

嘉義縣第 53 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：物理科

組 別：國小組

作品名稱：真「溼」夠了一涼風扇的探討

關鍵詞：溼度、危險係數、大氣壓力

編號：

真「溼」夠了—涼風扇的探討

摘要：

實驗的目的在找出涼風扇對於使用者的舒適度之影響，其中舒適度包含了溫度的下降及溼度的抑制，也就是危險係數的概念，因此需要兼顧溫度與溼度。我們針對涼風扇所要探討的溫溼度設計實驗，包含了風速、噴水量、風扇距離、酒精比例及水溫等五個變因，最後藉由實驗結果了解使用涼風扇需要注意的事項。

從研究結果中，我們對於涼風扇的使用得到了以下結論：(一)噴水器噴出的小水珠易下沉，使用者會感覺到降溫效果不均勻，較低的位置降溫較明顯；(二)搭配較強的風，降溫效果會較明顯，且能大幅降低溼度；(三)增加噴水量雖可促進降溫，但卻會造成溼度過高；(四)涼風扇距離愈近，降溫效果愈好，但卻可能導致涼風扇正前方過度潮溼；(五)使用含酒精之水溶液於涼風扇，降溫效果與水相比，差異並不太明顯，但能有效減少溼度升高；(六)使用冰水於涼風扇，降溫效果只略優於常溫的水，但卻可能產生過高的溼度；(七)使用涼風扇時，應注意溫度的降低量是否高於溼度的升高量之1/10；若否，根據危險係數公式之計算，涼風扇並無法讓人更涼爽。

壹、研究動機

每次到了夏天，總感覺天氣是一年比一年熱，電風扇已經不夠用，但冷氣機耗電又不環保，最近看到了大賣場正在熱賣一種電扇，叫做涼風扇，看起來相當的不錯，也許是夏天解暑的新選擇。

但是，經過一段時間發現涼風扇種類不只一種，有直接噴霧，也有裝冰塊或冰水，到底如何使用才能真正達到令人感到舒適的效果，我們決定用科學的方法來解決這個問題，於是請老師一同協助我們進行探究，也許經歷這一次的研究，可以讓我們對涼風扇有更透徹的瞭解，也能提升我們解決問題的能力。

貳、文獻探討

一、市售涼風扇運作原理

爲了研究涼風扇對於使用的舒適度，我們蒐集了一些涼風扇上的資訊，我們發現市面上所販售的涼風扇大都運用了兩種原理，第一，使用冰晶罐進行降溫，冰晶罐內冰塊融化可以吸收熱量；第二，使用水蒸發方式，當風扇挾帶著噴出的水霧，水霧會在這個過程中蒸發，然後帶走周遭空氣的熱，產生降溫效果。

上述二種方法在原理上都用到了水，因此在網路上可以搜尋到網友們對於使用過涼風扇的感受，結果發現並沒有全然接受，而其中不認同涼風扇的看法，主要包含降溫效果不如預期，以及會產生溼害，使家裡的傢俱容易發霉等等，所以這個現象表示涼風扇的使用必須需要注意其使用的方法。

二、危險係數的概念及運用

依據國軍部隊是否進行操練之標準「危險係數」，只要危險係數超過40，即可不用出操，因爲相對溼度的變化也會影響人們的舒適度，我們可以發現在危險係數中，相對溼度佔了部份的比重，危險係數是將「室外溫度」加上「相對溼度」 $\times 0.1$ （公式一），因此我們的研究不能只侷限於使用者在使用涼風扇時之室溫改變。

此危險係數的公式表示了人們身體的舒適感受到二個因素影響，包含溫度及相對溼度，因爲人們體溫的調節除了受到室外溫度的影響，而空氣的溼度也會影響人體熱量的調節，若溼度過高，則會導致熱量排出不易，提高中暑的機會。

而我們認爲危險係數是個絕對值數，不便看出實驗的差異，因此我們可以將公式修改爲危險係數改變量，包含了「室外溫度改變量」加上「相對溼度改變量 $\times 0.1$ 」（公式二）。

危險係數 = 室外溫度 + 相對溼度 $\times 0.1$ 公式一

Δ 危險係數 = Δ 室外溫度改變量 + Δ 相對溼度改變量 $\times 0.1$ 公式二

三、相對溼度的測量

測量相對溼度的器材包含了毛髮溼度計、露點測定儀、乾溼球溫度計、旋轉式乾溼計、手搖式乾溼計等，其中乾溼球溫度計所需器材最易取得，且原理最爲簡單，其運作方式是溼球溫度計包上紗布，可以增加熱量的散失，因此顯示的溫度會低於乾球溫度計，而空氣中的水蒸氣含量愈少，會使溼球溫度計的熱量散失愈快，所以乾溼球溫度計讀數差異愈大，代表空氣的相對溼度愈小。

如何從乾溼球溫度計獲得相對溼度，可使用相對溼度的算法(公式三)，我們需要溼球飽和蒸氣壓、乾球飽和蒸氣壓、溼球溫度、乾球溫度、大氣壓力、A係數等資料，代入公式，可獲得相對溼度，其中溼球飽和蒸氣壓及乾球飽和蒸氣壓藉由對照飽和蒸氣壓力表(表2-1)求得。

相對溼度 = $\frac{\text{溼球飽和蒸氣壓力} - A \times \text{大氣壓力} \times (\text{乾球溫度} - \text{溼球溫度})}{\text{乾球飽和蒸氣壓力}} \times 100$ 公式三

※ A係數 = 0.0012125

表2-1 飽和蒸氣壓力表(取自http://www.kson.com.tw/chinese/study_24-8.htm)

飽和蒸氣壓力表

溫度 (°C)	飽和 蒸氣壓 (毫米汞柱)	溫度 (°C)	飽和 蒸氣壓 (毫米汞柱)	溫度 (°C)	飽和 蒸氣壓 (毫米汞柱)	溫度 (°C)	飽和 蒸氣壓 (毫米汞柱)	溫度 (°C)	飽和 蒸氣壓 (毫米汞柱)
15.0	12.251	27.5	26.957	40.0	54.818	52.5	105.562	65.0	193.667
15.5	12.725	28.0	27.764	40.5	56.330	53.0	108.252	65.5	198.240
16.0	13.000	28.5	28.594	41.0	57.879	53.5	111.002	66.0	202.908
16.5	13.675	29.0	29.444	41.5	59.465	54.0	113.814	66.5	207.671
17.0	14.150	29.5	30.318	42.0	61.090	54.5	116.688	67.0	212.532
17.5	14.624	30.0	31.214	42.5	62.754	55.0	119.625	67.5	217.492
18.0	15.099	30.5	32.134	43.0	64.457	55.5	122.627	68.0	222.552
18.5	15.574	31.0	33.078	43.5	66.202	56.0	125.695	68.5	227.715
19.0	16.049	31.5	34.046	44.0	67.987	56.5	128.830	69.0	232.982
19.5	16.526	32.0	35.039	44.5	69.818	57.0	132.033	69.5	238.355
20.0	16.998	32.5	36.057	45.0	71.685	57.5	135.306	70.0	243.836
20.5	17.620	33.0	37.102	45.5	73.602	58.0	138.650	70.5	249.426
21.0	18.243	33.5	38.174	46.0	75.562	58.5	142.066	71.0	255.126
21.5	18.865	34.0	39.273	46.5	77.568	59.0	145.555	71.5	260.942
22.0	19.487	34.5	40.399	47.0	79.621	59.5	149.119	72.0	266.872
22.5	20.111	35.0	41.555	47.5	81.721	60.0	152.760	72.5	272.919
23.0	20.733	35.5	42.739	48.0	83.870	60.5	156.478	73.0	279.085
23.5	21.356	36.0	43.953	48.5	86.069	61.0	160.274	73.5	285.372
24.0	21.978	36.5	45.198	49.0	88.318	61.5	164.152	74.0	291.781
24.5	22.601	37.0	46.474	49.5	90.618	62.0	168.111	75.0	304.977
25.0	23.223	37.5	47.781	50.0	92.972	62.5	172.153	76.0	318.689
25.5	23.931	38.0	49.121	50.5	95.378	63.0	176.280	77.0	332.934
26.0	24.657	38.5	50.493	51.0	97.840	63.5	180.494	78.0	347.729
26.5	25.404	39.0	51.900	51.5	100.357	64.0	184.795	79.0	363.092
27.0	26.170	39.5	53.341	52.0	102.930	64.5	189.185	80.0	379.04

參、研究目的

本研究的目的是在探討涼風扇給予人們舒適的效果，除了溫度的降低外，溼度的改變也是研究的重點，因此我們決定利用一種常被用來決定部隊是否可以出操的係數－「危險係數」，於實驗中測量係數中的溫度改變量及相對溼度改變量之 1/10，以了解使用涼風扇是否真的令人感到更舒適，當危險係數愈高，表示愈令人感到悶熱。我們設計了五項實驗，探討涼風扇風速、噴水量、涼風扇與使用者的距離、噴霧所含酒精濃度、噴霧的水溫等五個變因對於使用者舒適程度之影響。

- 一、涼風扇風速對使用者舒適程度之影響。
- 二、涼風扇噴水量對使用者舒適程度之影響。
- 三、涼風扇與使用者的距離對使用者舒適程度之影響。
- 四、噴霧所含酒精濃度對使用者舒適程度之影響。
- 五、噴霧的水溫對使用者舒適程度之影響。

肆、研究設備及器材

表 4-1 器材設備表

溫溼度偵測架			
鍍鉻置物架	旗座	束線繩	酒精溫度計
塑膠繩	棉繩	膠帶	標籤紙
電線整理繩			

實驗用涼風扇			
電風扇	三腳架	塑膠透明管	塑膠噴頭
注射筒			

製作器材			
熱熔膠	剪刀	油性黏土	塑膠袋

實驗設備			
電腦	氣壓計	電子溫度計	皮尺
冰塊	酒精	量杯	數位相機

伍、研究過程或方法

本研究欲探討涼風扇的各項變因對於使用者的舒適感之影響，在組員們確定要研究涼風扇之後，於是我們先蒐集市面上涼風扇的資料，獲得對於涼風扇的了解，接著，擬定我們所要進行研究的變因及實驗的方法，然後正式進行實驗，並確認每項實驗皆仔細進行、觀察並記錄；最後依據實驗結果進行討論，再完成實驗報告的撰寫。

