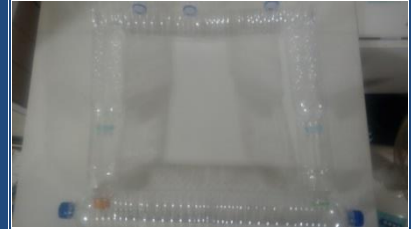


圖 42 送水器完成圖

(3)風速計固定器



圖 43 將紙板挖洞



圖 44 風速計固定器完成圖



圖 45 但因風速固定器過輕，因此在寶特瓶內放電池

(七)研究方法

1. 探討水管水道對冷氣機的降溫效果。

設備：寶特瓶冷氣機、風洞、溫溼度計、風速計。

控制的變因：瓶口大小、環境溫度、風速、溼度、環保冷氣機的

操縱的變因：吸管水道的添加

應變的變因：體感溫度、瓶口溫度、風速



圖 46 添加吸管水道



圖 47 無添加吸管水道



圖 48 添加吸管水道



圖 49 無添加吸管水道

表一 實驗顯示：

添加吸管水道(細)	添加吸管水道(粗)	無添加吸管水道
1. 風速不變，都是 3.6 m/s 2. 溼度由 65% 提升至 67% 3. 室溫由 24°C 降至 22°C。	1. 風速不變，都是 3.6 m/s 2. 溼度由 65% 提升至 67% 3. 室溫由 24°C 降至 22°C。	1. 風速不變，都是 3.6 m/s 2. 溼度不變，都是 65% 3. 室溫由 24°C 降至 22.9°C

(2) 添加麻繩水道水道對環保冷氣機的降溫效果。

設備：環保冷氣機、風洞、溫溼度計。

控制的變因：瓶口大小、環境溫度、風速、溼度、環保冷氣機的尺寸

操縱的變因：麻繩水道的添加

應變的變因：體感溫度、瓶口溫度、風速。



圖 50 添加麻繩水道



圖 51 無添加麻繩水道



圖 52 添加麻繩水道



圖 53 無添加麻繩水道

表二 實驗顯示：

添加麻繩水道	無添加麻繩水道
1. 風速都是 3.6 m/s	1. 溼度不變，都是 65%
2. 溼度由 65% 提升至 67%	2. 風速不變，都是 3.6 m/s。
3. 室溫由 24°C 降至 21.7°C	3. 室溫由 24°C 降至 23°C

(3) 添加無水道水濂對環保冷氣機的降溫效果。

設備：寶特瓶冷氣機、風洞、風速計、溫溼度計。

控制的變因：瓶口大小、環境溫度、風速、溼度、環保冷氣機的尺寸

操縱的變因：有無加裝無水道水濂。

應變的變因：風速、瓶口溫度、體感溫度。



圖 54 添加無水道水濂



圖 55 無添加無水道水濂



圖 56 添加無水道水濂



圖 57 無添加無水道水濂

表三 實驗顯示：

添加無水道水濂	無添加無水道水濂
1. 風速一直是 3.6 m/s	1. 風速一直是 3.6 m/s
2. 溼度由 66% 提升至 68%	2. 溼度不變，都是 66%
3. 室溫由 24°C 降至 21.6°C	3. 室溫由 24°C 降至 23°C

五、研究結果及討論

(一)探討瓶子排列密度對環保冷氣機的降溫效果

表四 吸管水道寶特瓶/無吸管水道寶特瓶的瓶口溫度、溼度、風速、體感溫度

	室溫(°c)	風速(m/s)	溼度(%)
吸管水道寶特瓶(粗)	22	3.6	67
吸管水道寶特瓶(細)	22	3.6	67
無吸管水道寶特瓶	22.9	3.6	65

