中華民國第54屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組　物理科

第二名

080118

冰「COOL」電風扇之原理探討

學校名稱：高雄市前金區前金國民小學

作者：	指導老師：
小六 蘇宸逸	王琡棻
小六 賴郁鵑	呂明吉

關鍵詞：超音波霧化、熱傳導、無葉風扇

冰「COOL」電風扇—原理探討

摘要

經由實驗得知，雖然吹電風扇會令人感到涼爽，但實際上卻不會降低周圍空氣溫度。於是想找出可以降低氣溫的電風扇並探討其原理。首先，要了解電風扇造成的空氣流動情形，實驗發現電風扇使得空氣以螺旋方式向內集中吹出。然後利用熱傳導原理，採用導熱效果佳的鋁器，放置於電風扇前方，並裝有小冰塊以增加與空氣接觸面積，以達到較佳的降溫效果。接下來，利用超音波霧化器將不同溫度的水來產生小水霧，並置於電風扇前方，以探討其蒸發對周圍氣體的降溫效果。最後，結合了熱傳導和蒸發吸熱的原理製作一裝置，使得電風扇的降溫效果更加提升了。

壹、 研究動機

炎炎夏日裡，最喜歡待在冷氣房裡吹涼，但近來電費高漲，且學校也沒冷氣可吹，就只能吹電風。但有時候天氣熱時，風扇吹出的盡是熱風，愈吹愈熱。於是我們便想是否有辦法可以讓電風扇吹起來既像吹冷氣般地涼爽，但又不會像吹冷氣般那麼耗電。於是我們幾位感興趣的朋友就相約去請教老師，老師說剛好我們六下南一版第二單元「熱和我們的生活」有提到相關的知識，要我們一起進行實驗設計來探究。

貳、 研究目的與問題

一、探討電風扇開啓後，對周圍氣溫變化的影響

問題(一)、電風扇開啓後，在其前方不同距離處的氣溫變化情形如何？

二、探討電風扇開啓後，對前方不同位置的風力影響

問題(二)、電風扇開啓後，在其前方不同距離處的風力大小情形如何？

三、探討將冰塊放置在電風扇前後方，對周圍氣溫變化的影響

問題(三)、在電風扇前後方放置冰塊，其周圍氣溫變化情形如何？

問題(四)、改變不同材質的容器來裝冰塊，其周圍氣溫變化情形如何？

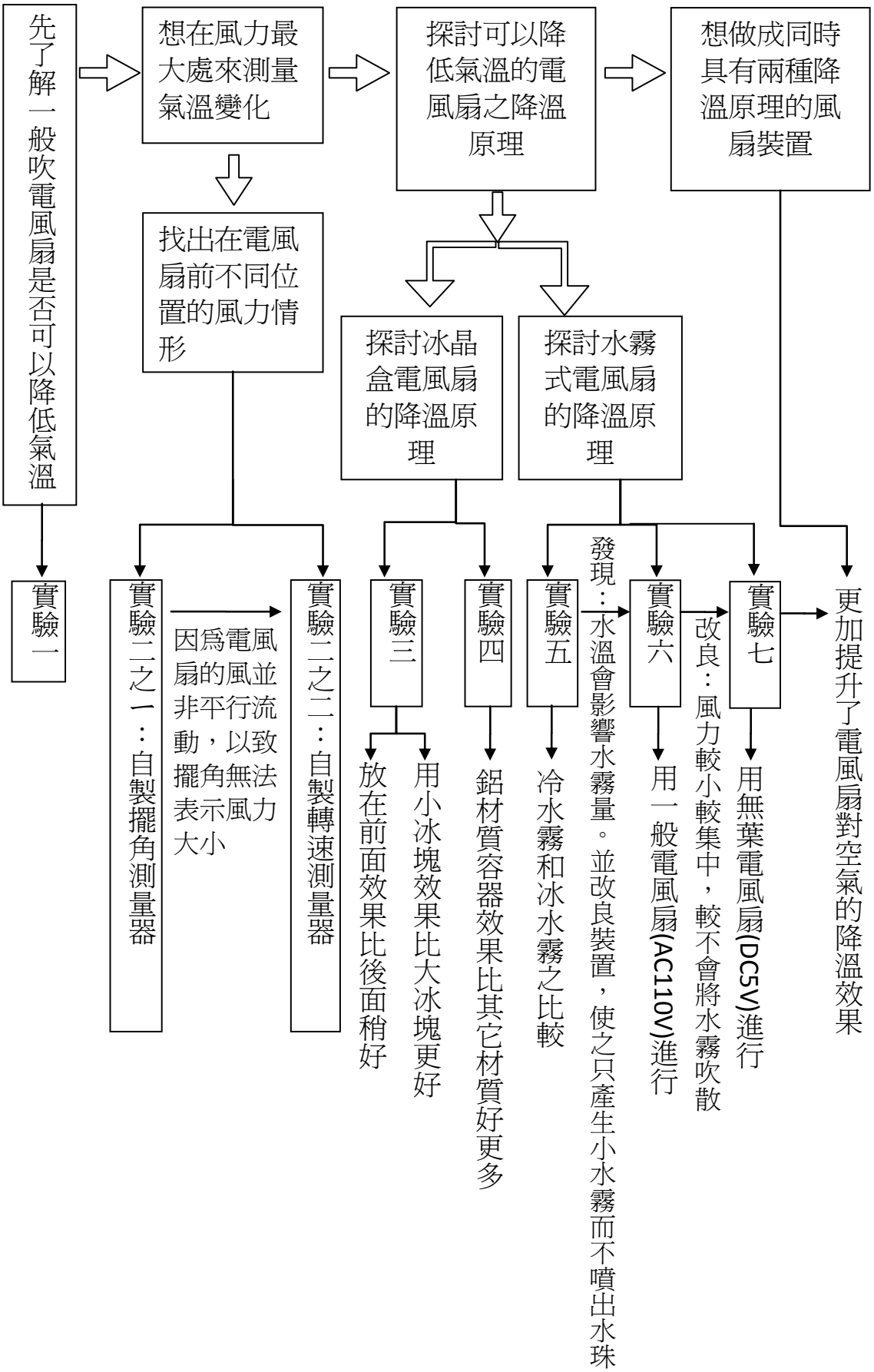
四、探討在電風扇前製造小水霧，對周圍氣溫變化的影響

問題(五)、在電風扇前方製造小水霧，其周圍氣溫變化情形如何？

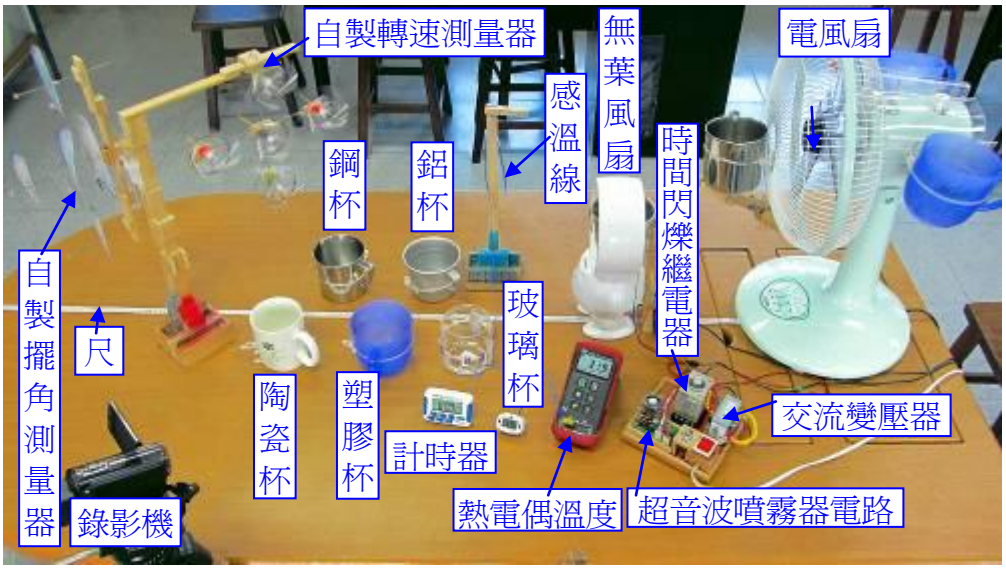
問題(六)、利用不同溫度的水製造小水霧，其周圍氣溫變化情形如何？

問題(七)、利用無葉風扇取代一般風扇重做實驗，其周圍氣溫變化情形如何？

參、 研究架構


先了解一般吹電風扇是否可以降低氣溫
想在風力最大處來測量氣溫變化
探討可以降低氣溫的電風扇之降溫原理
想做成同時具有兩種降溫原理的風扇裝置
找出在電風扇前不同位置的風力情形
探討冰晶盒電風扇的降溫原理
探討水霧式電風扇的降溫原理
實驗一
實驗二之一：自製擺角測量器
因爲電風扇的風並非平行流動，以致擺角無法表示風力大小
實驗二之二：自製轉速測量器
實驗三
放在前面效果比後面稍好
用小冰塊效果比大冰塊更好
實驗四
鋁材質容器效果比其它材質好更多
實驗五
冷水霧和冰水霧之比較
發現：水溫會影響水霧量。並改良裝置，使之只產生小水霧而不噴出水珠
實驗六
用一般電風扇(AC110V)進行
改良：風力較小較集中，較不會將水霧吹散
實驗七
用無葉電風扇(DC5V)進行
更加提升了電風扇對空氣的降溫效果

肆、 研究設備與器材



圖一 實驗裝置圖

電風扇、無葉風扇、塑膠杯、陶瓷杯、玻璃杯、鋁杯、鋼杯、自製擺角測量器、自製風速測量器、超音波霧化器電路、交流變壓器、時間閃爍繼電器、熱電偶溫度計、計時器、攝影機、電腦、冰塊、不同溫度的水。