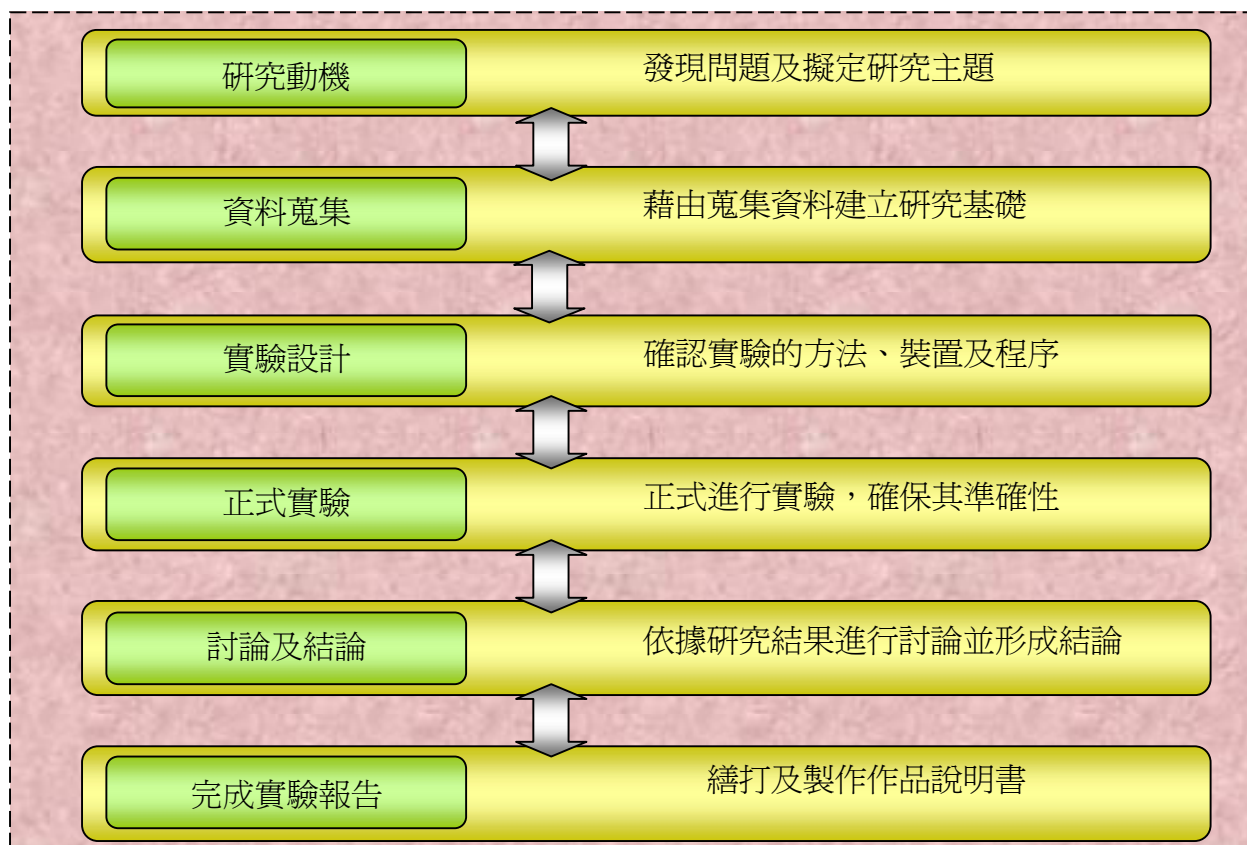


圖5-1 研究流程圖

一、實驗方法的改進與確認

(一) 溫溼度偵測架製作

為測量涼風扇所造成的溫溼度改變，我們需具備有測量溫度及溼度的工具，測量溫度的工具較易取得，而測量溼度需要溼度計，考量到市面上非電子式的溼度計準確性頗令人質疑，且敏感度不佳，並且要同時多點測量，需要大量的溼度計，恐怕在進行上的困難，因此我們決定採用教室中容易取得的酒精溫度計進行溫度的測量，並結合乾溼球溫度計的測量原理，進行溼度的測量。

1. 偵測架結構製作：為了方便進行涼風扇前方平面的多點溫溼度測量，我們必須先製作一個放置乾溼球溫度計的平台，製作方法如下。

(1)我們先將鍍鉻置物架予以拆解（如圖5-2），其中平台部份做為偵測架平面，支桿做為偵測架支撐柱。

(2)將三塊拆下的鍍鉻置物架平台放置地上，平台的邊緣以束線繩綁緊（如圖5-3），成為一塊更大的平台，以利溫度計的固定。

(3)接著將平台與支桿以膠帶連結（如圖5-4），最後將左右支撐柱垂直插入旗座，便完成了偵測架結構。



圖5-2 拆解鍍鉻置物架



圖5-3 以束線繩連結置物架



圖5-4 結合平台與支撐柱

2. 固定溫溼度計：我們需要在平台上裝設16組（4×4）乾溼球溫度計，所以共需固定32支溫度計，並將其中16支溫度計加上棉繩，製作方法如下。

(1)我們先蒐集所需的溫度計，然後對照電子式溫度計的溫度，挑選較為準確的溫度計32支，並計下兩者之間的溫差，以做為實驗結果的修正依據。

(2)接著將偵測架平台分為9個區塊，將溫度計分為2支一組，使用膠帶固定溫度計，並將酒精球位置對準區塊交點（如圖5-5），以利實驗時獲得交點位置之溫溼度。

(3)然後我們把棉繩剪成2公分一段，包覆在每一組溫度計的右側溫度計，以電線整理繩加以固定（如圖5-6），做為溼球溫度計使用，並在每支溫度計上貼上數字標籤。

(4)最後我們把塑膠繩剪成10公分一段，並順著紋理撕成細絲，然後將這些塑膠絲以膠帶平均分佈的黏在平台上（如圖5-7），以利我們可以觀測涼風扇的風是否對準平台正中央，若有對準，則中央的塑膠絲會飄動的最為明顯。



圖5-5 在交點上固定溫度計



圖5-6 在溫度計下方綁上棉繩



圖5-7 平台上黏上塑膠絲

3. 架設涼風扇：爲了模擬市售涼風扇的功能，我們使用電風扇進行改裝，除了方便取得外，可以更爲清楚涼風扇每種變因對溫溼度改變的影響，以下爲我們製作的過程。

- (1)我們先將一台功能良好的電風扇放置在溫溼度偵測平台正前方，然後以皮尺丈量涼風扇與平台之間的距離（如圖5-8），並調整電風扇高度，使其與溫溼度偵測平台的中央之高度相同，並藉由平台上的塑膠絲飄動情形調整電風扇的風向。
- (2)接著將塑膠噴頭放置在三腳架上方，以塑膠帶加以固定（如圖5-9），然後以皮尺確認噴頭之噴嘴的高度，而噴嘴的角度與風向呈45度，使噴霧能被涼風扇吹向溫溼度偵測平台。
- (3)另外，在確定好噴嘴的位置及角度後，我們使用白板筆來標示三腳架與地面的接觸點，使每一次進行實驗可以正確的固定三角架，我們在涼風扇左右共裝設兩支噴嘴以達左右均衡。
- (4)以塑膠水管連結嘴頭的水管，塑膠水管的另一端則接上自然教具的注射筒，並在注射筒內倒入自來水，然後將噴嘴的出水口徑調整爲相同大小，使每次噴出的噴霧之水珠大小相同。
- (5)噴霧時，將注射筒朝下，在壓柄上吊掛1公斤之油性黏土，以利每次進行噴霧時，施於注射筒上的壓力是固定的，目的同樣是讓每次噴出的噴霧之水珠大小相同，並且固定噴霧之時間長度（如圖5-10）。



圖5-8 確認噴嘴與平台之距離



圖5-9 確認噴嘴的高度與方向



圖5-10 在壓柄上吊掛油性黏土

(二) 實驗程序

爲了探討實驗用之涼風扇對於使用者舒適感之影響，我們需要藉由改變涼風扇的六項變因，然後測量溫溼度的變化，並記錄每一組乾溼度溫度計的度數，做爲分析的依據。

- (1)在做好變因控制後，我們先將所要使用的水注入水管內，並確認整個噴嘴已充滿了液體（如

圖5-10)，使進行實驗時，噴出的水量是正確的。

(2)接著，檢查16支溼球溫度計的棉繩是否吸足水份，若有不足則立即予以補充（如圖5-11），確保所測得之溼度之正確性。

(3)然後，將進行實驗時的氣溫、溼度、大氣壓力及實驗項目寫在記錄表上（如圖5-12），以碼錶計時，首先開啓涼風扇，每一次實驗進行四分鐘，在第一分鐘之前十秒進行第一次噴霧，然後第二分鐘之前十秒進行第二次噴霧，依此類推，共噴霧四次（如圖5-13），以使乾溼球溫度計能充分反應溫度變化。



圖5-10 將水管及噴頭倒滿水



圖5-11 補充溼球溫度計棉繩水份

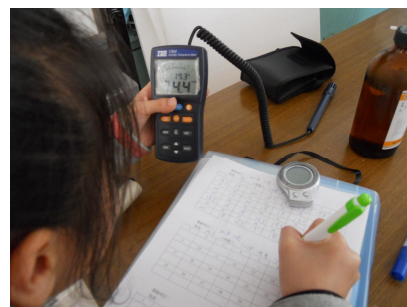


圖5-12 記錄溫溼度及大氣壓力

(4)最後，在碼錶計時終了時，爲了不要拖延判讀溫溼度計度數，由三位組員共同到溫溼度偵測平台進行溫度度數判讀（如圖5-14），每次判讀完其中一支溫度計度數，立即向擔任記錄之組員回報，所以32支溫度計判讀平均共耗時約30秒。