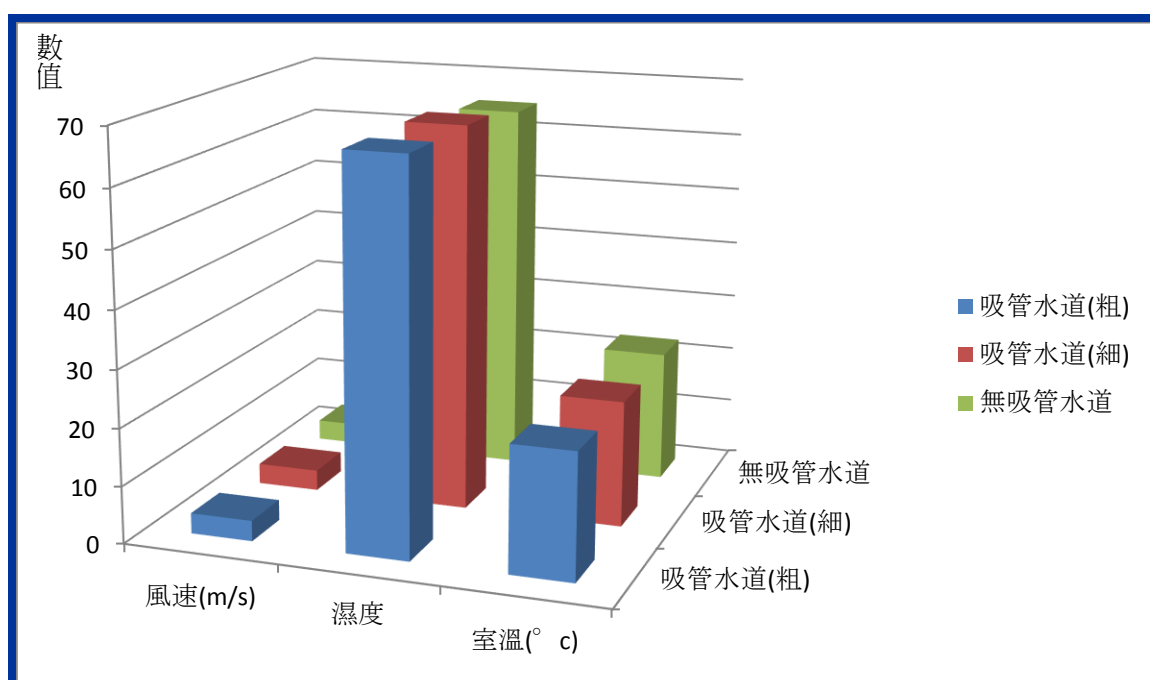


圖 58 各種條件與加裝吸管水道（粗）/加裝吸管水道（細）/ 無加裝吸管水道在冷氣機的關係圖

由圖 58 可知：

1. 溼度：加裝吸管水道（粗）/加裝吸管水道（細）/無加裝吸管水道
2. 風速：風速皆相同
3. 室溫：吸管水道寶特瓶（粗）/ 吸管水道寶特瓶（細）最低。

根據表四與圖 58 整理出：

探討瓶子排列密度對環保冷氣機的降溫效果

吸管水道寶特瓶（粗）/吸管水道寶特瓶（細）/ 無吸管水道寶特瓶

風速：風速相同

溼度：加裝吸管水道（粗）和加裝吸管水道（細）皆相同

室溫：加裝吸管水道（粗）和加裝吸管水道（細）較低

由上文可以發現：

1. 風速相同。
2. 加裝吸管水道（粗）和加裝吸管水道（細）降溫效果最好。
3. 風速快較能降低室溫。

綜合上列結果：加裝吸管水道的降溫效果最好

(二)探討瓶子不同大小對環保冷氣機的降溫效果

表五 加裝麻繩水道/不加裝麻繩水道的溼度、風速、體感溫度