伍、 研究過程、方法、結果與討論

問題一：電風扇開啓後，在其前方不同距離處的氣溫變化情形如何？

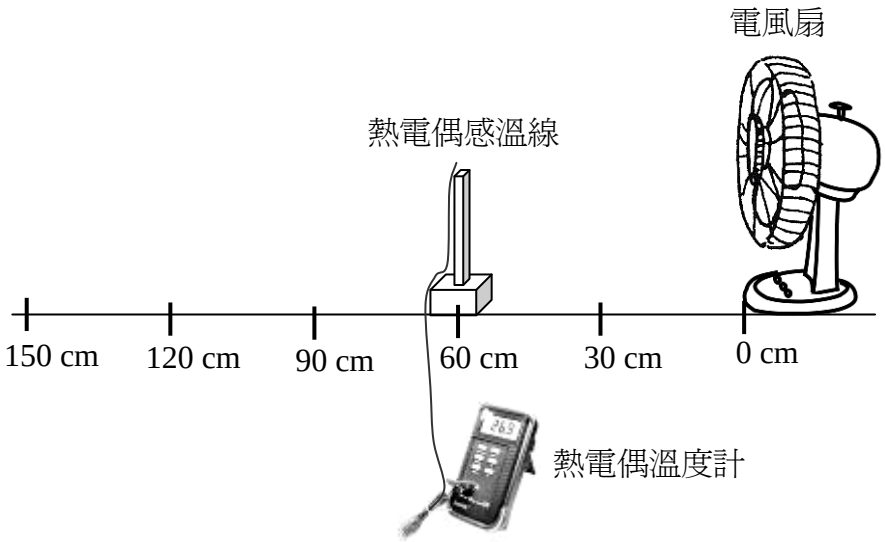
構想：在一般情形下，吹電風總是會讓我們感到較涼快。於是我們想知道，電風扇啓動前後對周圍氣溫的影響如何？

實驗一、電風扇開啓後，在電風扇前方不同距離處，測量氣溫變化情形。

過程與方法：

(一) 將熱電偶感溫線依序架在電風扇正前方 0、30、60、90、120 和 150 cm 處，用熱電偶溫度計測量電風扇開啓前的氣溫，待顯示溫度在五秒內達穩定不改變時記錄下溫度。

(二) 將電風扇開啓，然後重複步驟(一)測量不同位置的氣溫。

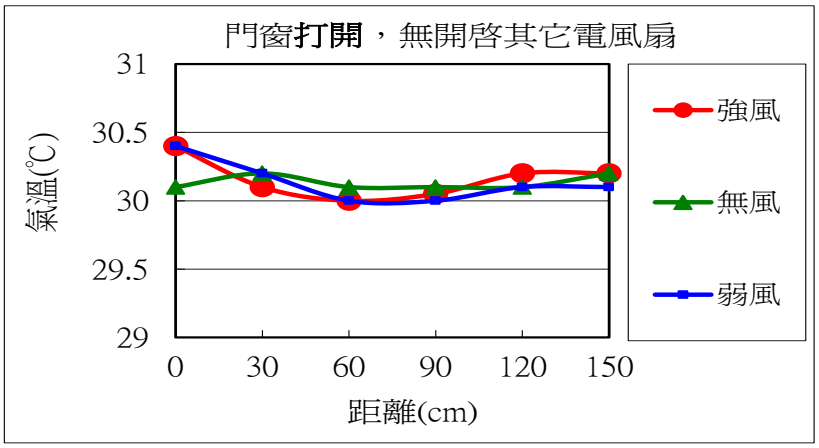


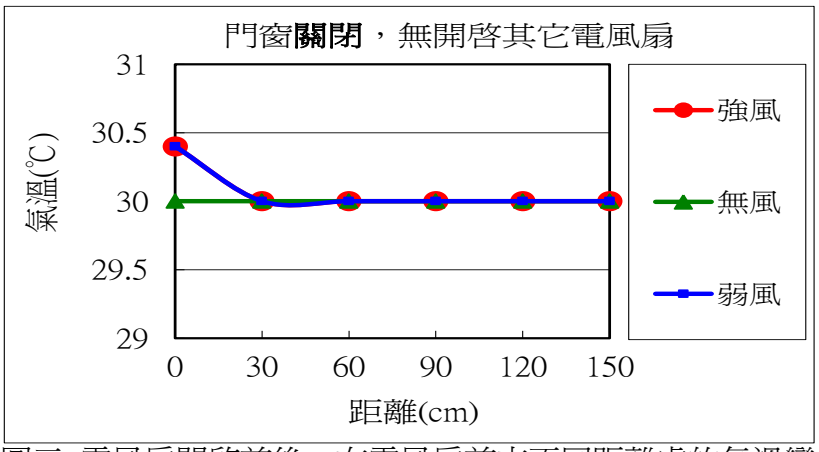
圖二 實驗一裝置示意圖

結果：

表一：電風扇開啓前後，其前方不同距離處的氣溫變化

門窗打開，無開啓其它電風扇							
與電風扇距離(cm)		0	30	60	90	120	150
氣溫(℃)	無風	30.1	30.2	30.1	30.1	30.1	30.2
	弱風	30.4	30.2	30	30	30.1	30.1
	強風	30.4	30.1	30	30.05	30.2	30.2
門窗關閉，無開啓其它電風扇							
與電風扇距離(cm)		0	30	60	90	120	150
氣溫(℃)	無風	30	30	30	30	30	30
	弱風	30.4	30	30	30	30	30
	強風	30.4	30	30	30	30	30





圖三 電風扇開啓前後，在電風扇前方不同距離處的氣溫變化

發現：

(一) 門窗關閉進行氣溫測量，比門窗打開來得穩定。

(二) 電風扇開啓前後，除了最靠近電風扇的 0cm 處的氣溫升高最多達 0.3~0.4℃外，其餘測得其前方固定位置的最大氣溫差爲 0.2℃，溫差不大。所以開啓電風扇對周圍的氣溫幾乎沒甚麼影響。

(三) 除了最靠近電風扇 0cm 處外，無論電風扇是否開啓，測得前方不同距離處的氣溫差都在 0.2℃以下。所以電風扇前方不同距離處的氣溫不會因距電風扇遠近而有影響。

研究討論：

(一) 門窗關閉進行實驗，所測得的氣溫較穩定，所以以下實驗皆以門窗關閉來進行。

(二) 本實驗採用熱電偶溫度計來測量氣溫，主要是因爲熱電偶溫度計具有以下幾個優點：

1. 些微的溫度變化亦可測定。
2. 測量時間反應快。
3. 靈敏度高。

(三) 在電風扇未開啓前，教室內氣溫已近乎達熱平衡狀態。當開啓電風扇後，只是造成熱平衡的空氣在教室內流動，並不會改變其氣溫。而在最靠近電風扇 0cm 處，當電風扇開啓後，氣溫略爲升高較多，我們認爲是電風扇開啓後所產生的熱能造成。

(四) 實驗結果顯示，開啓電風扇並不會降低周圍氣溫，但實際上我們吹電風扇確實會感到涼爽。主要是因爲造成空氣流動，會幫助我們產生的汗水蒸發，而汗水蒸發會吸收人體的熱量，所以會讓我們感到涼爽。

問題二：電風扇開啓後，在其前方不同距離處的風力大小情形如何？

構想：爲做找出適當位置來測量氣溫變化情形，我們想知道在電風扇前方的哪個位置的風力較強，以進行下一個測量氣溫變化的實驗。爲了測量風力大小，我們最先想到用風吹動薄片來測量擺動的角度，所以自製了擺角測量器。

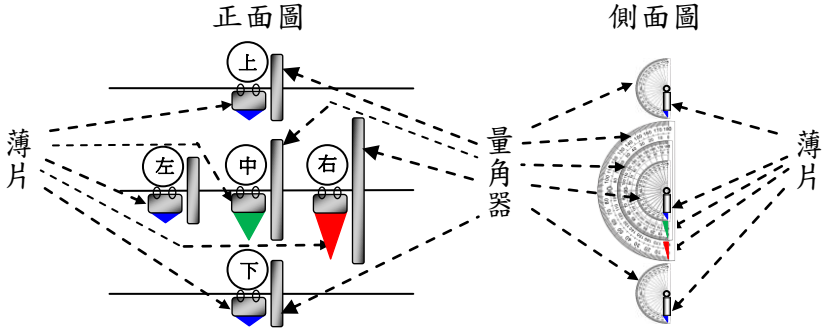
實驗二之一、利用自製擺角測量器，來測量電風扇前方不同距離處的擺角變化情形。

構想：爲了測量風力，我們最先想到用風吹動薄片來測量擺角，所以自製了擺角測量器。

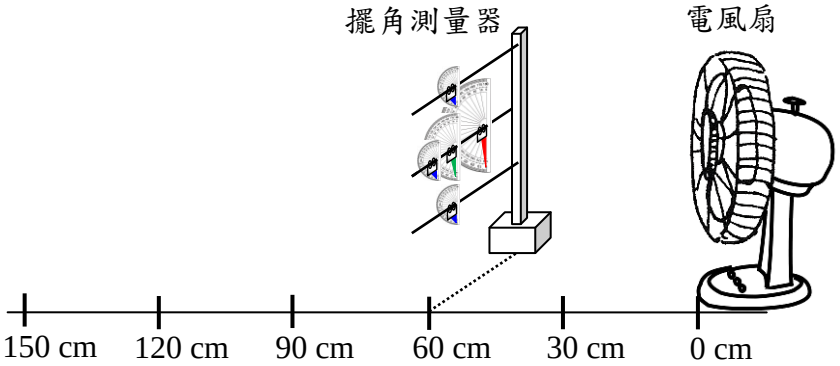
過程與方法：

(一) 將三種不同大小的量角器和五個薄片分別標示爲左、中、右、上、下，架設組成自製擺角測量器。

(二) 將擺角測量器依序放置在電風扇正前方 0、30、60、90、120 和 150 cm 處，然後開啓電風扇，利用錄影來記錄薄片 30 秒內擺動角度的變化情形。