(5)在實驗完成後，組員們詳細的將這些資料輸入至電腦之Excel表格內（如圖5-15），以利我們進行溫度降低量及溼度升高量之計算。



圖5-13 進行四分鐘實驗歷程



圖5-14 組員判讀溫度計度數

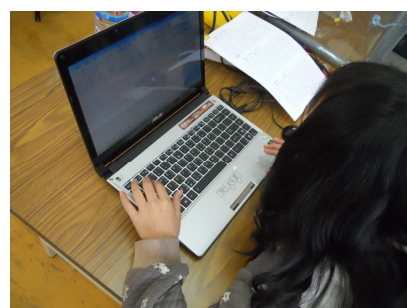


圖5-15 於電腦輸入實驗數據

二、正式實驗：實驗前，組員們依據蒐集的資料及每一項實驗的結果，依序形成了六項實驗變因，說明如下。

(一) 風速：組員們一致認為風扇的風速最有可能影響使用者的感受，於是決定先進行風速實驗，方法是控制好其他變因後，調整涼風扇上的風速開關（如圖5-16~圖5-18），包含了強、中、弱三種，從結果分析風速對使用者舒適度的影響。

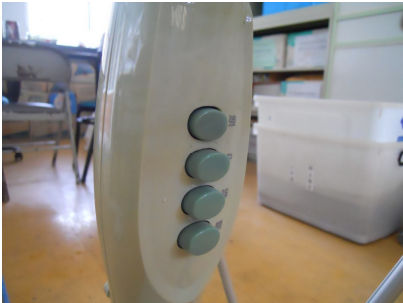


圖5-16 涼電扇風速強



圖5-17 涼電扇風速中



圖5-18 涼電扇風速弱

(二) 水量：我們認為涼風扇與一般風扇最大差異是具有噴霧的功能，藉著噴霧的蒸發帶走熱，因此水量應是一重要的影響因素，於是我們測量到注射筒容量為12c.c.，所以藉由不同的噴霧間隔來調整水量，在四分鐘內，分別噴射3、4、5、6次，從結果探討水量對使用者舒適度的影響。

(三) 風扇與平台之距離：涼風扇與使用者之間的距離，對於舒適感也是相當具有影響性，所以我們決定進行改變風扇與平台之距離，分別調整為100、150、200、250公分等四種狀態（如圖5-19~圖5-22），藉此探討風扇與平台之距離對使用者舒適度的影響。



圖5-19 風扇與平台
距離100公分



圖5-20 風扇與平台
距離150公分



圖5-21 風扇與平台
距離200公分



圖5-22 風扇與平台
距離250公分

(四) 酒精比例：最後，組員討論將具有降溫功能的揮發性液體應用在涼風扇上，因此決定使用對身體沒有危害的純乙醇（ C_2H_5OH ）（如圖5-33），藉著在水中加入不同份量的乙醇，以達到不同揮發程度，我們調製了四種不同比例的水及酒精混合液，分別為0%、20%、40%、60%等（如圖5-24~圖5-26），運用在涼風扇的噴霧上，藉此探討酒精比例對使用者舒適度的影響。



圖5-23 純乙醇

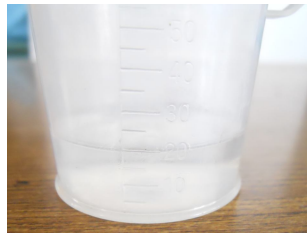


圖5-24 酒精濃度20%



圖5-25 酒精濃度40%

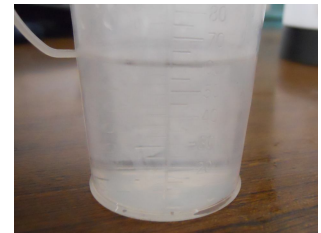


圖5-26 酒精濃度60%

(五) 水溫：我們在蒐集的涼風扇資料中發現，有部份的涼風扇是加冰塊於水中，形成的噴霧也具有較低的溫度，因此對於使用者的舒適度可能會產生影響，所以我們決定改變水溫，但是要精準控制水溫達我們預設的溫度相當困難，所以改採加入0、3、6、12塊冰塊，水溫分別為20度、16度、11度、6度（如圖5-27~圖5-30），將四種不同溫度的水進行實驗比較，藉此了解水溫對使用者舒適度的影響。

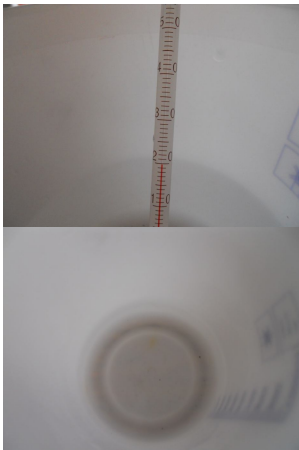


圖5-27 沒加入冰塊
水溫20度

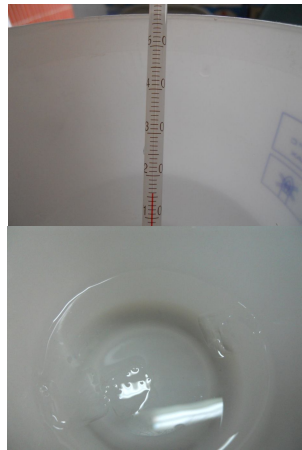


圖5-28 加入3塊冰塊
水溫16度

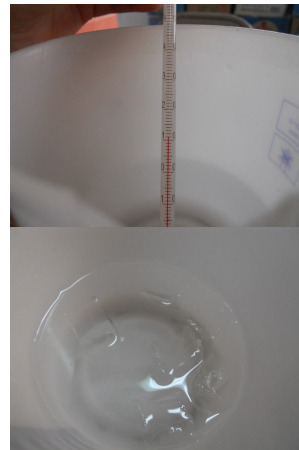


圖5-29 加入6塊冰塊
水溫11度

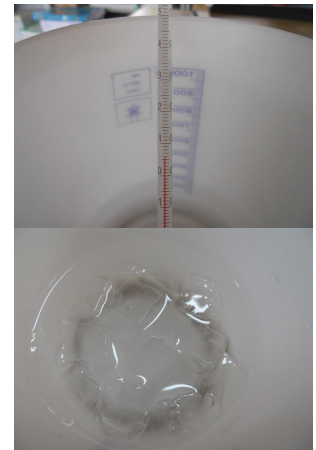


圖5-30 加入12塊冰塊
水溫6度

二、資料分析：在經由正式實驗收集到實驗數據後，需要將原始資料進行轉換及分析，採取的過程如下。

- (一) 建立實驗記錄分析表：我們將實驗收集的資料記錄於Excel「實驗記錄分析表」檔，包含氣溫、大氣壓力、乾球溫度計溫度、溼球溫度計溫度等原始資料。
- (二) 修正溫度計誤差值：我們所收集之32支溫度計有起始點的差異，因此組員們記錄溫度計在正常穩定室溫下所呈現的溫度，將這些溫度與電子式溫度計進行比較，得到一個誤差值(如下表)，我們將每一次實驗所測得之乾溼球溫度去扣除此誤差值，此求更為準確之實驗結果。

第1組		第5組		第9組		第13組	
1(乾球)	1(溼球)	0.9(乾球)	0.8(溼球)	0.9(乾球)	1.5(溼球)	1(乾球)	0.8(溼球)
第2組		第6組		第10組		第14組	
1(乾球)	0.8(溼球)	1(乾球)	0.9(溼球)	0.8(乾球)	0.9(溼球)	1(乾球)	0.9(溼球)
第3組		第7組		第11組		第15組	
1(乾球)	0.1(溼球)	0.9(乾球)	0.6(溼球)	1.9(乾球)	1.9(溼球)	1.2(乾球)	0.9(溼球)
第4組		第8組		第12組		第16組	
1.6(乾球)	1(溼球)	0.1(乾球)	1.1(溼球)	0.6(乾球)	1.8(溼球)	1(乾球)	0(溼球)

- (三) 修正溫度計讀數：為因應每次實驗時，實驗室的室溫所產生的差異，我們以室溫25度為基準溫度，若該次實驗時室溫低於基準溫度3度，則在乾溼球溫度計讀數上加3度，以消除實驗時室溫的起始差異量。
- (四) 轉換飽和蒸氣壓：依據「飽和蒸氣壓表」，將實驗所測得之乾溼球溫度計溫度轉換成乾球飽和蒸氣壓及溼球飽和蒸氣壓。
- (五) 換算相對溼度：我們將實驗原始資料大氣壓力、乾球溫度計溫度、溼球溫度計溫度，以及查表而得到的乾球飽和蒸氣壓及溼球飽和蒸氣壓等數值，代入相對溼度之公式中(公式三)，以求得每一個乾溼球溫度計所在位置之相對溼度。

$$\text{相對溼度} = \frac{\text{溼球飽和蒸氣壓力} - A \times \text{大氣壓力} \times (\text{乾球溫度} - \text{溼球溫度})}{\text{乾球飽和蒸氣壓力}} \times 100 \cdots \text{公式三}$$

※A係數=0.0012125

- (六) 平均兩次實驗結果：每一種不同處理的實驗皆進行兩次，因此我們需將兩次實驗結進行平均，包含了溫度降低量及相對溼度升高量，方便後續的比較。
- (七) 分析涼風扇對舒適度之影響：經過一系列的資料之換算處理後所獲得之溫度降低量及相對溼度升高量，可做為分析不同狀態下的涼風扇對於使用者之舒適程度，而每一次實驗皆有16個位置之乾溼球溫度，經換算後，就會產生16個位置之溫溼度，藉此可分析不同位置之使用者舒適度。

陸、研究結果與討論

爲了探索涼風扇如何使用才能提高使用者的舒適感，我們進行了六項實驗，並從每一次實驗中，分析溫溼度偵測平台每個位置所呈現的溫度降低量及相對溼度升高量，並找出可能原因。