	室溫(°c)	風速(m/s)	溼度(%)
加裝麻繩水道	21.7	3.6	67
不加裝麻繩水道	23	3.6	65

根據表二與圖 59 整理

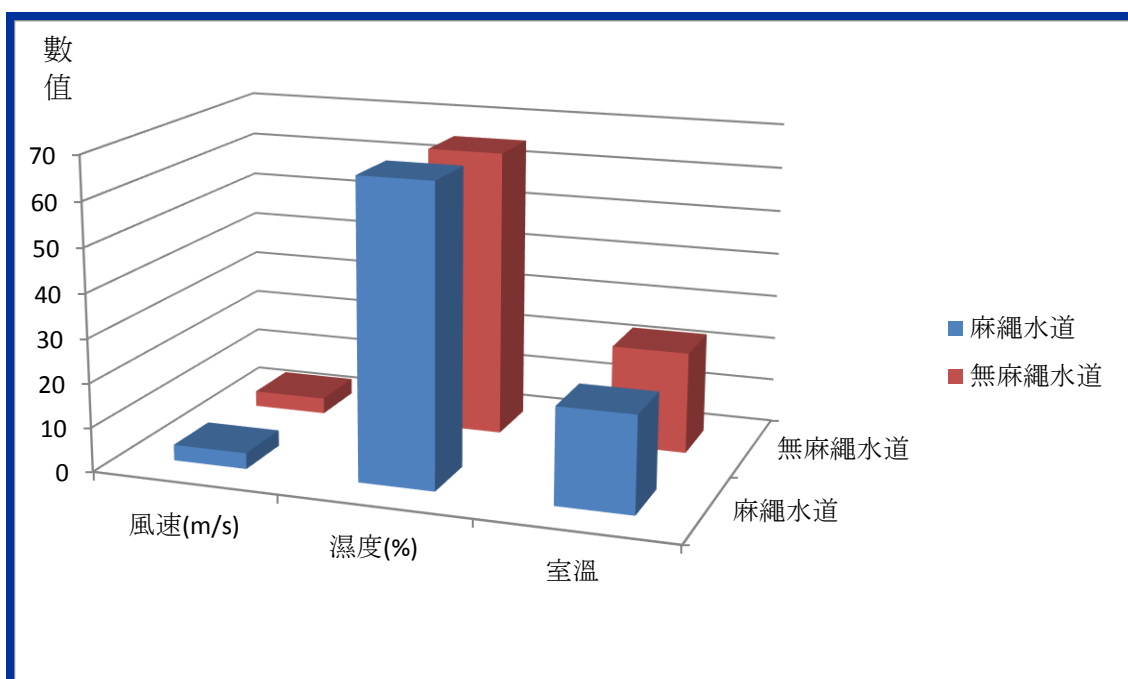


圖 59 各種條件與不加裝麻繩水道 / 加裝麻繩水道在寶特瓶冷氣機的關係圖。

由圖 59 可知：

1. 室溫：加裝麻繩水道**最低**。
2. 溼度：加裝麻繩水道**較高**。
3. 風速：兩者**皆相同**

探討不加裝麻繩水道 / 加裝麻繩水道對寶特瓶冷氣機的降溫效果
不加裝麻繩水道 / 加裝麻繩水道：

風速：風速皆**相同**

溼度：加裝麻繩水道 $>$ 不加裝麻繩水道

室溫：加裝麻繩水道 $<$ 不加裝麻繩水道

由上文可以發現：

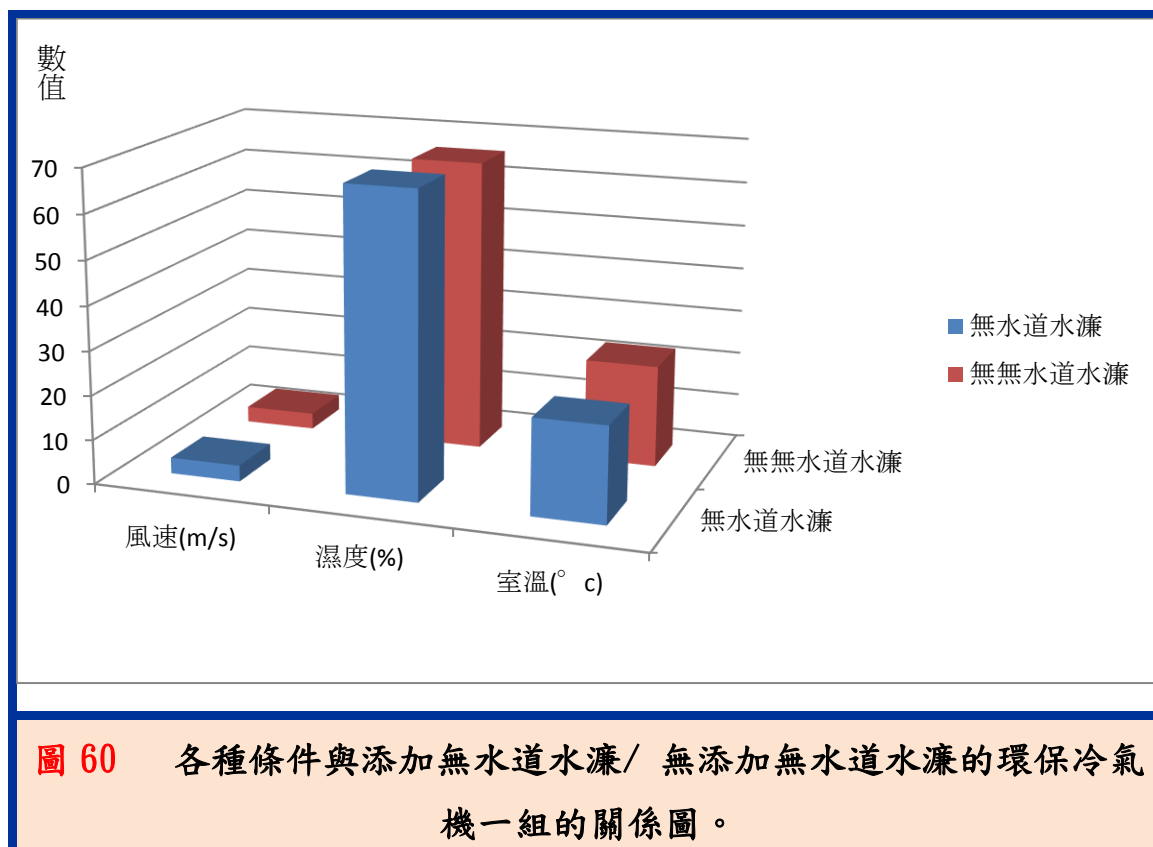
1. 加裝麻繩水道無法改變風速
2. 加裝麻繩水道能稍微降低室溫
3. 加裝麻繩水道會增加濕度