圖四 擺角測量器正面圖與側面圖

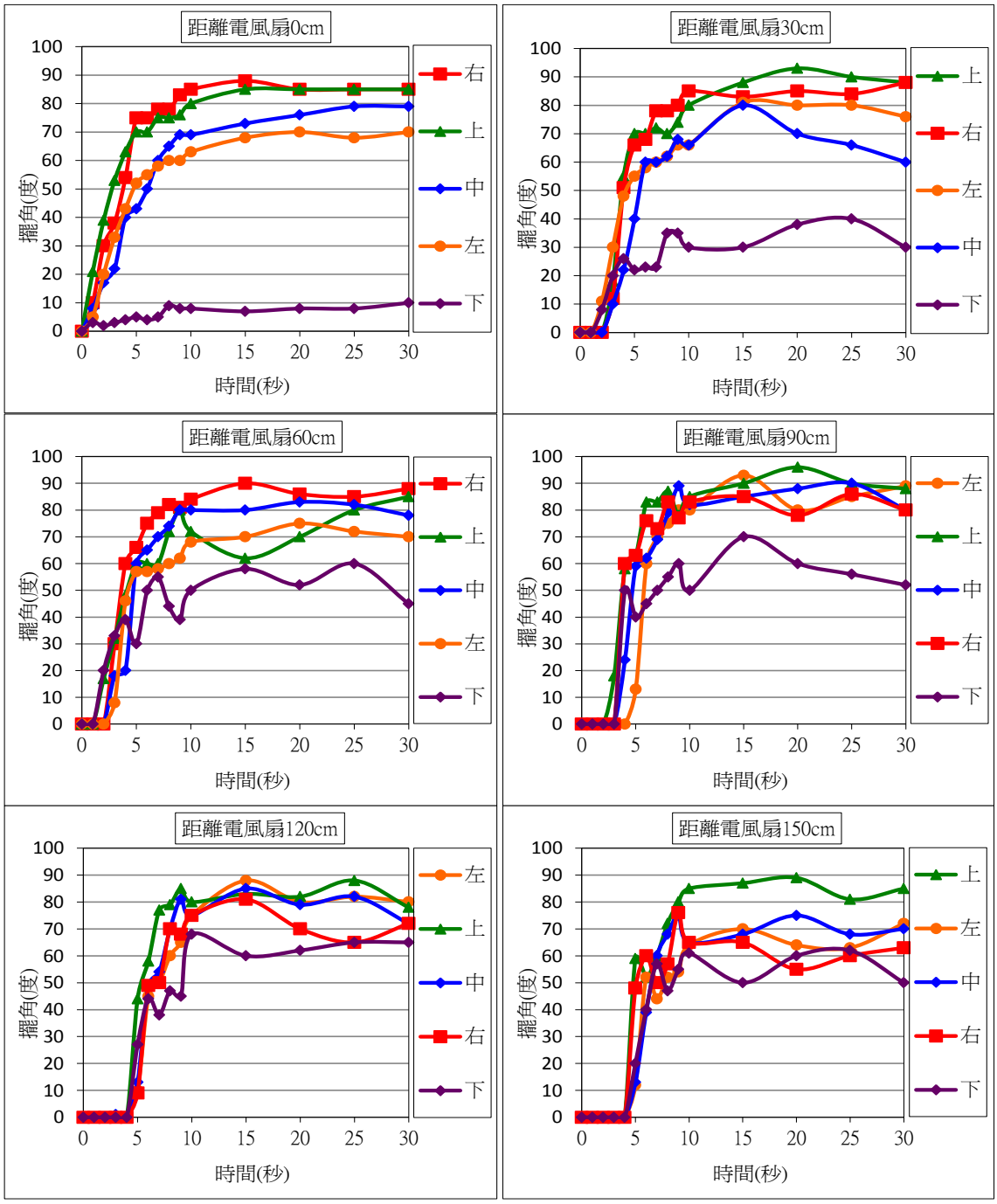


圖五 實驗二之一裝置示意圖

結果：

表二：在電風扇前方不同距離處，受風力作用的擺角變化情形

時間(秒)			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30
距電風扇0 cm	擺角（度）	左	0	5	20	33	43	52	55	58	60	60	63	68	70	68	70
		中	0	8	17	22	40	43	50	60	65	69	69	73	76	79	79
		右	0	10	30	38	54	75	75	78	78	83	85	88	85	85	85
		上	0	21	39	53	63	70	70	75	75	76	80	85	85	85	85
		下	0	3	2	3	4	5	4	5	9	8	8	7	8	8	10
距電風扇30 cm	擺角（度）	左	0	0	11	30	48	55	58	60	62	66	66	81	80	80	76
		中	0	0	0	10	22	40	60	60	62	68	66	80	70	66	60
		右	0	0	0	12	51	66	68	78	78	80	85	83	85	84	88
		上	0	0	0	18	55	70	70	72	70	74	80	88	93	90	88
		下	0	0	8	20	26	22	23	23	35	35	30	30	38	40	30
距電風扇60 cm	擺角（度）	左	0	0	0	8	46	57	57	58	60	62	68	70	75	72	70
		中	0	0	0	18	20	60	65	70	74	80	80	80	83	82	78
		右	0	0	0	30	60	66	75	79	82	81	84	90	86	85	88
		上	0	0	17	32	48	60	60	60	72	80	72	62	70	80	85
		下	0	0	20	33	39	30	50	55	44	39	50	58	52	60	45
距電風扇90 cm	擺角（度）	左	0	0	0	0	0	13	60	70	75	80	80	93	80	85	89
		中	0	0	0	0	24	59	62	69	79	89	82	85	88	90	80
		右	0	0	0	0	60	63	76	73	83	77	83	85	78	86	80
		上	0	0	0	18	58	63	83	83	87	78	85	90	96	90	88
		下	0	0	0	0	50	40	45	50	55	60	50	70	60	56	52
距電風扇120 cm	擺角（度）	左	0	0	0	0	0	10	45	50	60	65	75	88	80	82	80
		中	0	0	0	1	0	13	49	54	70	81	75	85	79	82	72
		右	0	0	0	0	0	9	49	50	70	68	75	81	70	65	72
		上	0	0	0	0	0	44	58	77	79	85	80	83	82	88	78
		下	0	0	0	0	0	27	44	38	47	45	68	60	62	65	65
距電風扇150 cm	擺角（度）	左	0	0	0	0	0	12	52	44	52	54	64	70	64	63	72
		中	0	0	0	0	0	13	39	60	68	75	65	68	75	68	70
		右	0	0	0	0	0	48	60	50	57	76	65	65	55	60	63
		上	0	0	0	0	0	59	52	60	72	80	85	87	89	81	85
		下	0	0	0	0	0	20	40	57	47	55	61	50	60	62	50



圖六 在電風扇前方不同距離處，受風力作用的擺角變化情形

發現：

(一) 大致而言，在下方的薄片的擺動角度較小，且擺角變化幅度較大。

(二) 距離電風扇 90cm 處時，左、中、右、上方的薄片所測得的擺角較接近，表示風力大小較相近。

(三) 距離電風扇較遠的 150cm 處，薄片的擺角有變小的趨勢，表示風力有減弱的趨勢。

(四) 距離電風扇愈遠，薄片開始擺動的時間愈慢。

研究討論：

(一) 因爲薄片很小，只能測得局部小位置的風力，所以我們同時測量五個不同位置的薄片所擺動的角度來做比較。

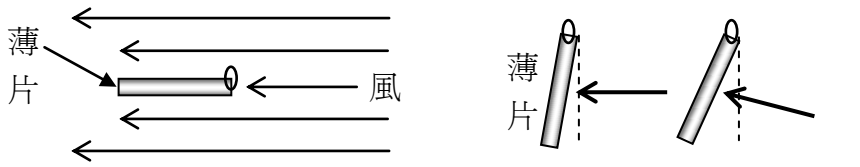
(二) 擺角測量器的薄片和量角器的材質，必須夠輕且不易變形彎曲，最後我們找到用透

明投影片的材質來製作。

(三) 爲了做好控制變因，必須同時測量五個不同位置(左、中、右、上、下)薄片的擺角。但是要同時測量左中右三個薄片時，會因視線重疊，只看到第一個薄片而無法同時觀測到另外兩個薄片的擺動情形。

(四) 爲了解決以上問題，我們從升旗排隊得到感想，當排成一直線時還是可以看到後面較高同學的頭部，所以我們做了小中大三個量角器和短中長三個薄片指標，依序放置在左中右三個位置，然後從左方觀測，就能同時觀測到三個薄片的擺動情形(參考圖四側面圖)。

(五) 在實驗中測到薄片擺角有超過 90 度的情形，表示電風扇產生的風並非平行流動，若是平行的風所造成的擺角最大爲 90 度。因風的方向不一，即使風力大小一樣，薄片的擺角也不會相同(參考圖七)。所以我們打算再利用另一種型式來測量風力大小。



薄片受到平行方向的風所產生的最大擺角　　大小相同方向不同的風造成薄片的擺角不同

圖七

實驗二之二、利用自製風速測量器，來測量電風扇前方不同距離處的轉速變化情形。

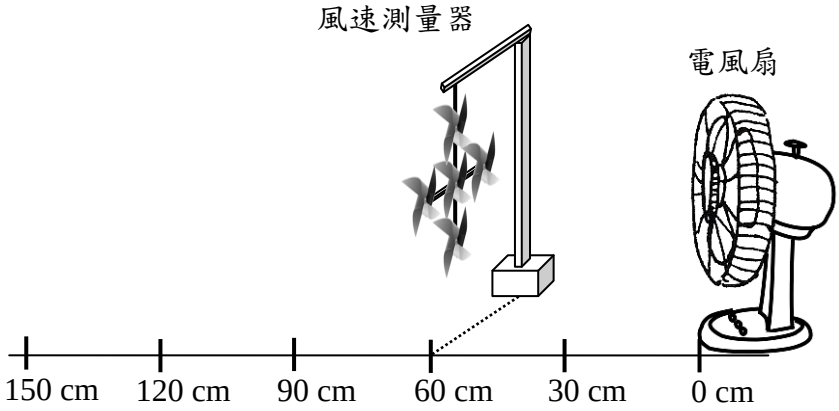
構想：原本的薄片只能測到局部小範圍的風力情形，於是我們想改變用另一種風車的型式，來測量較大範圍的風力整體表現。