另外，爲能使實驗數據更爲正確，我們扣除本身的操縱變因，做了剩餘四項的主要變因控制，如此才能在進行變因調整時，不影響到其他狀態，保持實驗結果的正確性。

表6-1 實驗之控制變因及狀態

控制變因	風速	噴水水量	風扇與平台距離	酒精濃度
狀態	中速	48c.c.	150公分	0%

而爲了精確分析涼風扇對於使用者所在位置之影響，我們將乾溼球溫度偵測平台以九宮格形狀之交點，分爲16個偵測點(如圖6-1、6-2)。



圖6-1 乾溼球溫度針偵測平台

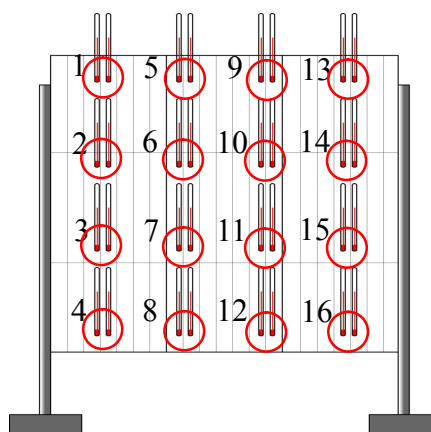


圖6-2 乾溼球溫度針分組及位置示意圖

在後續的實驗之討論中，我們將採用下表方式呈現實驗資料，以方便了解及分析(表6-2)。

表6-2 實驗資料呈現方式範例表

變項1 變項2 變項3				單位：°C
第1組 變項1溫度降低量 變項2溫度降低量 變項3溫度降低量	第5組 變項1溫度降低量 變項2溫度降低量 變項3溫度降低量	第9組 變項1溫度降低量 變項2溫度降低量 變項3溫度降低量	第13組 變項1溫度降低量 變項2溫度降低量 變項3溫度降低量	
第2組 變項1溫度降低量 變項2溫度降低量 變項3溫度降低量	第6組 變項1溫度降低量 變項2溫度降低量 變項3溫度降低量	第10組 變項1溫度降低量 變項2溫度降低量 變項3溫度降低量	第14組 變項1溫度降低量 變項2溫度降低量 變項3溫度降低量	
第3組 變項1溫度降低量 變項2溫度降低量 變項3溫度降低量	第7組 變項1溫度降低量 變項2溫度降低量 變項3溫度降低量	第11組 變項1溫度降低量 變項2溫度降低量 變項3溫度降低量	第15組 變項1溫度降低量 變項2溫度降低量 變項3溫度降低量	
第4組 變項1溫度降低量 變項2溫度降低量 變項3溫度降低量	第8組 變項1溫度降低量 變項2溫度降低量 變項3溫度降低量	第12組 變項1溫度降低量 變項2溫度降低量 變項3溫度降低量	第16組 變項1溫度降低量 變項2溫度降低量 變項3溫度降低量	

一、風速強弱實驗

(一) 結果：我們將涼風扇的風速做了三種變化，分別是弱速風、中速風、強速風，記錄其溫度降低量及換算成溼度升高量（表6-3、6-4）。

表6-3 風速實驗溫度降低量

弱速風 中速風 強速風			
單位：°C			
1.0	1.3	1.0	1.5
3.5	3.0	3.8	4.0
4.5	4.0	4.3	4.5
2.0	1.3	1.5	1.0
2.5	3.0	3.8	2.3
5.0	3.5	4.5	4.0
1.5	2.0	1.5	2.0
3.0	4.3	3.3	3.0
4.5	4.8	4.5	4.5
1.5	2.3	1.0	1.8
2.5	5.5	3.5	2.0
4.0	5.5	4.0	3.5

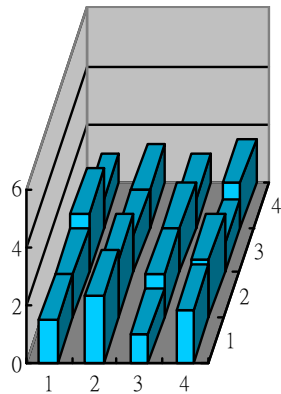


圖 6-3 弱速風
溫度降低量
立體直方圖

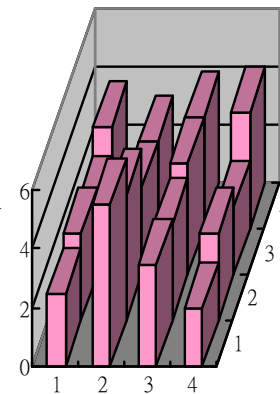


圖 6-4 中速風
溫度降低量
立體直方圖

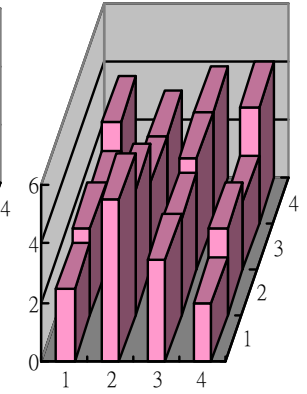


圖 6-5 強速風
溫度降低量
立體直方圖

從實驗結果，在溫度變化上我們得到二個發現，首先是使用強速風時溫度降低量明顯高於中速及弱速風，例如強速風與弱速風相比，平均降低量相差達3°C；其次是偵測平台較低位置之溫度降低量略優於較高的位置，例如，使用中速風時，較低區域的降溫可達5.5°C（如圖6-3~6-5）。

表6-4 風速實驗溼度升高量

弱速風 中速風 強速風			
單位：相對溼度%			
5	3	1	2
9	8	6	5
7	11	9	4
10	11	9	6
14	21	18	9
12	17	20	10
11	14	18	5
13	17	24	13
7	14	19	6
9	28	23	17
7	23	22	16
13	13	16	13

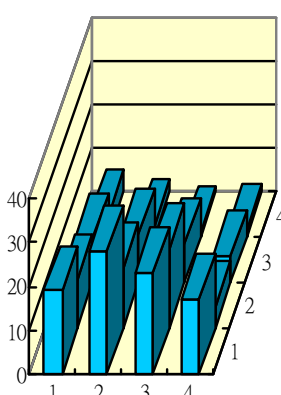


圖 6-6 弱速風
溼度升高量
立體直方圖

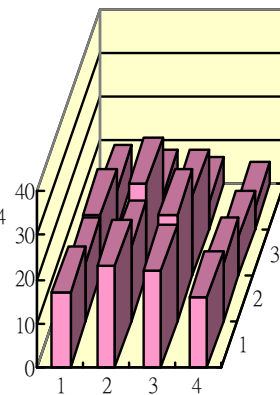


圖 6-7 中速風
溼度升高量
立體直方圖

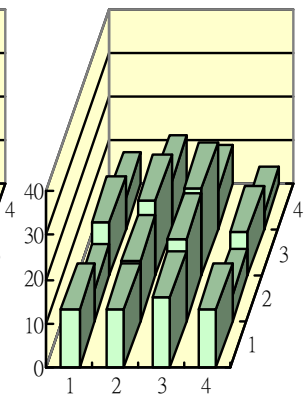


圖 6-8 強速風
溼度升高量
立體直方圖

我們在溼度的變化上得到二個發現，首先是使用中速風時，偵測平台中央位置的溼度較弱速風時來的高，相差約8%；其次是，使用強速風則在溼度的變化上明顯低於中速風及低速風，在中央位置可相差約10%（圖6-6~6-8）。

(二) 討論：從上述的溫度降低及溼度升高狀況，我們推論可能的原因如下。

1. 風速增加空氣所帶走的熱量，並且當涼風扇吹出的小水珠，也容易在較強的風吹拂下蒸發，帶走更多的熱量，因此風速愈強，降溫的效果就愈好（圖6-9）。
2. 涼風扇吹出的小水珠比重較空氣大，會在漂浮的過程中下沉，所以較低位置會受到較多水份附著，帶走更多的熱，因此，使用涼風扇時，較低的位置降溫效果較佳（圖6-10）。
3. 風速較快時，會使小水珠下沉的情況減小，因此平台中央區域所附著的水份會略為增加，因此也使溼度上升。
4. 風速過強時，則因為較大的風會使更多的水份蒸發，因此也相對降低了整個偵測平台所測得的溼度。

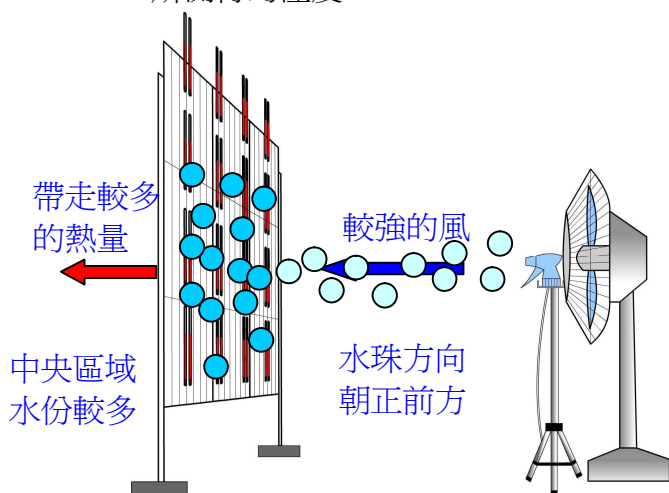


圖6-9 強風狀態示意圖

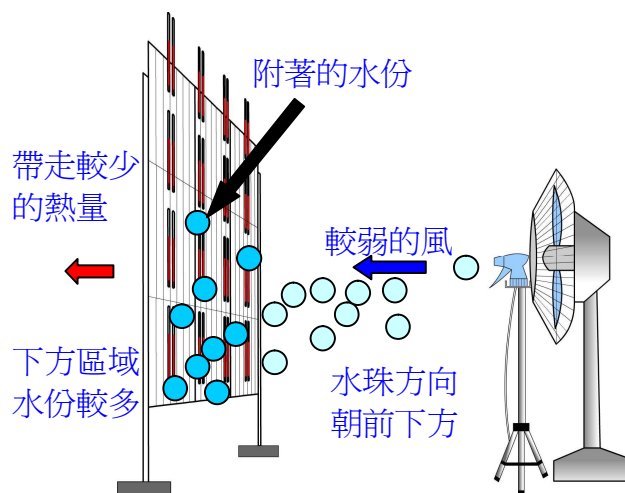


圖6-10 弱風示意圖

二、噴水量實驗

(一) 結果：我們將涼風扇的噴水量做了四種變化，分別是36c.c.、48c.c.、60c.c.、72c.c.，記錄其溫度降低量及換算成溼度升高量（表6-5、6-6）。