綜合上列結果：加裝麻繩水道能稍微降低氣溫

(三)探討瓶內有無添加無水道水濺對冷氣機的降溫效果

表六 添加無水道水濺/ 無添加無水道水濺/的瓶口溫度、溼度、風速、體感溫度

	室溫(°c)	風速(m/s)	溼度(%)
添加無水道水濺	21.6	3.6	68
無添加無水道水濺	23.0	3.6	66



由圖 60 可知：

1. 溫度：添加無水道水濺最低。
2. 溼度：添加無水道水濺較溼。
3. 風速：添加無水道水濺和無添加無水道水濺一樣快。
4. 體感溫度：添加無水道水濺最低。

根據表六與圖 60 整理出：

探討瓶內有無加裝葉片對環保冷氣機的降溫效果

添加無水道水濺 / 無添加無水道水濺

風速：添加無水道水濺 = 無添加無水道水濺

溼度：添加無水道水濺 > 無添加無水道水濺

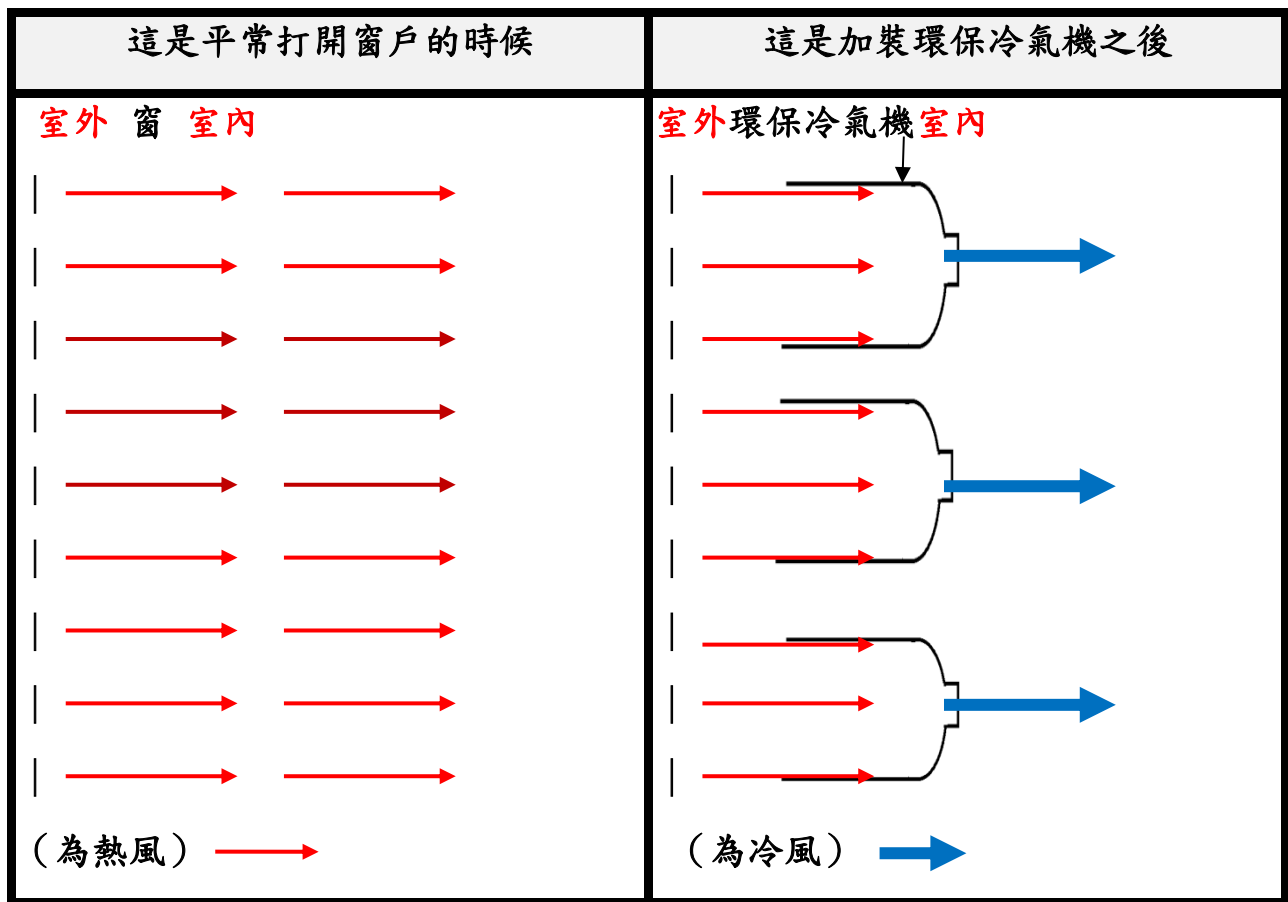
溫度：添加無水道水濺 < 無添加無水道水濺

由上文可以發現：

1. 添加無水道水濺會讓溼度升高
2. 瓶口的溫度最低不代表降溫效果最好。
3. 添加無水道水濺的降溫效果最好
4. 風速皆相同
5. 瓶口的溫度跟原來溫度沒有明顯的差距。