過程與方法：

(一) 自製 5 個風車架設組成風速測量器。

(二) 將風速測量器依序放置在電風扇正前方 0、30、60、90、120 和 150 cm 處，然後開啓電風扇。

(三) 利用錄影方式記錄風車在 20 秒內轉動的變化情形。



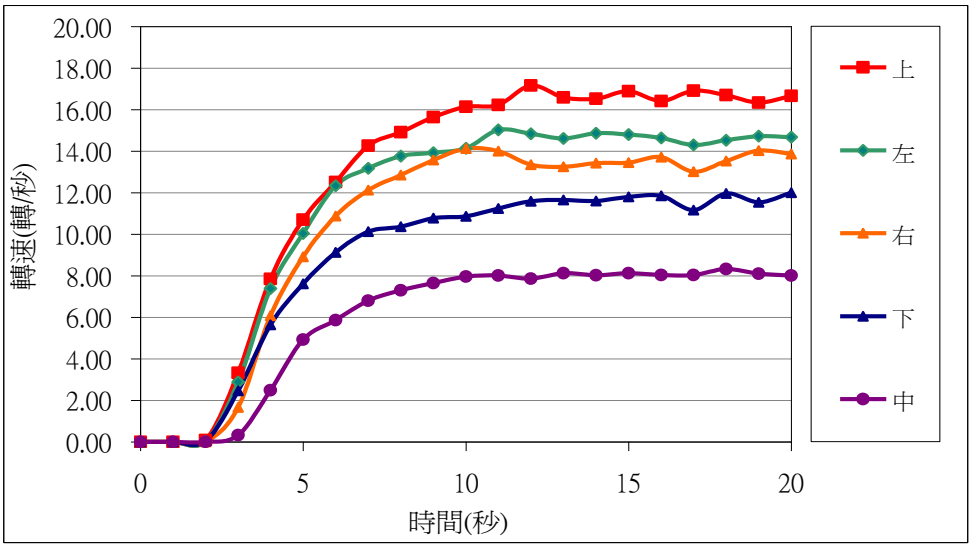
圖八 實驗二之二裝置示意圖

結果：

表三：距電風扇 0cm 處，不同位置的風車受風力作用的轉動累積機角度與轉速變化情形

風車位置	時間(sec)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
左	累積轉動角度(度)	0	0	10	1050	3710	7325	11765	16510	21465	26480	31570
中		0	0	0	115	1010	2785	4895	7345	9975	12730	15595
右		0	0	0	600	2785	5995	9910	14275	18900	23785	28870
上		0	0	30	1225	4050	7900	12405	17540	22910	28540	34350
下		0	0	15	900	2930	5670	8955	12600	16330	20210	24120
左	平均每秒轉速(圈/秒)	0.00	0.00	0.03	2.89	7.39	10.04	12.33	13.18	13.76	13.93	14.14
中		0.00	0.00	0.00	0.32	2.49	4.93	5.86	6.81	7.31	7.65	7.96
右		0.00	0.00	0.00	1.67	6.07	8.92	10.88	12.13	12.85	13.57	14.13
上		0.00	0.00	0.08	3.32	7.85	10.69	12.51	14.26	14.92	15.64	16.14
下		0.00	0.00	0.04	2.46	5.64	7.61	9.13	10.13	10.36	10.78	10.86

風車位置	時間(sec)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
左	累積轉動角度(度)	36980	42320	47580	52930	58260	63530	68680	73910	79210	84495
中		18480	21310	24235	27125	30050	32945	35840	38835	41750	44635
右		33910	38715	43485	48320	53160	58095	62780	67650	72700	77690
上		40190	46370	52340	58290	64370	70280	76370	82380	88260	94260
下		28165	32335	36530	40705	44955	49220	53240	57545	61700	66020
左	平均每秒轉速(圈/秒)	15.03	14.83	14.61	14.86	14.81	14.64	14.31	14.53	14.72	14.68
中		8.01	7.86	8.13	8.03	8.13	8.04	8.04	8.32	8.10	8.01
右		14.00	13.35	13.25	13.43	13.44	13.71	13.01	13.53	14.03	13.86
上		16.22	17.17	16.58	16.53	16.89	16.42	16.92	16.69	16.33	16.67
下		11.24	11.58	11.65	11.60	11.81	11.85	11.17	11.96	11.54	12.00



圖九 距電風扇 0cm 處，不同位置的風車受風力作用的平均每秒轉速變化情形

發現：

(一) 五個不同位置的風車轉速快慢不一，快慢依序為上、左、右、下與中方。

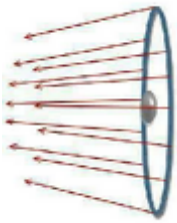
(二) 中間位置的風車開始轉動的時間較慢，轉速變化較小且轉速最慢。

研究討論：

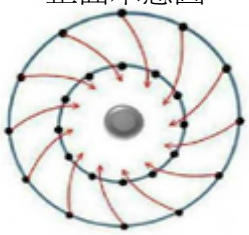
(一) 實驗發現五個不同位置的風車轉速快慢不一，而中間位置的風車轉速最慢且開始轉動的時間也較慢。我們想知道是甚麼原因造成的，因此利用尼龍繩進行一個觀察電風扇造成其前方空氣流動情形的實驗，結果如下：

1. 空氣並非平行流動，也不是向外散開，而是向內集中的方式流動。
2. 空氣是呈現螺旋向內的方式，遠離電風扇被吹出。
3. 靠近電風扇的中間位置，一開始並沒有空氣的流動。

側面示意圖



正面示意圖



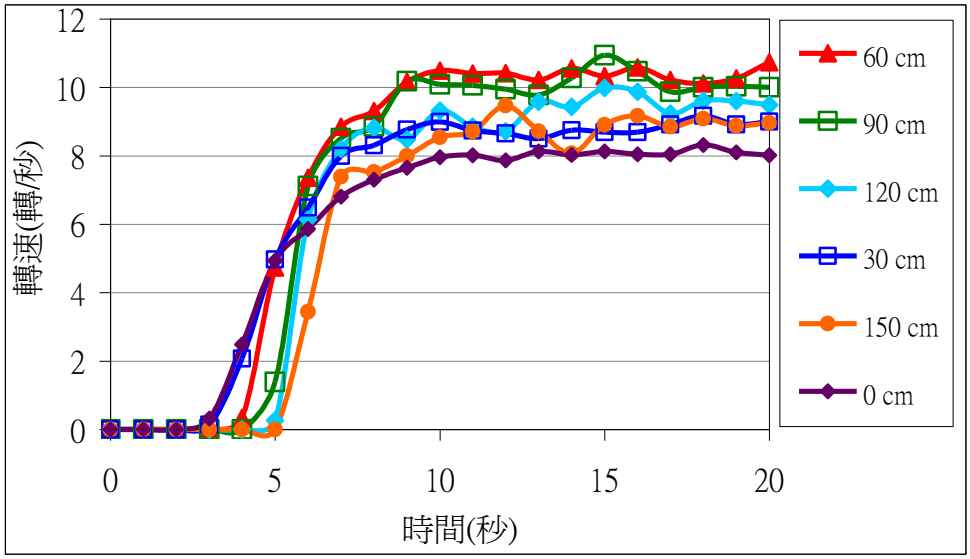
圖十 電風扇造成前方空氣的流動情形

(二) 因風車轉動已經不是局部小範圍風力的影響，而可視爲整體風力的作用。且電風扇產生的風是向內集中的方式流動，所以我們後來決定只採取中間位置的風車的轉動情形，來比較電風扇前不同距離處的風力大小。

表四：在電風扇前方不同距離處，風車受風力作用的轉速變化情形

距離電風扇	時間(sec)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0 cm	累積轉動角度(度)	0	0	0	115	1010	2785	4895	7345	9975	12730	15595
30 cm		0	0	0	50	795	2585	4920	7800	10790	13945	17180
60 cm		0	0	0	0	120	1825	4475	7660	11010	14670	18445
90 cm		0	0	0	0	0	500	3060	6125	9315	12980	16610
120 cm		0	0	0	0	0	95	2305	5257	8430	11480	14835
150 cm		0	0	0	0	0	0	1240	3900	6610	9490	12565
0 cm	平均每秒轉速(轉/秒)	0.00	0.00	0.00	0.32	2.49	4.93	5.86	6.81	7.31	7.65	7.96
30 cm		0.00	0.00	0.00	0.14	2.07	4.97	6.49	8.00	8.31	8.76	8.99
60 cm		0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	4.74	7.36	8.85	9.31	10.17	10.49
90 cm		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.39	7.11	8.51	8.86	10.18	10.08
120 cm		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	6.14	8.20	8.81	8.47	9.32
150 cm		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.44	7.39	7.53	8.00	8.54

距離電風扇	時間(sec)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0 cm	累積轉動角度(度)	18480	21310	24235	27125	30050	32945	35840	38835	41750	44635
30 cm		20325	23440	26500	29650	32780	35910	39120	42420	45630	48870
60 cm		22190	25940	29620	33420	37140	40950	44630	48270	51965	55830
90 cm		20230	23810	27330	31030	34970	38740	42295	45895	49505	53105
120 cm		18020	21160	24610	28005	31600	35155	38480	41940	45395	48810
150 cm		15700	19110	22250	25155	28360	31660	34845	38115	41310	44535
0 cm	平均每秒轉速(轉/秒)	8.01	7.86	8.13	8.03	8.13	8.04	8.04	8.32	8.10	8.01
30 cm		8.74	8.65	8.50	8.75	8.69	8.69	8.92	9.17	8.92	9.00
60 cm		10.40	10.42	10.22	10.56	10.33	10.58	10.22	10.11	10.26	10.74
90 cm		10.06	9.94	9.78	10.28	10.94	10.47	9.88	10.00	10.03	10.00
120 cm		8.85	8.72	9.58	9.43	9.99	9.88	9.24	9.61	9.60	9.49
150 cm		8.71	9.47	8.72	8.07	8.90	9.17	8.85	9.08	8.88	8.96



圖十一 在電風扇前方不同距離處，風車受風力作用的轉速變化情形

發現：

1. 距離電風扇 60cm 和 90cm 處，風車最後轉速較快，最快達每秒 10.94 轉。
2. 距離電風扇 0cm 處，風車轉速最慢，最快達每秒 8.32 轉。
3. 距離電風扇較遠的 150cm 處，測得風車轉速起伏變化較大。
4. 距離電風扇愈遠，風車開始轉動的時間愈慢。

研究討論：

1. 我們利用透明投影片做成四葉風車，並在風車背面畫了一個區分成 36 等分的圓，作爲測量轉動角度參考。
2. 我們利用威力導演軟體讀取實驗錄影檔，可以讀到每一畫格間距爲 1/30 秒(一般錄影爲 30 fps)。但是因爲風車轉速太快，以致畫面模糊不清無法讀出轉動角度。於是我們利用有高速攝影功能(可達 240 fps)的相機來錄影，可以錄到每一畫格間距爲 1/240 秒，便可順利錄到較清晰的畫面讀出轉動角度。

未轉動的風車　　轉動時 30fps 的畫格　　轉動時 240fps 的畫格

圖十二 每一畫格的影像

3. 距離電風扇距離愈遠，空氣流動到達所需的時間要愈久，所以距離電風扇愈遠，風車開始轉動的時間就愈慢。
4. 距離電風扇最近的 0cm 處，幾乎沒受到扇片吹動，所以轉速最慢。距離電風扇最遠的 150cm 處，所受到扇片吹動的力道較弱，所以轉速較慢。所以以下實驗，我們決定在距離電風扇 30~120cm 處測量氣溫來進行討論。