表6-5 噴水量實驗溫度降低量

36c.c. 48c.c. 60c.c. 72c.c. 單位：°C			
0.9	1.2	0.9	0.4
0.6	0.9	0.4	0.6
0.6	0.3	0.6	0.3
0.8	0.8	0.8	1.1
0.4	-0.1	0.2	0.2
0.6	0.6	0.4	0.6
0.6	0.9	0.6	0.9
0.8	0.8	0.6	0.8
0.9	0.7	0.7	0.9
1.1	1.9	2.1	0.6
1.6	2.1	1.9	1.9
1.8	3.8	2.6	1.8
0.4	0.9	0.4	0.9
0.1	2.6	1.6	1.4
1.1	2.6	2.6	2.9
0.8	3.8	3.1	2.3

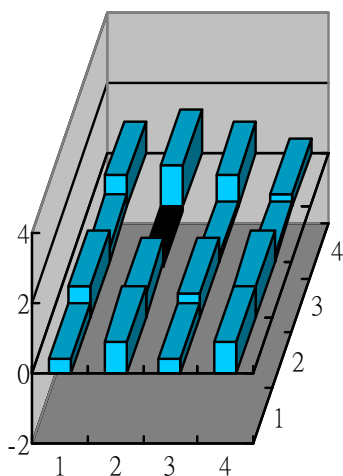


圖 6-11 噴水量 36c.c.溫度降低量立體直方圖

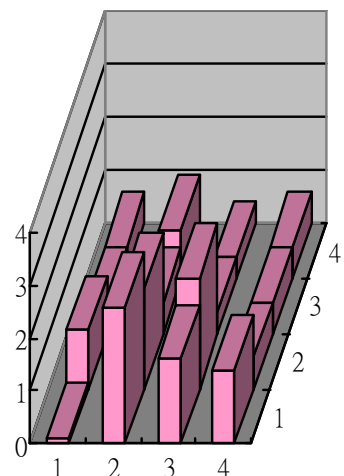


圖 6-12 噴水量 48c.c.溫度降低量立體直方圖

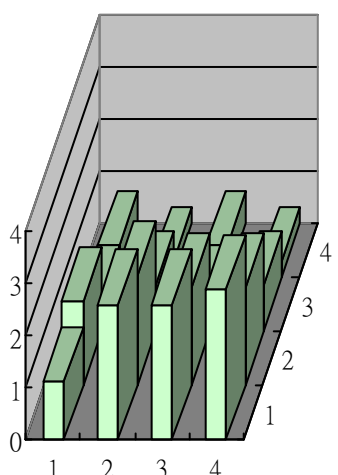


圖 6-13 噴水量 60c.c. 溫度降低量立體直方圖

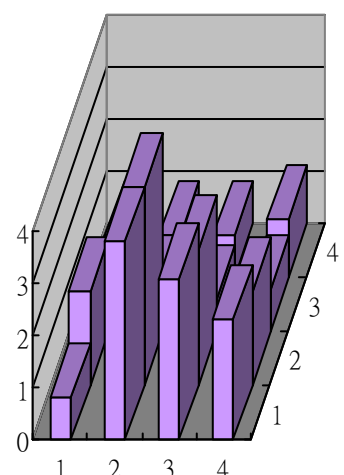


圖 6-14 噴水量 72c.c. 溫度降低量立體直方圖

從實驗結果，在溫度變化上我們得到二個發現，首先噴水量愈多，降溫的效果愈好，例如噴水量72c.c.之溫度降低量明顯優於其他水量；其次是噴水量較少時，溫度降低的位置較為均勻，而水量愈大時，則發現中央偏下的位置溫度降低的程度大增，呈現不平的狀態，例如噴水量72c.c.時，中央位置與邊緣位置之溫度降低量相差可達2~3度（如圖6-11~6-14）。

表6-6 噴水量實驗溼度升高量

36c.c. 48c.c. 60c.c. 72c.c. 單位：相對溼度%			
10	8	5	7
9	12	6	7
12	11	7	11
13	12	8	10
8	15	12	7
14	18	16	12
16	24	23	16
14	27	26	17
13	16	21	10
18	23	25	20
19	32	29	21
26	35	38	24
14	19	18	16
17	24	21	17
20	28	25	18
23	33	32	21

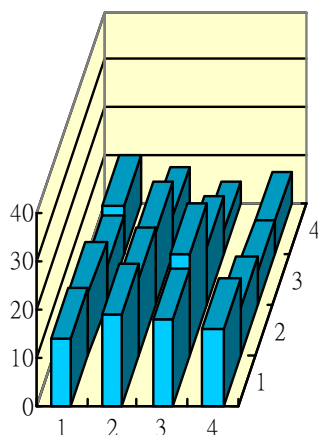


圖 6-15 噴水量 36c.c.溼度升高量立體直方圖

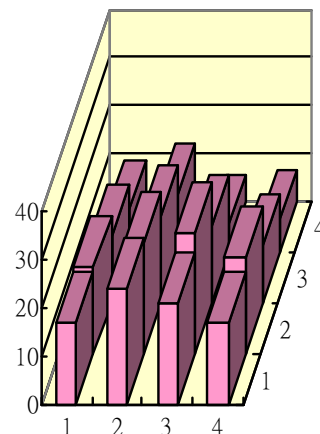


圖 6-16 噴水量 48c.c.溼度升高量立體直方圖

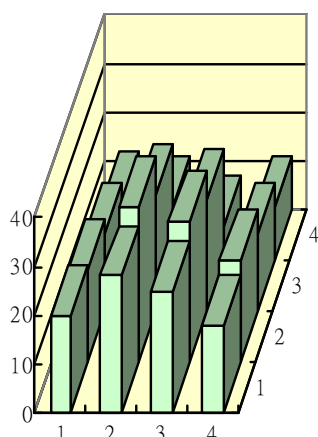


圖 6-17 噴水量 60c.c.溼度升高量立體直方圖

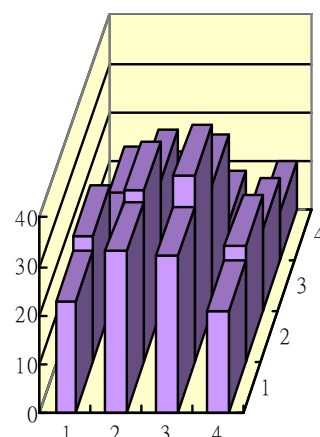


圖 6-18 噴水量 72c.c.溼度升高量立體直方圖

我們在溼度的變化上得到二個發現，首先是溼度隨著使用的噴水量升高而逐漸增加例如噴水量72c.c.與36c.c.相比，平均相差12%；其次是，使用的噴水量愈多，則中央及中央偏下區域之溼度升高幅度會較其他位置大，如噴水量72c.c.與36c.c.相比，中央位置的溼度高了約16%（如圖6-15~6-18）。

(二) 討論：從上述的溫度降低及溼度升高狀況，我們推論可能的原因如下。

1. 當涼風扇使用較多的噴水量時，偵測平台會附著較多的水，則充足的水份在風的吹拂下可以帶走大量的熱量（圖6-19、6-20）。
2. 涼風扇吹出的小水珠在漂浮的過程中下沉，所以較低位置有更為充足的水份，使降溫效果更為明顯。
3. 當使用較多的水份時，流動的空氣中已具有高度飽和的水份，因此造成溼球溫度計上的棉布無法有效的蒸發水份，所以測得的溼度偏高。
4. 大部份的水份噴出時，會隨著涼風扇的風移動，且會略為下沉，所以造成中央及偏低位置之溼度較高。

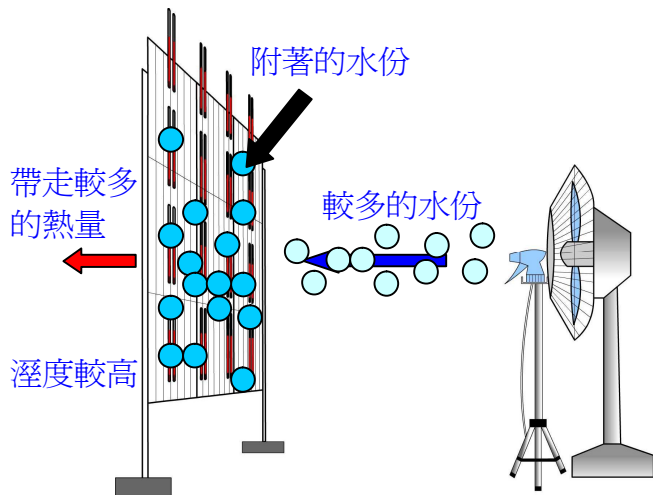


圖6-19 噴水量較多示意圖

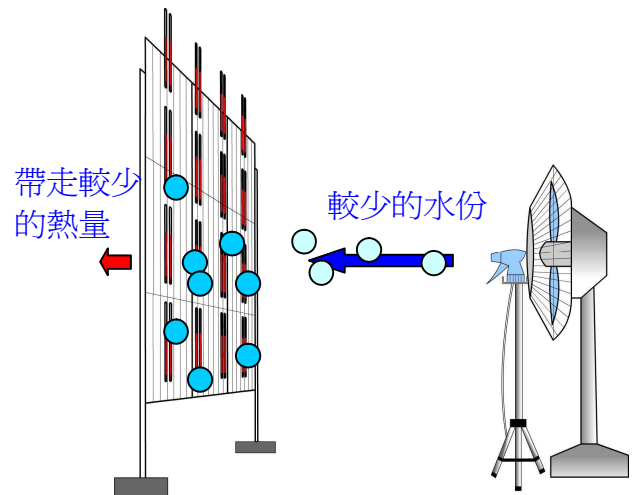


圖6-20 噴水量較少示意圖

三、風扇距離實驗

(一) 結果：我們將涼風扇與偵測平台間距離做了四種變化，分別是100公分、150公分、200公分、250公分，記錄其溫度降低量及換算成溼度升高量（表6-7、6-8）。