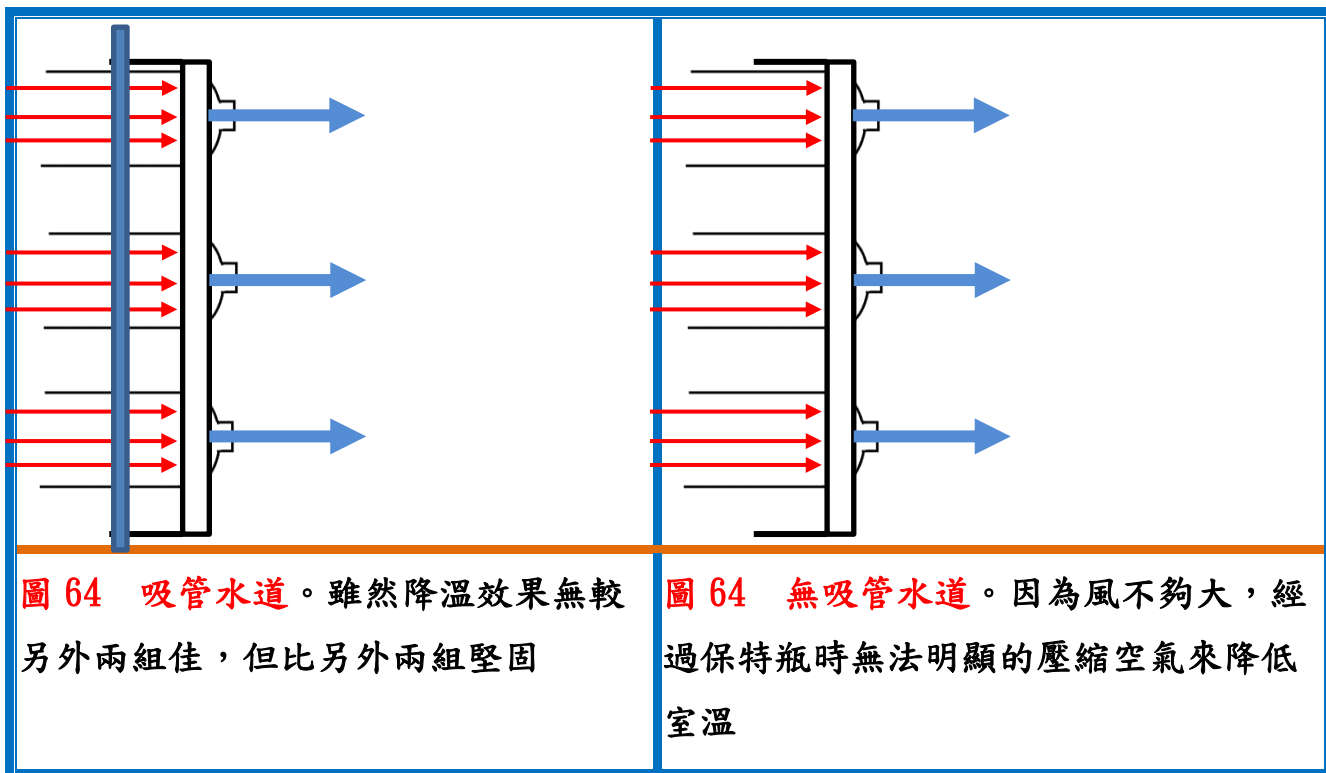
綜合上列結果：加上葉片才會有好的降溫效果。

(四)討論

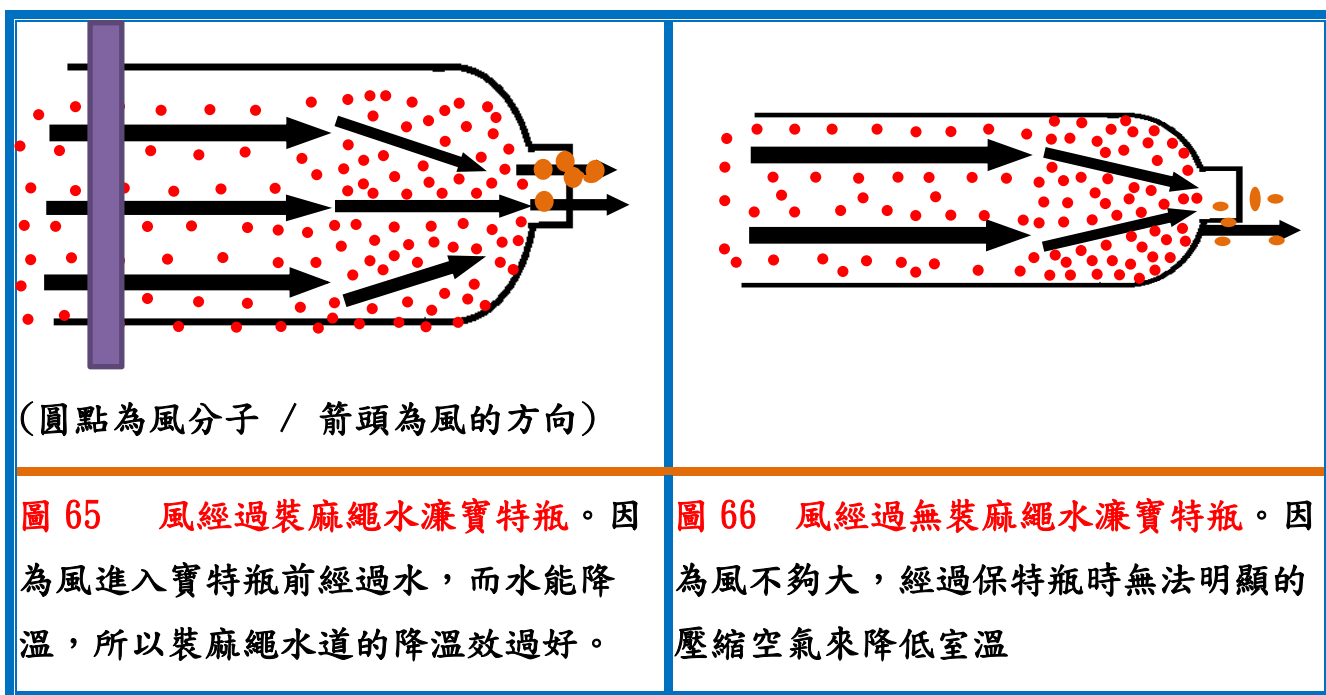


可知當風通過一般窗戶時，因為沒有任何阻礙，所以風速不變，溫度也不會變；裝上環保冷氣機之後，進入室內的空氣遇到狹窄的瓶口會被壓縮，加強了風速，也下降了溫度。