問題三：在電風扇前後方放置冰塊，其周圍氣溫變化情形如何？

構想：網路有賣一種掛在電風扇後方的冰晶盒，號稱可以降低氣溫，我們想知道真正效果如何，並將原來放置在電風扇後方的冰塊改變位置到前方，來看看對氣溫變化有何影響。

實驗三、分別將冰塊放置在電風扇的前後方，用熱電偶溫度計測量前方不同位置的氣溫變化情形

過程與方法：

(一) 將裝有整個冰塊的塑膠容器分別放置在電風扇的前後方。

(二) 將熱電偶感溫線依序架在電風扇正前方 30、60、90、120 cm 處。

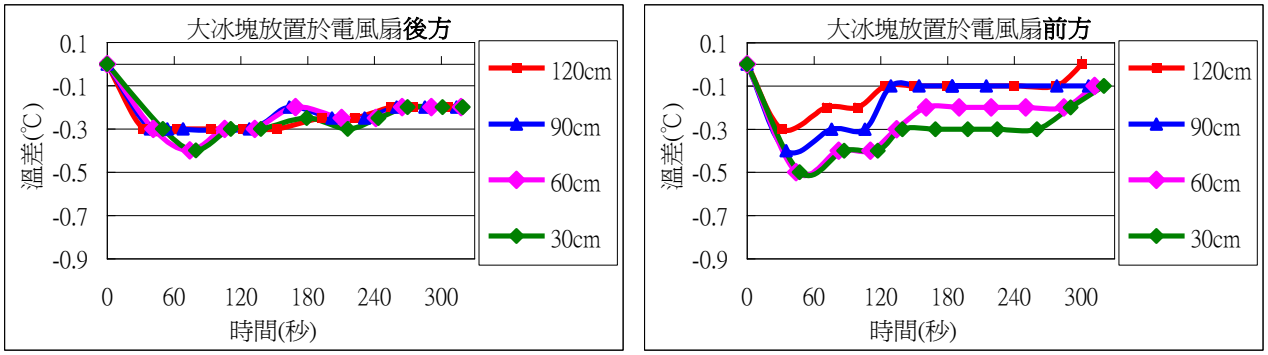
(三) 開啓電風扇後，每隔約 30 秒利用熱電偶溫度計測量其前方不同位置的氣溫在 5 分鐘內的變化情形。

圖十三 實驗三裝置圖

結果：

表五：將大冰塊放置在電風扇的前後方，其前方不同位置的氣溫變化情形

大冰塊放置於電風扇後方	30cm	時間(秒)	0	50.2	79.8	111	138	179	216	244	270	301	319
		溫度(℃)	32.3	32	31.9	32	32	32.1	32	32.1	32.1	32.1	32.1
		溫差(℃)	0	-0.3	-0.4	-0.3	-0.3	-0.25	-0.3	-0.25	-0.2	-0.2	-0.2
	60cm	時間(秒)	0	41.3	74.3	106	133	169	211	241	265	291	318
		溫度(℃)	32.3	32	31.9	32	32	32.1	32.1	32.1	32.1	32.1	32.1
		溫差(℃)	0	-0.3	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.25	-0.25	-0.2	-0.2	-0.2
	90cm	時間(秒)	0	38.8	68.1	54	128	164	202	231	260	286	314
		溫度(℃)	32.3	32	32	32	32	32.1	32.1	32.1	32.1	32.1	32.1
		溫差(℃)	0	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.25	-0.25	-0.2	-0.2	-0.2
	120cm	時間(秒)	0	32.6	62.9	92.9	122	153	192	222	255	274	306
		溫度(℃)	32.3	32	32	32	32	32	32.1	32.1	32.1	32.1	32.1
		溫差(℃)	0	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.25	-0.25	-0.2	-0.2	-0.2
大冰塊放置於電風扇前方	30cm	時間(秒)	0	47.2	87.3	118	140	169	198	225	260	291	320
		溫度(℃)	31.9	31.4	31.5	31.5	31.6	31.6	31.6	31.6	31.6	31.7	31.8
		溫差(℃)	0	-0.5	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1
	60cm	時間(秒)	0	43.9	82.3	111	135	161	191	219	250	285	312
		溫度(℃)	31.9	31.4	31.5	31.5	31.6	31.7	31.7	31.7	31.7	31.7	31.8
		溫差(℃)	0	-0.5	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1
	90cm	時間(秒)	0	35	76	106	129	155	184	215	184	278	307
		溫度(℃)	31.9	31.5	31.6	31.6	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8
		溫差(℃)	0	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
	120cm	時間(秒)	0	31.6	71.2	100	124	150	181	179	240	277	301
		溫度(℃)	31.9	31.6	31.7	31.7	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.9
		溫差(℃)	0	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0



圖十四 將大冰塊放置在電風扇的前後方，其前方不同位置的氣溫變化情形

發現：

(一) 冰塊放置在電風扇後方，在電風扇前 30cm 與 90cm 處最低可降低氣溫 0.4℃；冰塊放置在電風扇前方，在電風扇前 30cm 與 90cm 處最低可降低氣溫 0.5℃。

(二) 各位置的氣溫一開始時，下降的幅度較大。隨著時間愈久，各位置氣溫下降的幅度有減小的趨勢。

研究討論：

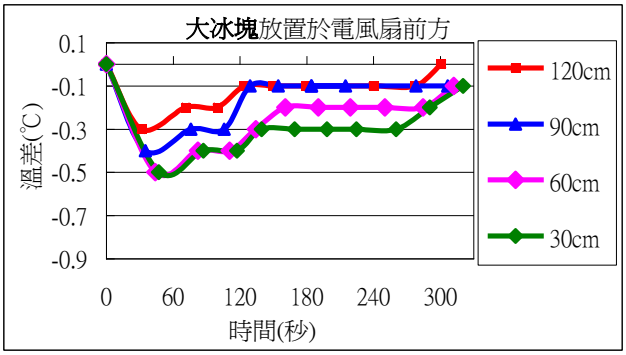
(一) 在本實驗中，隨著與電風扇的距離愈遠，降溫效果有減弱的趨勢。

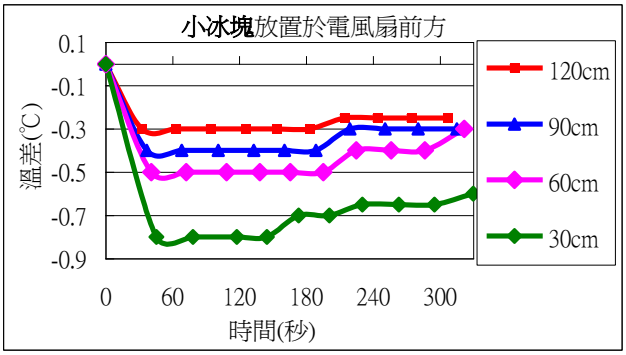
(二) 將冰塊放置在電風扇前方測得在距電風扇 0cm 處的氣溫較低，且低溫持續時間較長所以降溫效果比放在後方好一點點，因此以下實驗都將容器放在前方進行。

(三) 氣溫降低主要是冰塊吸收了周圍的熱量，爲了讓冰塊吸收更多熱量以增加降溫效果，我們將大冰塊換成小冰塊來增加與空氣接觸的表面積進行實驗，結果如下：

表六：換成小冰塊放置在電風扇的前方，其前方不同位置的氣溫變化情形

小冰塊放置於電風扇前方	30cm	時間(秒)	0	45.53	78.1	117.7	144.5	173.1	200.7	230.3	263.1	294.8	329.8
		溫度(℃)	32.3	31.5	31.5	31.5	31.5	31.6	31.6	31.65	31.65	31.65	31.7
		溫差(℃)	0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	-0.7	-0.65	-0.65	-0.65	-0.6
	60cm	時間(秒)	0	40.8	72.27	108.2	138.1	165.6	195.1	224.8	256.3	286.4	321.6
		溫度(℃)	32.3	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	31.9	31.9	31.9	32
		溫差(℃)	0	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3
	90cm	時間(秒)	0	36.7	68.03	100.8	132.8	160.3	188.6	219	250.7	280.3	315
		溫度(℃)	32.3	31.9	31.9	31.9	31.9	31.9	31.9	32	32	32	32
		溫差(℃)	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
	120cm	時間(秒)	0	32.47	63.2	93.93	126	153.5	183.1	214.2	243.6	274.2	306.9
		溫度(℃)	32.3	32	32	32	32	32	32	32.05	32.05	32.05	32.05
		溫差(℃)	0	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25





圖十五 將大小冰塊放置在電風扇的前方，其前方不同位置的氣溫變化情形

發現：

1. 換成小冰塊時，在 30cm 處氣溫最低降了 0.8℃，在 60cm 處氣溫最低降低 0.5℃，且降溫的持續時間明顯比大冰塊還長。

研究討論：

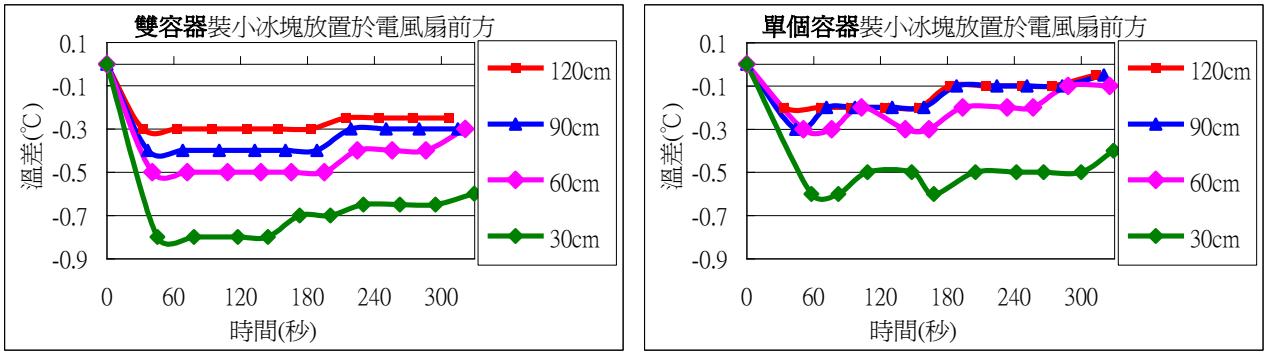
1. 根據熱傳導公式

$\frac{\Delta Q}{\Delta t}=k\frac{A\,\Delta T}{x}$，($\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ ：單位時間內傳導的熱量，k ：熱導係數，x ：熱導體厚度，A ：熱導體截面積，ΔT ：兩端溫度差)，單位時間傳導的熱量和接觸面積成正比。所以當換成與空氣接觸面積較大的小冰塊時，氣溫下降的效果較好，因此以下實驗都以小冰塊進行。