表6-7 風扇距離實驗溫度降低量

100公分 150公分 200公分 250公分 單位：°C			
0.3	0.3	0.5	0.3
0.3	0.6	0.6	0.6
0.1	0.3	0.1	0.6
0.1	0.1	0.1	0.1
0.3	2.8	3.3	0.5
0.3	1.3	1.8	0.6
0.6	0.8	0.8	0.3
0.1	0.1	1.1	0.1
1.3	3.5	2.0	1.3
2.8	2.1	3.6	2.3
0.8	1.6	1.8	1.8
0.8	1.1	1.8	1.1
0.8	0.8	2.8	2.3
1.8	1.6	2.1	0.6
1.1	0.8	1.3	0.3
1.3	2.1	0.8	0.1

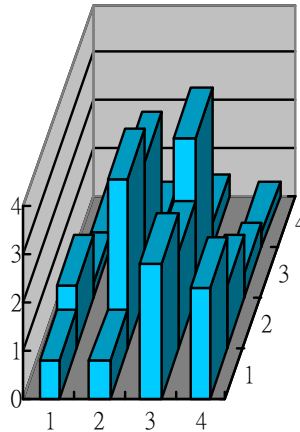


圖 6-21 風扇距離 100cm
溫度降低量
立體直方圖

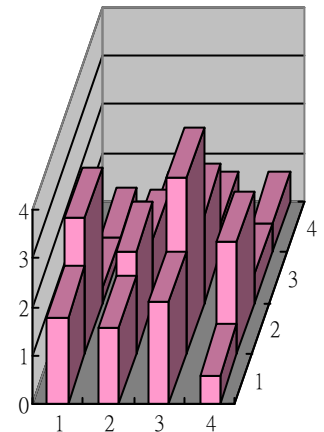


圖 6-22 風扇距離 150cm
溫度降低量
立體直方圖

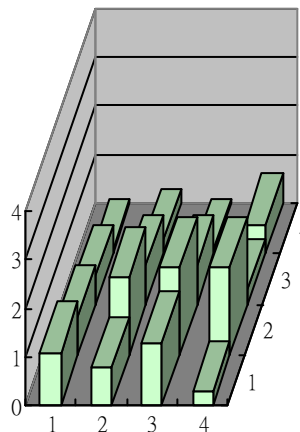


圖 6-23 風扇距離 200cm
溫度降低量
立體直方圖

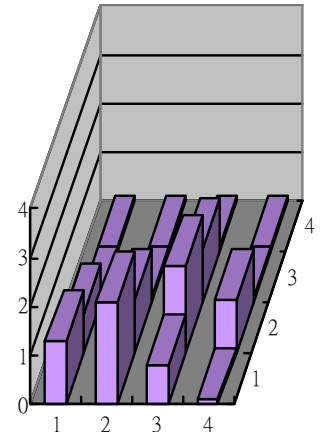


圖 6-24 風扇距離 250cm
溫度降低量
立體直方圖

從實驗結果，在溫度變化上我們得到二個發現，首先是當風扇與偵測平台較接近時，平台中央的位置可獲得較多的降溫，而當距離過遠時，則只有低的位置有明顯降溫，如風扇距離100公分時，中央區域降溫可達3°C；其次是風扇與偵測平台距離愈遠，降溫效果則愈差，例如風扇距離100公分較250公分時，降溫多0.76°C（如圖6-21~6-24）。

表6-8 風扇距離實驗溼度升高量

100公分 150公分 200公分 250公分 單位：相對溼度%			
9	17	13	11
8	5	4	6
2	5	1	2
-1	3	2	-2
13	21	24	14
12	18	19	7
16	7	5	7
6	4	10	5
15	12	16	17
14	19	22	16
10	10	15	13
9	8	12	3
8	11	13	7
13	21	19	17
5	17	18	4
10	13	9	11

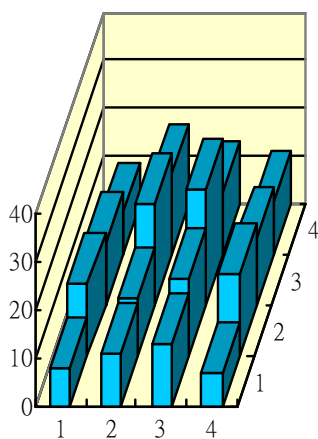


圖 6-25 風扇距離 100cm
溼度升高量
立體直方圖

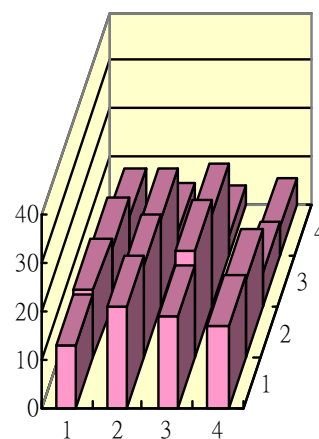


圖 6-26 風扇距離 150 cm
溼度升高量
立體直方圖

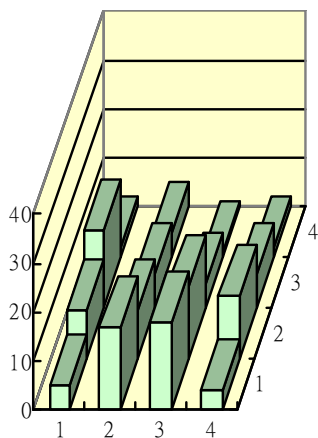


圖 6-27 風扇距離 200 cm
溼度升高量
立體直方圖

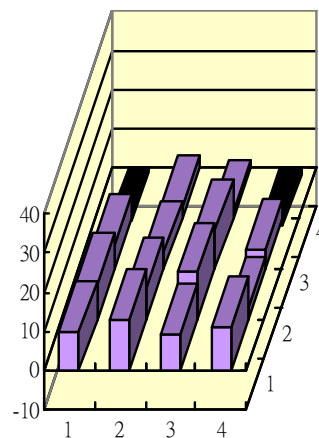


圖 6-28 風扇距離 250 cm
溼度升高量
立體直方圖

我們從溼度的變化上發現，當風扇與偵測平台較接近時，溼度會上升的相當明顯，如風扇距離100cm及250cm比較，可發現溼度相差約18%；另外，在距離過近的狀態下，平台中央的溼度上升的程度比周圍更大，如風扇距離100cm時，中央區域與周圍區域之溼度上升量相差約10%（如圖6-25~6-28）。

(二) 討論：從上述的溫度降低及溼度升高狀況，我們推論可能的原因如下。

1. 當涼風扇與偵測平台過於接近時，噴出的水珠向下移動距離較小，所以大部分的水份會集中的中央區域（如圖6-29）。
2. 當涼風扇與偵測平台距離愈遠時，偵測平台所接收到的水份較少，並且可促使水份蒸發的氣流也較弱，因此降溫較不明顯（如圖6-30）。
3. 當涼風扇與偵測平台過於接近時，因偵測平台沾附較多水份，並且空氣中因溼度較高，所以溼度也會隨著升高。

4. 大部份的水份在噴出後，會隨著氣流移動，因此大多集中在平台中央，所以造成中央位置之溼度較高，但是當距離過遠時，則水汽容易散失，則會在過程中下沉，因此可能導致中央偏低的位置溼度較中央區域高。

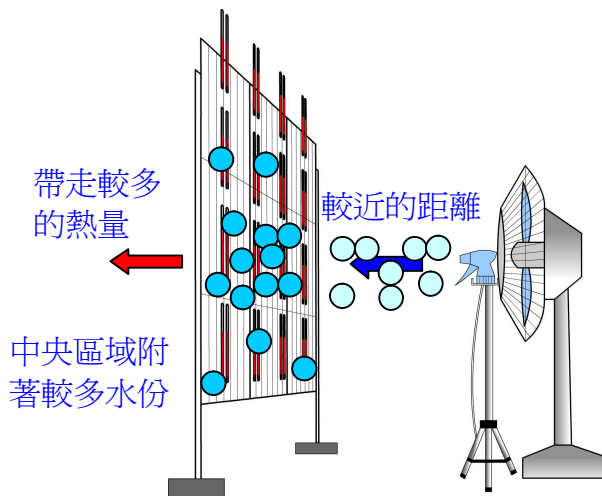


圖6-29 風扇距離較近示意圖

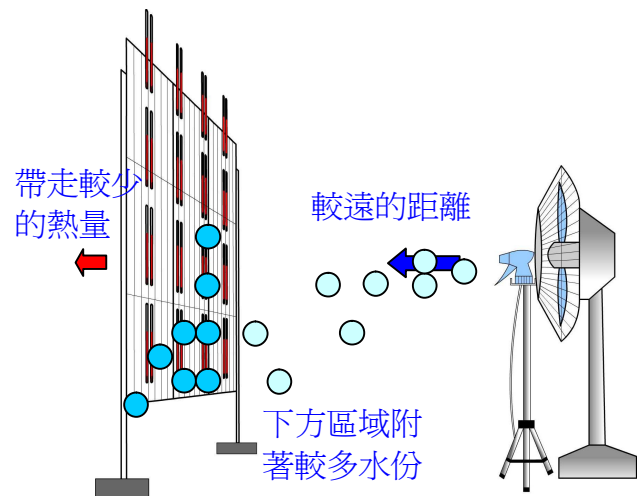


圖6-30 風扇距離較遠示意圖

四、酒精比例實驗

(一) 結果：我們將涼風扇噴出的水溶液之酒精比例做了四種變化，分別是0%、20%、40%、60%，記錄其溫度降低量及換算成溼度升高量（表6-9、6-10）。

表6-9 酒精比例實驗溫度降低量

0% 20% 40% 60% 單位：°C			
0.4	0.4	0.4	0.4
0.6	0.4	0.6	0.4
0.9	0.6	1.4	1.1
0.8	0.8	1.6	1.6
0.4	0.9	1.4	0.4
0.4	0.4	1.4	0.4
1.1	0.6	0.9	0.6
0.8	0.8	1.1	0.8
1.2	2.9	2.4	1.4
2.1	2.4	1.9	1.1
1.6	1.6	1.9	1.9
1.8	2.3	1.8	2.1
1.9	1.7	1.2	1.4
0.9	2.6	1.4	1.9
1.1	2.1	1.6	1.4
0.3	2.8	1.6	1.3