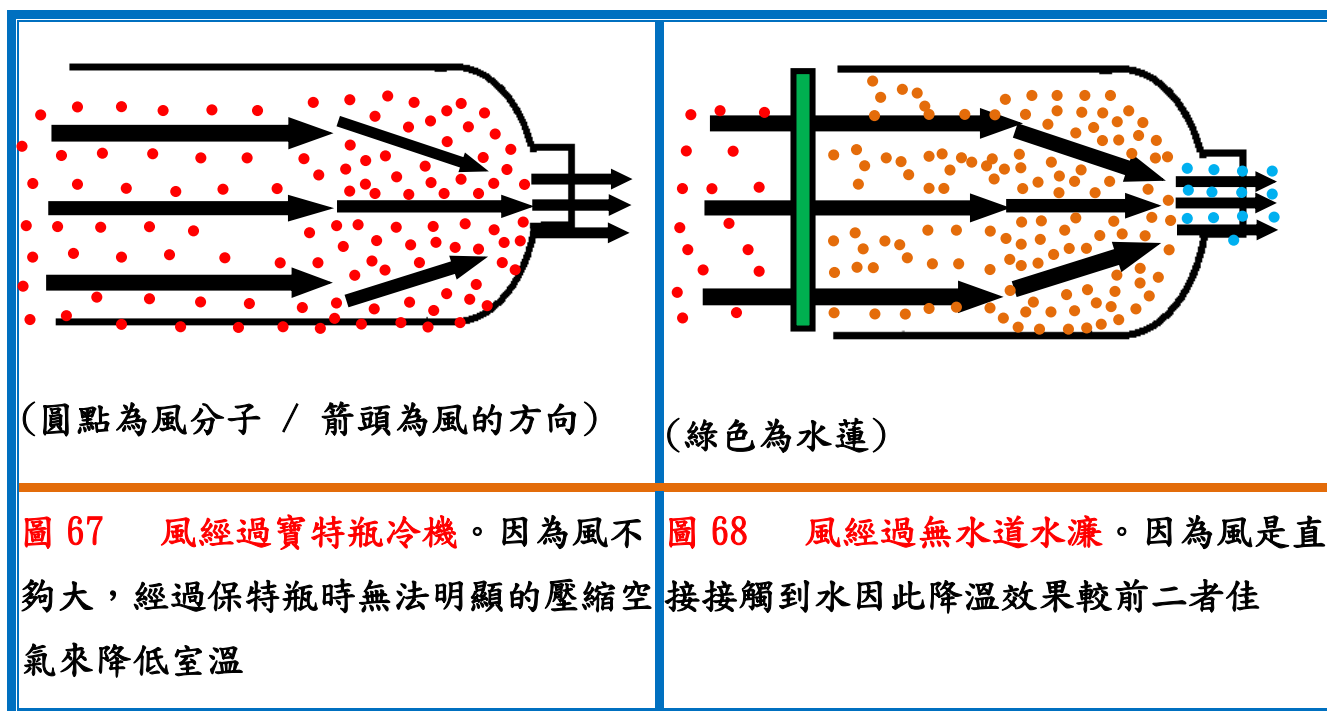
1. 探討瓶子排列密度對環保冷氣機的降溫效果



2. 探討加水道對環保冷氣機的降溫效果



3. 探討瓶內有無加裝無水道水濺對環保冷氣機的降溫效果



(五)結論

1. 探討有無加裝吸管水道環保冷氣機的降溫效果一組中：**加裝吸管水道**的環保冷氣機的降溫效果較好。
2. 探討家麻繩水道對環保冷氣機的降溫效果一組中：**加裝麻繩水道**的環保冷氣機的降溫效果較好。
3. 探討瓶內有無加裝無水道水濺對環保冷氣機的降溫效果一組中：有**加裝無水道水濺**的環保冷氣機的降溫效果較好。
4. 整合上列結果，加裝無水道水濺的降溫效果最好，但因風吹過時水無物體附著而容易噴濺，所以整體而言，麻繩水道的效果最好。
5. 如果要用環保冷氣機代替一般冷氣機，可以選擇吸管水道環保冷氣機，因為雖然麻繩水道不會噴濺出水，但也會隨風飄逸，因此吸管水道是最適合代替冷氣而達到最佳的降溫效果。