2. 原本放置在電風扇前方的容器有兩個(配合放置在後方的容器有兩個)，但是因爲電風扇承受得太重會漸下垂，因此想用單個容器減輕重量來進行實驗，看看降溫的效果如何，結果如下：

表七：換成單個容器裝小冰塊放置在電風扇前方，其前方不同位置的氣溫變化情形

單個容器小冰塊置於電風扇前	30cm	時間(秒)	0	57.97	82.13	108.3	148.1	167.7	205.4	242	266.5	300.2	329.2
		溫度(℃)	32.3	31.7	31.7	31.8	31.8	31.7	31.8	31.8	31.8	31.8	31.9
		溫差(℃)	0	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4
	60cm	時間(秒)	0	50.93	76.3	102.8	142.4	163.6	193.7	233.7	257	288.2	325.6
		溫度(℃)	32.3	32	32	32.1	32	32	32.1	32.1	32.1	32.2	32.2
		溫差(℃)	0	-0.3	-0.3	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1
	90cm	時間(秒)	0	44.07	71.47	97.27	130.6	158.8	188.3	224.6	251.4	283.2	320.6
		溫度(℃)	32.3	32	32.1	32.1	32.1	32.1	32.2	32.2	32.2	32.2	32.25
		溫差(℃)	0	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.05
	120cm	時間(秒)	0	33.33	66.4	93.17	124.1	154.6	181.9	215.1	247.2	274.2	313
		溫度(℃)	32.3	32.1	32.1	32.1	32.1	32.1	32.2	32.2	32.2	32.2	32.25
		溫差(℃)	0	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.05



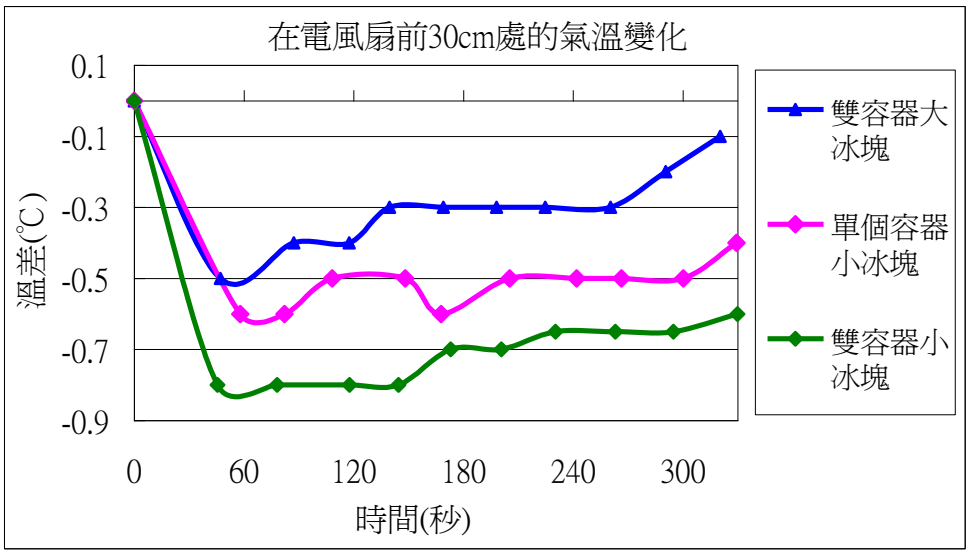
圖十六 將單雙個容器裝小冰塊放置在電風扇的前方，其前方不同位置的氣溫變化情形

發現：

1. 換成單個容器時，在 30cm 處氣溫最低降了 0.6℃。且持續下降達 0.5℃的時間約有 3 分鐘之久。

研究討論：

1. 單個容器小冰塊的降溫效果雖比雙容器小冰塊差一些，但比雙容器大冰塊還好(參考圖十七)，考慮到電風扇的承受問題，以下實驗皆以單個容器裝小冰塊進行。



圖十七 利用不同形式的容器裝冰塊，測得在電風扇前 30cm 處的氣溫變化

問題四：改變不同材質的容器來裝冰塊，其周圍氣溫變化情形如何？

構想：網路上賣的冰晶盒都是塑膠材質，我們想改變不同材質的容器裝冰塊，來看看對氣溫變化有何影響。

實驗四、分別用塑膠、玻璃、陶瓷、鋼和鋁材質容器裝冰塊放置在電風扇的前方，用熱電偶溫度計測量前方不同位置的氣溫變化情形

過程與方法：

(一) 分別用塑膠、玻璃、陶瓷、鋼和鋁材質容器裝冰塊放置在電風扇的前方。

(二) 將熱電偶感溫線依序架在電風扇正前方 30、60、90、120 cm 處。

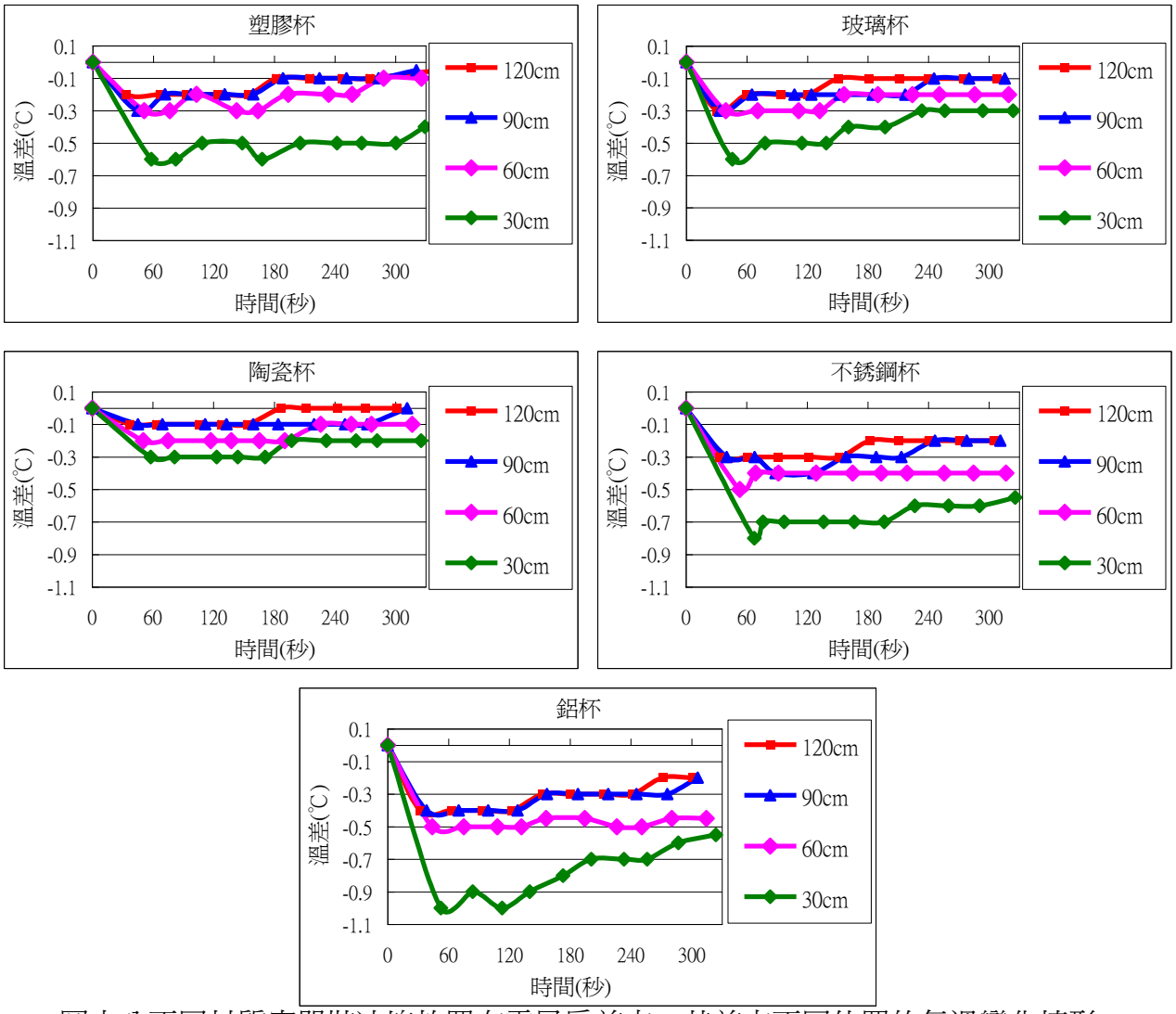
(三) 開啓電風扇後，每隔約 30 秒利用熱電偶溫度計測量其前方不同位置的氣溫在 5 分鐘內的變化情形。