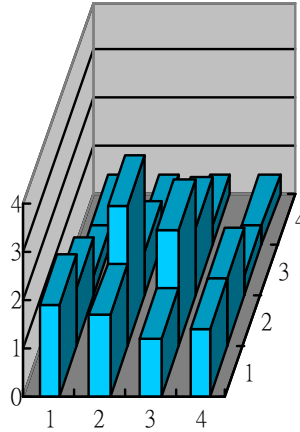


圖 6-31 酒精比例 0%溫度降低量立體直方圖

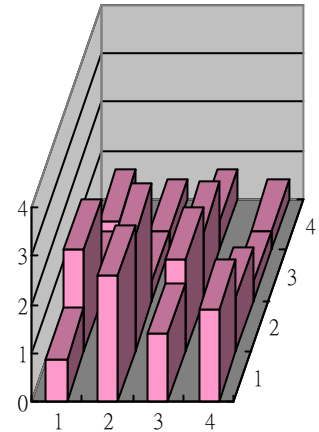


圖 6-32 酒精比例 20%溫度降低量立體直方圖

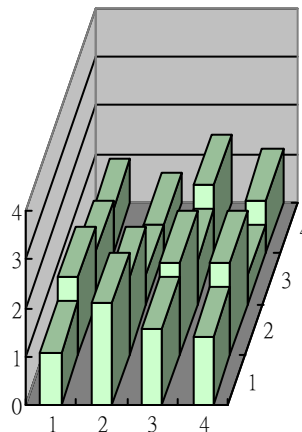


圖 6-33 酒精比例 40%溫度降低量立體直方圖

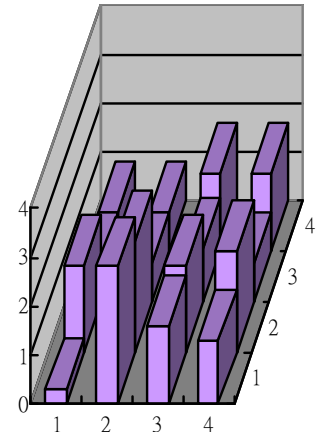


圖 6-34 酒精比例 60%溫度降低量立體直方圖

從實驗結果，在溫度變化上我們發現到酒精的比例對於溫度的降低影響相當有限，在酒精比例60%與沒有酒精的情況相比，只多降溫0.2度（圖6-31、6-34）。

表6-10 酒精比例實驗溼度降低量

0% 20% 40% 60% 單位：相對溼度%			
7	9	7	6
6	8	8	4
7	6	7	5
3	-1	3	-1
12	22	16	7
9	19	15	4
11	11	13	3
1	5	8	2
10	19	25	9
9	16	23	7
11	18	15	9
4	14	12	10
16	24	21	18
13	21	20	15
8	17	14	14
3	8	10	9

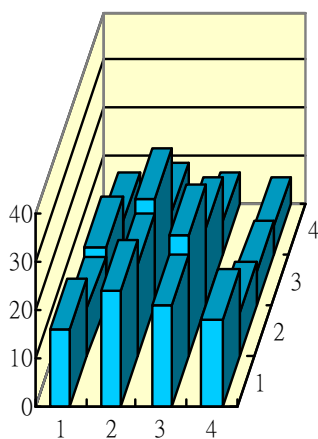


圖 6-35 酒精比例 0%溼度
升高量立體直方圖

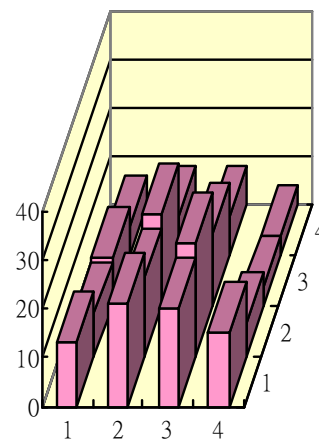


圖 6-36 酒精比例 20%溼度
升高量立體直方圖

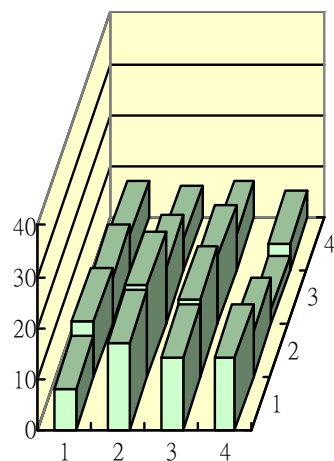


圖 6-37 酒精比例 40%溼度
升高量立體直方圖

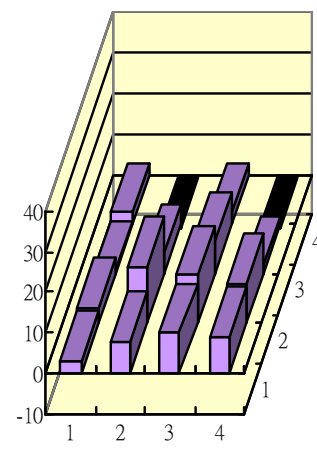


圖 6-38 酒精比例 60%溼度
升高量立體直方圖

我們從溼度的變化上發現，提高酒精比例，對於溼度的上升幅度反而減少許多，其中使用酒精比例60%與完全是自來水相比較，可以發現溼度平均減少8.6%（圖6-35、6-38）。

(二) 討論：從上述的溫度降低及溼度升高狀況，我們推論可能的原因如下。

1. 使用較多的酒精時，酒精本身具有高度的揮發性，因此會快速的帶走附著物體的熱；但因快速揮發的特性，也使酒精很快就蒸發，無法持續帶走更多的熱量，並且相當容量的較高濃度酒精所含有的水分相對變少，因此水汽降溫的能力就變少，在兩者因素的相互抵消下，使酒精濃度對於降酒效果變得不明顯（圖6-39、6-40）。
2. 當使用較高濃度的酒精時，因為揮發性較高，並且水份含量較少，因此溼度升高的幅度較小。

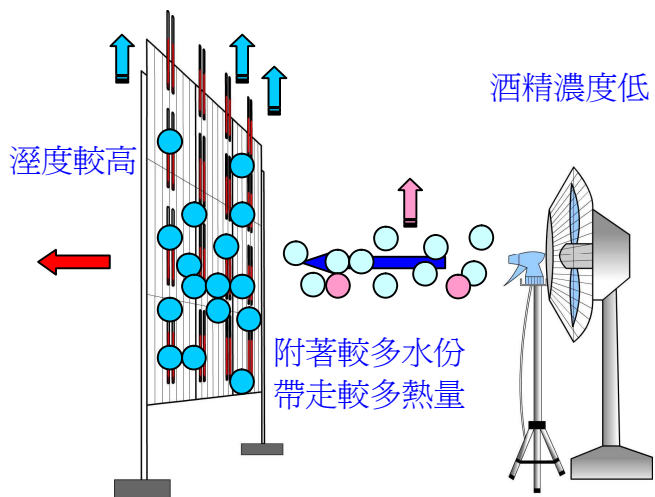


圖6-39 噴液含酒精濃度低示意圖

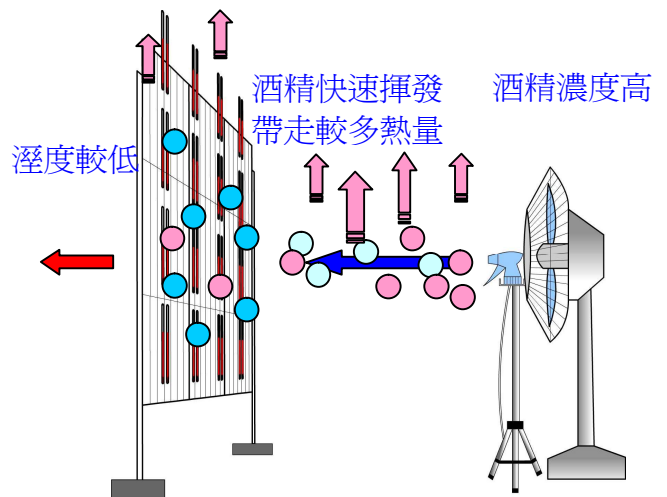


圖6-40 噴液含酒精濃度高示意圖

五、水溫實驗

(一) 結果：我們將涼風扇的噴水水溫做了四種變化，分別是20°C、16°C、11°C、6°C，記錄其溫度降低量及換算成溼度升高量（表6-11、6-12）。

表6-11 水溫實驗溫度降低量

20°C 16°C 11°C 6°C 單位：°C			
0.9	0.9	0.9	1.5
0.7	0.7	0.7	1.7
0.8	0.8	0.8	1.8
1.6	1.8	1.6	1.7
0.4	0.9	0.9	0.4
0.7	0.7	1.7	1.2
0.8	0.8	1.3	0.8
1.7	1.6	1.4	1.7
1.9	2.9	1.9	1.9
1.7	3.2	2.7	1.7
2.8	4.8	3.8	1.8
2.4	3.4	3.5	2.0
0.4	1.9	1.4	1.4
1.2	3.7	1.2	2.2
1.3	3.8	2.3	1.8
1.0	3.5	2.0	2.3

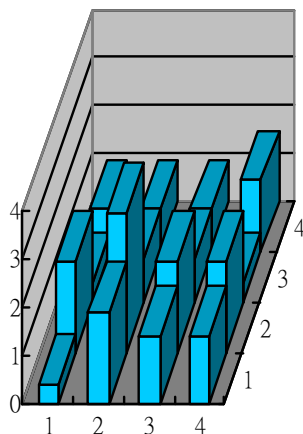


圖 6-41 水溫 20°C 溫度降低量立體直方圖

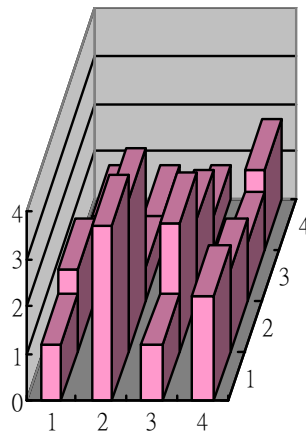


圖 6-42 水溫 16°C 溫度降低量立體直方圖

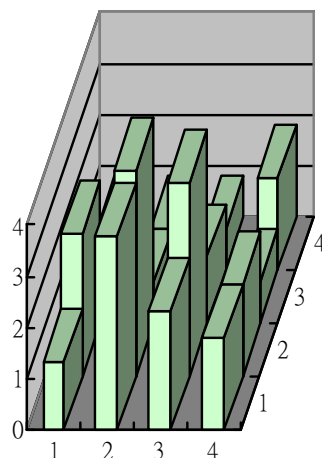


圖 6-43 水溫 11°C 溫度降低量立體直方圖

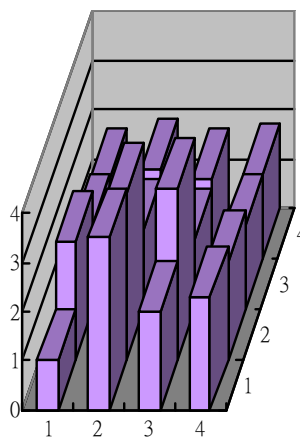


圖 6-44 水溫 6°C 溫度降低量立體直方圖

從實驗結果，在溫度變化上我們發現到隨著使用噴水的溫度愈低，偵測平台所測得的溫度有略為下降，但幅度並不太，從使用的水溫20°C、16°C、11°C、6°C發現，溫度平均下降量分別是1.28°C、1.60°C、1.89°C、2.08°C，最大與最小的下降量僅0.8°C（圖6-41、6-44）。