六、評鑑與檢討：上述每一階段的省思與收穫

(一)研究動機

1. 遭遇困難：討論研究主題時，小組成員因無實戰經驗，像無頭蒼蠅似的搜集各種資料，仍無法選定研究的題目。
2. 解決對策：經研究指導老師的提點，建議我們可從日常生活便利性開始著手，讓研究的成果能為社會帶來更便利，所以我們想到製作一個環保的冷氣機，將它運用在日常生活中，讓大家能有節能減碳的生活模式。
3. 突破與收穫：當搜集資料仍陷入不知從何著手，對小組成員是種考驗，最後透過老師指導、個人平時的觀察力及組員的集思廣益，讓我們又燃起積極研究的動機。

(二)擬定正式計畫、研究問題及工作進度表

1. 遭遇困難：正式計畫和研究問題，這部份是最重要且最困難的。擬定工作進度表時，發現時間不足會很匆忙。。
2. 解決對策：排工作進度時，盡量兼顧實際完成的效率，和交件的期限，並善用時間按照進度完成。
3. 突破與收穫：時間管理是很重要的，應該更早開始製作研究，避免進度緊湊。應妥善運用零碎時間，以提升工作效率。當小組成員遇到意見不合時，我們能透過討論來接納各種不同的想法，這也是組員的另一種學習。

(三)彙整相關文獻

1. 遭遇困難：剛開始，組員認真地尋找有關環保冷氣機，搜集後發現資料很多，彙整成具有參考價值的資料很費時。
2. 解決對策：小組成員再次聚精會神，對所有資料篩選，將無關連的資料摒棄，保留與研究主題相關的資料。
3. 突破與收穫：經過此階段，在搜集資料時，學習到分工合作重要性，也在彙整資料時，學會如何快速篩選，掌握自己所需的資料。

(四)資料分析

1. 遭遇困難：在製作圖表分析資料時，剛開始因所學不足，以致過程中常修正。另在製作寶特瓶時，有些地方遇到瓶頸，如水會從寶特瓶裡露出來、水濺地穩固不夠。
2. 解決對策：在圖表製作方面，指導老師很有耐心地教導我們，使我們了解如何將資料製成表格再轉為相對圖表。寶特瓶水濺的缺點，在指導老師循序漸進的引導下，將不牢固及漏水現象，透過排除障礙，且鍥而不捨的尋找解決方法，實驗順利完成。
3. 突破與收穫：此階段我們學到「做中學、學中做」的道理，當我們遇到所學不足之處，只要虛心向人請教，必能從中學到各種知識，提升自我的本質能力。

(五)研究成果與討論

1. 遭遇困難：經本組實驗研究得知，無水道水濺，在日常生活落實較不易，因水沒有附著的物體，容易濺出，故使用後會非常的麻煩，如果加裝回收系統，成本太高，不符經濟效益，因此民眾設置意願較不高。
2. 解決對策：若此寶特瓶水濺窮人冷氣機不能被推行，是可惜的。應從
3. 突破與收穫：經此次實驗研究成果，讓我們更了解風從大孔到小孔和風經過水濺的變化。且能透過此原理應用到日常生活中，為大家帶來更環保、更舒適的生活品質。

七、參考資料

- 一、第 52 屆中小學科學展覽會。風中奇緣--製作風洞並探討各種網子的防風性能
- 二、<https://tw.appledaily.com/new/realtime/20160611/883776/>
蘋果日報 (2016/06/11)。DIY 窮人冷氣機 寶特瓶超神用法
- 三、<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/流體力學>
維基百科。氣體動力論
- 四、第 58 屆中小學科學展覽會。環保冷氣機

五、第 57 中小學科學展覽會。『水 濂』洞的春天

六、白努力定理-維基百科

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%BC%AF%E5%8A%AA%E5%88%A9%E5%AE%9A%E5%BE%8B>

七、水簾式雞舍~夏良宙

<http://www.miobuffer.com.tw/clwm/199608/04.htm>