結果：

表八：不同材質容器裝冰塊放置在電風扇前方，其前方不同位置的氣溫變化情形

塑膠杯	30cm	時間(秒)	0	57.97	82.13	108.3	148.1	167.7	205.4	242	266.5	300.2	329.2
		溫度(℃)	32.3	31.7	31.7	31.8	31.8	31.7	31.8	31.8	31.8	31.8	31.9
		溫差(℃)	0	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4
	60cm	時間(秒)	0	50.93	76.3	102.8	142.4	163.6	193.7	233.7	257	288.2	325.6
		溫度(℃)	32.3	32	32	32.1	32	32	32.1	32.1	32.1	32.2	32.2
		溫差(℃)	0	-0.3	-0.3	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1
	90cm	時間(秒)	0	44.07	71.47	97.27	130.6	158.8	188.3	224.6	251.4	283.2	320.6
		溫度(℃)	32.3	32	32.1	32.1	32.1	32.1	32.2	32.2	32.2	32.2	32.25
		溫差(℃)	0	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.05
	120cm	時間(秒)	0	33.33	66.4	93.17	124.1	154.6	181.9	215.1	247.2	274.2	343
		溫度(℃)	32.3	32.1	32.1	32.1	32.1	32.1	32.2	32.2	32.2	32.2	32.25
		溫差(℃)	0	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.05
玻璃杯	30cm	時間(秒)	0	45.77	77.93	114.6	138.6	160.8	197	233.3	256	293.7	323.7
		溫度(℃)	32.6	32	32.1	32.1	32.1	32.2	32.2	32.3	32.3	32.3	32.3
		溫差(℃)	0	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
	60cm	時間(秒)	0	39.07	70.53	111.2	132.3	156.4	189.8	223.9	250.9	286	319.3
		溫度(℃)	32.6	32.3	32.3	32.3	32.3	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4
		溫差(℃)	0	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
	90cm	時間(秒)	0	33.3	65.17	107.2	123.8	152	184.7	216.9	245.6	280.3	315.4
		溫度(℃)	32.6	32.3	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.5	32.5	32.5
		溫差(℃)	0	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1
	120cm	時間(秒)	0	30.53	60.03	93.9	120.2	150.6	180.7	210.9	240.1	274.5	307.6
		溫度(℃)	32.6	32.3	32.4	32.4	32.4	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5
		溫差(℃)	0	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
陶瓷杯	30cm	時間(秒)	0	57.87	81.37	123.2	144.1	171	197.1	231.4	260.8	281.8	325.3
		溫度(℃)	32.5	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.3	32.3	32.3	32.3	32.3
		溫差(℃)	0	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
	60cm	時間(秒)	0	50.6	74.8	117.3	137.5	165.5	190.5	226	256.2	276.2	316.6
		溫度(℃)	32.5	32.3	32.3	32.3	32.3	32.3	32.3	32.4	32.4	32.4	32.4
		溫差(℃)	0	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
	90cm	時間(秒)	0	45.2	69.47	111.7	132.8	159.2	183.9	219.6	250	272	311.6
		溫度(℃)	32.5	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.5
		溫差(℃)	0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0
	120cm	時間(秒)	0	37.33	63.53	106.2	127.8	154	186.7	211.3	242.6	270.4	300.9
		溫度(℃)	32.5	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5
		溫差(℃)	0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0	0	0	0	0
不鏽鋼杯	30cm	時間(秒)	0	67.6	76.13	97.03	136.1	166.4	196.2	226.5	259.9	290.6	325.8
		溫度(℃)	32.6	31.8	31.9	31.9	31.9	31.9	31.9	32	32	32	32.05
		溫差(℃)	0	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.6	-0.55
	60cm	時間(秒)	0	53.33	68.97	91.4	128.8	165	193.4	218.7	255.6	284.8	316.7
		溫度(℃)	32.6	32.1	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2
		溫差(℃)	0	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
	90cm	時間(秒)	0	40.17	68	88.4	125.9	158.4	188.3	213.1	246.4	277.9	311
		溫度(℃)	32.6	32.3	32.3	32.2	32.2	32.3	32.3	32.3	32.4	32.4	32.4
		溫差(℃)	0	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2
	120cm	時間(秒)	0	33.3	61.27	91.3	121.6	152.2	181.9	210.4	240.2	270.6	304.8
		溫度(℃)	32.6	32.3	32.3	32.3	32.3	32.3	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4
		溫差(℃)	0	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2

鋁杯	30cm	時間(秒)	0	52.63	83.93	113	140.2	173	201	233.1	256.2	286.9	323.9
		溫度(℃)	32.5	31.5	31.6	31.5	31.6	31.7	31.8	31.8	31.8	31.9	31.95
		溫差(℃)	0	-1	-0.9	-1	-0.9	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.55
	60cm	時間(秒)	0	44.1	75.23	108.2	132	156.3	194.6	226.3	250.7	280.6	314.6
		溫度(℃)	32.5	32	32	32	32	32.05	32.05	32	32	32.05	32.05
		溫差(℃)	0	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.45	-0.45	-0.5	-0.5	-0.45	-0.45
	90cm	時間(秒)	0	38.33	69.97	99.07	128.2	157.3	187.7	217.5	245.4	275.9	306
		溫度(℃)	32.5	32.1	32.1	32.1	32.1	32.2	32.2	32.2	32.2	32.2	32.3
		溫差(℃)	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2
	120cm	時間(秒)	0	31.87	62.93	93.57	122.3	152.8	180	212.8	241.3	271.4	301.2
		溫度(℃)	32.5	32.1	32.1	32.1	32.1	32.2	32.2	32.2	32.2	32.3	32.3
		溫差(℃)	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2



圖十八不同材質容器裝冰塊放置在電風扇前方，其前方不同位置的氣溫變化情形

發現：

(一) 利用鋁材質容器在電風扇前 30cm 處降溫最多達 1℃，其次為不鏽鋼 0.8℃，最少為陶瓷只有 0.3℃。

(二) 愈靠近電風扇，測得氣溫愈低。且隨著時間愈久，降溫效果有減弱的趨勢。

研究討論：

(一) 熱的傳遞方式不外乎傳導、對流和輻射，本實驗主要是以傳導方式來達到降溫效果。

(二) 實驗三主要是冰和空氣間的熱傳導，而本實驗則多了容器與空氣間的熱傳導，熱導係數和單位時間傳導的熱量成正比。因鋁材質的熱導率較佳，所以和空氣間的熱傳導較佳，降溫效果較好。

問題五：在電風扇前方製造小水霧，其周圍氣溫變化情形如何？

構想：熱傳導除了跟材質有關，還與接觸面積有關。所以我們想將水變成小水霧，以增加和空氣接觸的面積，來看看對氣溫變化有何影響。

實驗五、用鋁容器分別裝冷水和冰水製造出小水霧放置在電風扇的前方，用熱電偶溫度計測量前方不同位置的氣溫變化情形

過程與方法：

(一) 將鋁杯裝冷水(約 25℃)放置在電風扇的前方，然後利用超音波霧化器產生小水霧。

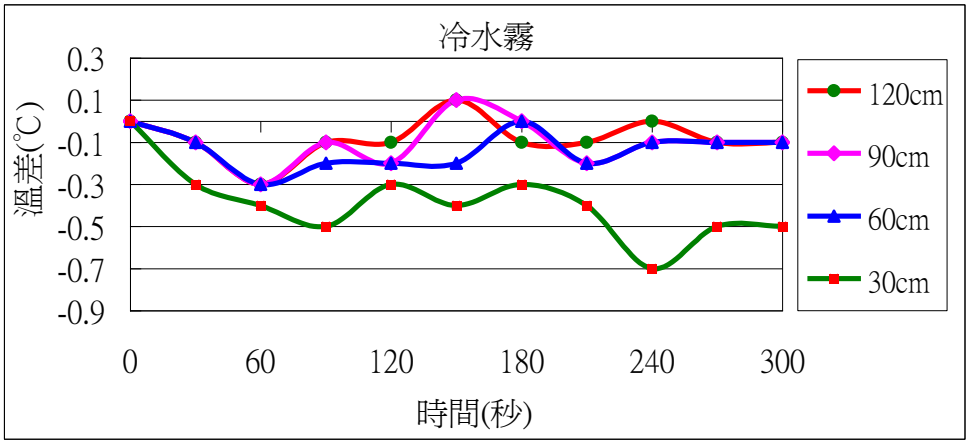
(二) 將熱電偶感溫線依序架在電風扇正前方 30、60、90、120 cm 處。

(三) 開啓電風扇後，利用熱電偶溫度計測量其前方不同位置的氣溫在 5 分鐘內的變化情形。

結果：

表九：在電風扇前方產生小冷水霧，其前方不同位置的氣溫變化情形

時間(秒)			0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
冷水霧	30cm	溫度(℃)	25.4	25.1	25	24.9	25.1	25	25.1	25	24.7	24.9	24.9
		溫差(℃)	0	-0.3	-0.4	-0.5	-0.3	-0.4	-0.3	-0.4	-0.7	-0.5	-0.5
	60cm	溫度(℃)	25.4	25.3	25.1	25.2	25.2	25.2	25.4	25.2	25.3	25.3	25.3
		溫差(℃)	0	-0.1	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	0	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1
	90cm	溫度(℃)	25.4	25.3	25.1	25.3	25.2	25.5	25.4	25.2	25.3	25.3	25.3
		溫差(℃)	0	-0.1	-0.3	-0.1	-0.2	0.1	0	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1
	120cm	溫度(℃)	25.4	25.3	25.1	25.3	25.3	25.5	25.3	25.3	25.4	25.3	25.3
		溫差(℃)	0	-0.1	-0.3	-0.1	-0.1	0.1	-0.1	-0.1	0	-0.1	-0.1



圖十九 冷水霧影響電風扇前方不同位置的氣溫變化情形

發現：

(一) 在距離電風扇 30cm 處的氣溫下降最多，最低降了 0.7℃。

(二) 在電風扇啓動五分鐘後，在距離 30cm 處的氣溫還是下降了 0.5℃。

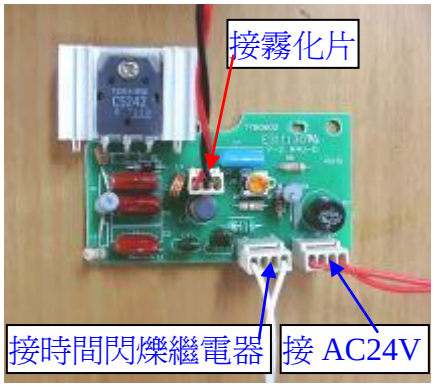
研究討論：

(一) 原本我們是利用小馬達風扇轉動打起水珠進行實驗，不過產生的水珠太大，噴得附近都濕了(如圖二十)，所以改用超音波霧化器電路(如圖二十一)進行實驗。

(二) 本實驗主要是利用小水霧來降溫，因產生的小水霧並不是均勻分佈在空間，所以在距離 30cm 處測量氣溫時，溫度並非呈現穩定而是高低跳動，而我們是採出現最低溫度來記錄。

(三) 當感溫線從 30cm 處移回到 120cm 處時，溫度有時還是保持在低溫狀態一段時間才慢慢回溫，這是因為感溫線在 30cm 處有一些水霧附著其上，要等一些時間使水霧蒸發後才能真正測到該處的氣溫。