表6-12 水溫實驗溼度降低量

20°C 16°C 11°C 6°C 單位：相對溼度%			
8	6	9	3
7	5	6	4
10	7	8	2
9	11	9	8
11	20	19	8
14	23	17	7
12	23	19	9
13	23	22	11
11	15	23	12
13	20	25	14
15	24	33	17
14	30	35	13
19	25	22	18
18	27	23	21
17	31	25	19
19	33	29	21

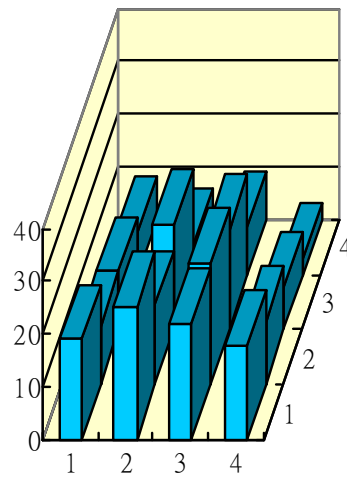


圖 6-45 水溫 20°C 溼度
升高量立體直方圖

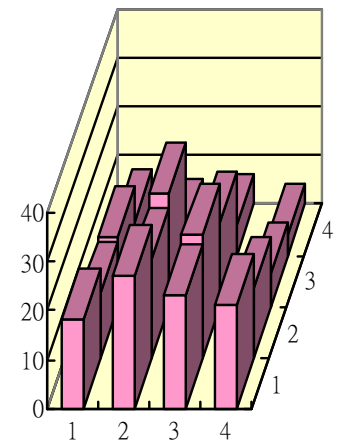


圖 6-46 水溫 16°C 溼度
升高量立體直方圖

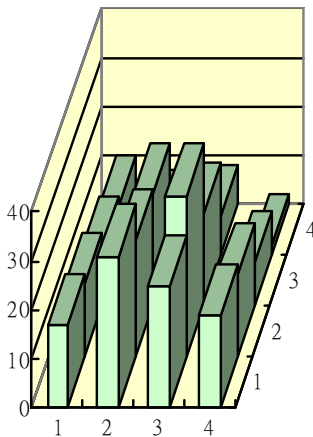


圖 6-47 水溫 11°C 溼度
升高量立體直方圖

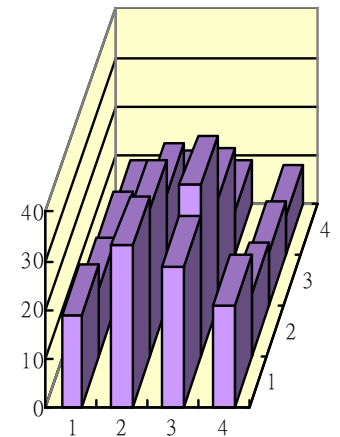


圖 6-48 水溫 6°C 溼度
升高量立體直方圖

我們從溼度的變化上發現到隨著使用噴水的溫度愈低，偵測平台所測得的溼度愈高，並且當水溫愈低，上升的幅度愈大，從使用的水溫20°C、16°C、11°C、6°C發現，溼度平均上升量分別是14.3%、15.2%、17.0%及18.8%（圖6-45、6-48）。

(二) 討論：從上述的溫度降低及溼度升高狀況，我們推論可能的原因如下。

1. 使用的噴水之水溫愈低時，因為水珠本身的溫度較低，當附著的物體上時，就會因為熱的傳導，而使物體的溫度下降較多；但是因本身溫度較低，也導致了這些較低溫的水份要蒸發成水蒸氣的比例相對變少，而能帶的溫度也變少，因此，在兩個因素的作用下，偵測平台測得的降溫並不大。
2. 使用的噴水之水溫愈低時，因為水珠的溫度較低，水份在空氣中或在附著物體時蒸發的比例變少，因此會提高空氣中的溼度，而水珠溫度愈低，這個現象就明顯。

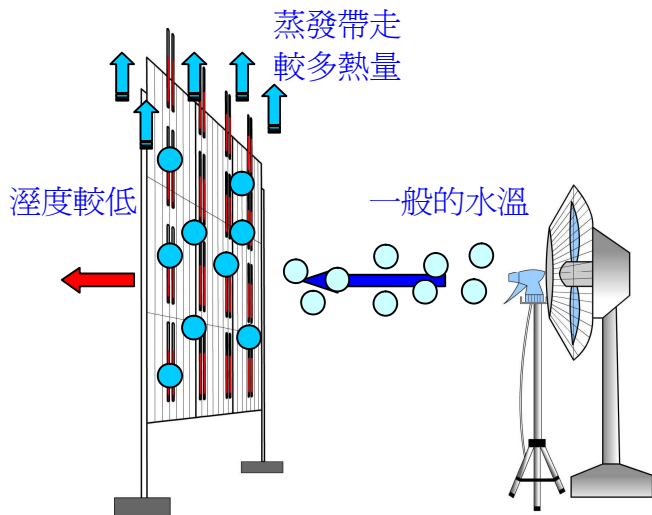


圖6-49 一般水溫噴液示意圖

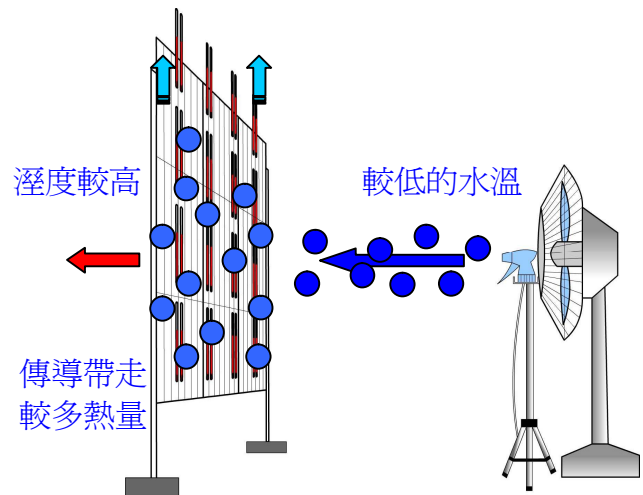


圖6-50 較低水溫噴液示意圖

柒、結論與建議

一、結論

從實驗的結果及討論中，我們對於涼風扇的原理及使用做了下列七項結論：

- (一) 涼風扇噴水器所噴出的小水珠容易向下沉，可能會讓使用者感覺到降溫效果不均勻，較低的位置降溫較明顯。
- (二) 使用涼風扇時，搭配較強的風，在降溫效果上會更為明顯，並且溼度也比較不會升高太多。
- (三) 使用涼風扇時，增加噴水量雖然可以促進降溫，但卻會造成過度潮溼的現象，讓使用者有不舒適的感覺。
- (四) 涼風扇與使用者的距離愈近，降溫效果愈好，但卻可能會造成過度潮溼的現象，尤其是在涼風扇正前方位置。
- (五) 使用含酒精之水溶液做為涼風扇之噴液，其降溫效果與一般的水相比，差異並不太明顯，但對於減少溼度的升高有相當的效果。
- (六) 使用溫度較室溫低的冰水做為涼風扇之噴液，其降溫效果只略優於一般常溫的水，但卻可能產生過高的溼度，造成使用者不舒爽的感受。
- (七) 夏日時使用涼風扇，應注意溫度的降低量是否高於溼度的升高量之 $1/10$ ，若否，則依據危險係數之計算，涼風扇可能並無法讓人感到更加涼爽。

二、建議

針對本研究的進行過程與實驗結果，我們給未來的研究下列四項建議：

- (一) 可尋找更為精確的測量多點溫度溼度之方法，以求實驗能更精準簡易。
- (二) 可改良實驗時的噴嘴，使噴嘴噴出的水珠能受到操控，以便進行探討。
- (三) 可再深入去思考溫溼度對於使用者的感受，使研究成果更具應用性
- (四) 可增加涼風扇的其他因素之探討，使討論面向更加廣泛。

捌、參考文獻

一、中文部份

劉暢（民98）。SUPER小學堂-101個科學知識。台北市：幼福。

風車編輯群（民101）。兒童知識百科。台北市：風車。

劉君祖（民87）。小牛頓科學百科。台北市：牛頓。

二、網路資源

三軍總醫院中暑防治中心。危險係數。民101年10月1日，取自
http://wwwu.tsgh.ndmctsgh.edu.tw/neph/hs/index_1.htm

Yahoo部落格。中暑防治及急救。民101年10月1日，取自
<http://tw.myblog.yahoo.com/ttt5031884/article?mid=8082>

Yahoo知識。求溼球溫度。民101年10月1日，取自
<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1009010703243>

Yahoo知識。涼風扇是不是真的會比較好用。民101年10月1日，取自
<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1607090206752>

測量溼度的工具。民101年10月1日，取自
http://content.edu.tw/senior/earth/yl_ld/content/6-3/tool.htm

江志宏。溫溼度名詞解釋。民101年10月1日，取自
http://www.kson.com.tw/chinese/study_24-8.htm