圖二十 小馬達風扇製造的小水珠

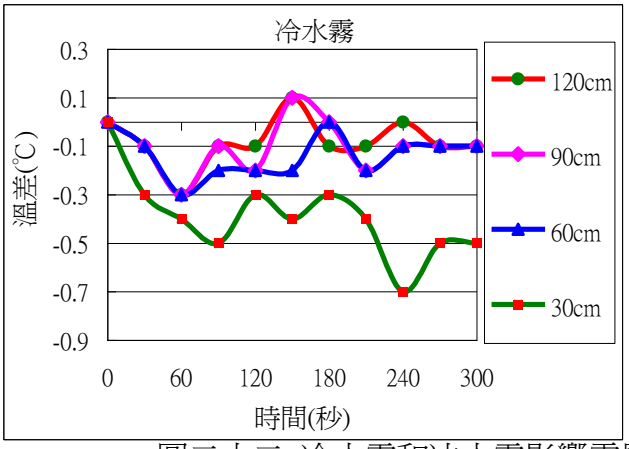


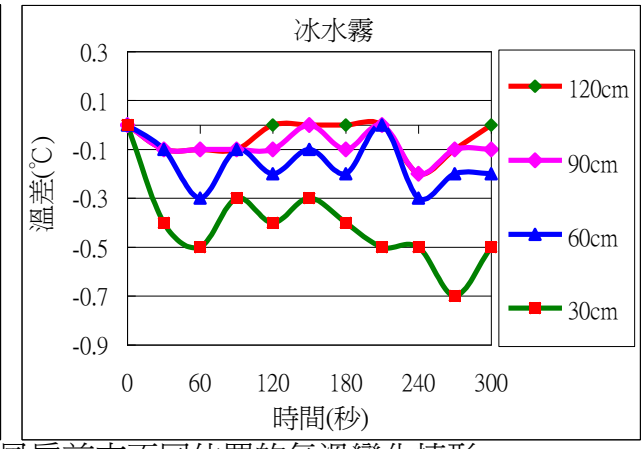
圖二十一 超音波霧化器電路

(四) 熱傳導除了和材質、接觸面積有關，還和兩物接觸間的溫差有關，所以我們想將冷水換成冰水(約 10℃)產生冰水霧，以增加冰水霧和空氣間溫差，看看降溫的效果如何，結果如下：

表十：在電風扇前方產生小冰水霧，其前方不同位置的氣溫變化情形

時間(秒)			0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
冰水霧	30cm	溫度(℃)	25.4	25	24.9	25.1	25	25.1	25	24.9	24.9	24.7	24.9
		溫差(℃)	0	-0.4	-0.5	-0.3	-0.4	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	-0.7	-0.5
	60cm	溫度(℃)	25.4	25.3	25.1	25.3	25.2	25.3	25.2	25.4	25.1	25.2	25.2
		溫差(℃)	0	-0.1	-0.3	-0.1	-0.2	-0.1	-0.2	0	-0.3	-0.2	-0.2
	90cm	溫度(℃)	25.4	25.3	25.3	25.3	25.3	25.4	25.3	25.4	25.2	25.3	25.3
		溫差(℃)	0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0	-0.1	0	-0.2	-0.1	-0.1
	120cm	溫度(℃)	25.4	25.3	25.3	25.3	25.4	25.4	25.4	25.4	25.2	25.3	25.4
		溫差(℃)	0	-0.1	-0.1	-0.1	0	0	0	0	-0.2	-0.1	0





圖二十二 冷水霧和冰水霧影響電風扇前方不同位置的氣溫變化情形

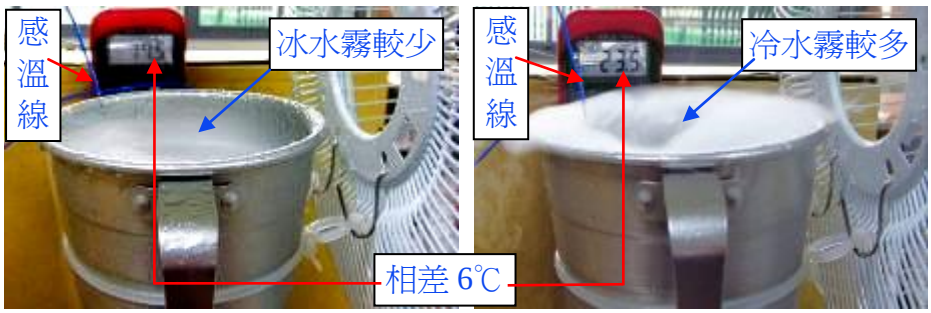
發現：

1. 在距離電風扇 30cm 處的氣溫下降最多，最低降了 0.7℃。
2. 在電風扇啓動五分鐘後，在距離 30cm 處的氣溫還是下降了 0.5℃。

3. 隨著時間愈久，在距離 30cm 處的降溫效果並沒有減弱的趨勢。

研究討論：

1. 超音波霧化器產生水霧的主要原因，是讓表面液體產生快速震盪破壞了水的表面張力，使得水微粒子化飛散於空中，即產生水霧。
2. 因小水霧容易被吹散，所以在超過 30cm 以上的距離，降溫效果都不佳。
3. 本來以為冰水霧的降溫效果會比冷水霧好，實驗結果卻不然。我們想可能是因水溫愈低，其表面張力愈大，所以產生的冰水霧較少，致降溫效果不彰。我們考慮改變水溫來進行實驗，來找出哪一種水溫的降溫效果較佳。
4. 為了要驗證明冰水霧確實比冷水霧溫度較低，我們將感溫線靠近兩種水霧測量溫度，結果如圖二十三，兩種溫度相差了 6℃。由此可知，本實驗降溫的原因主要是利用細小的水霧與空氣接觸面積較大，增加了蒸發的速度，而蒸發會吸收周圍熱量而達降溫效果。



圖二十三

5. 根據之前的實驗結果都顯示，距離電風扇愈近測得氣溫愈低，所以我們打算在以下實驗中，再縮短與電風扇的距離到 15cm 來測量氣溫。

問題六：利用不同溫度的水製造小水霧，其周圍氣溫變化情形如何？

構想：由實驗五知道不同溫度水的表面張力大小不一，所產生小水霧的量也不同，進而影響到利用水霧來達降溫的效果。所以我們想利用不同溫度的水來製造小水霧來進行實驗，看看其降溫效果有何不同。

實驗六、用鋁容器分別裝不同溫度的水製造出小水霧放置在一般電風扇(AC110V)的前方，用熱電偶溫度計測量前方不同位置的氣溫變化情形

過程與方法：

(一) 將鋁杯分別裝 55℃、45℃、35℃、25℃和 15℃的水放置在一般電風扇的前方，然後利用超音波霧化器產生小水霧。

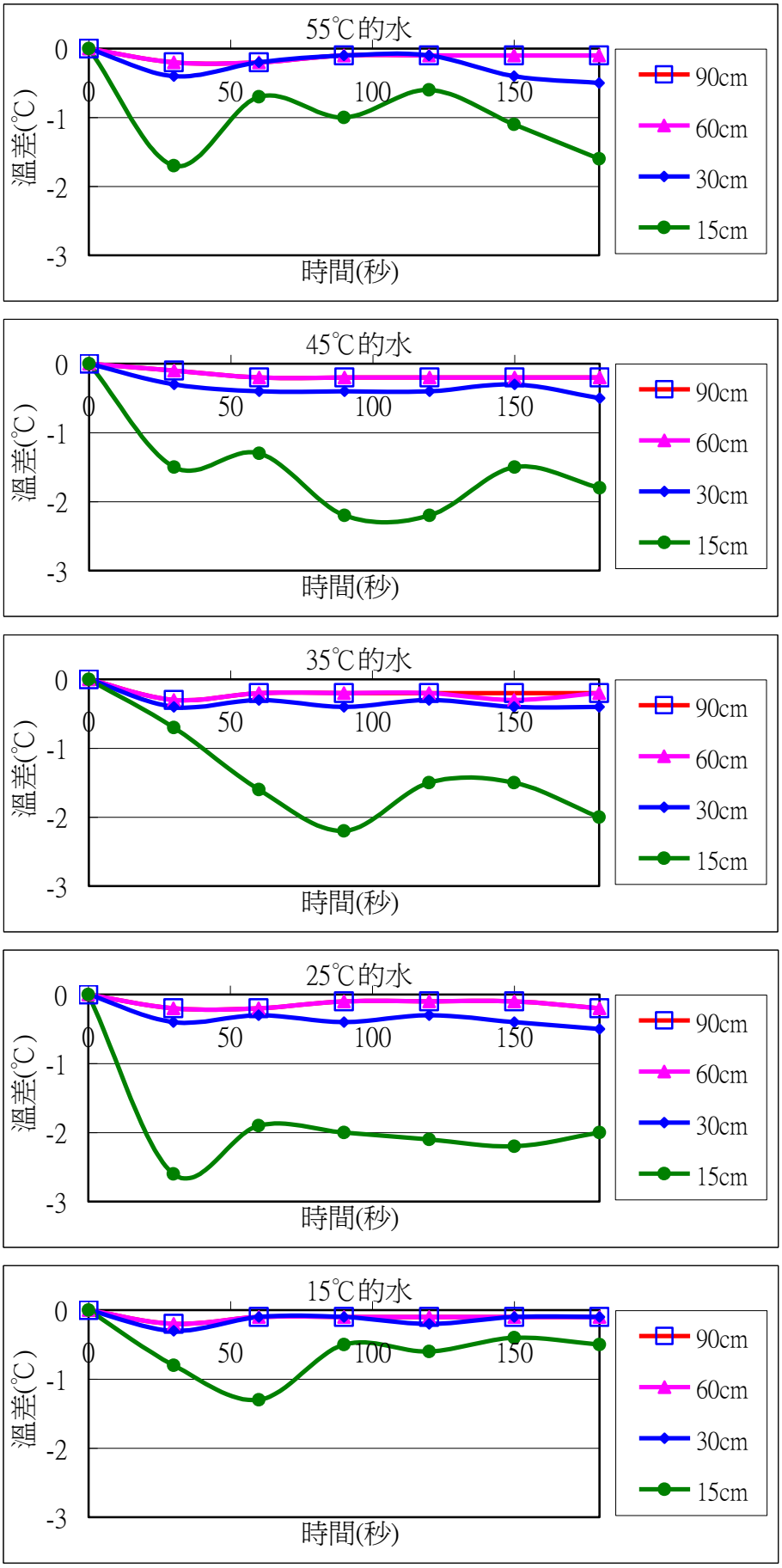
(二) 將熱電偶感溫線依序架在電風扇正前方 15、30、60、90、120 cm 處。

(三) 開啓電風扇後，利用熱電偶溫度計測量其前方不同位置的氣溫在 3 分鐘內的變化情形。

結果：

表十一：不同溫度的水所產生的水霧情形下，在電風扇前不同位置的氣溫變化情形

水溫	時間(秒)		0	30	60	90	120	150	180
55℃	15cm	溫度(℃)	29	27.3	28.3	28	28.4	27.9	27.4
		溫差(℃)	0	-1.7	-0.7	-1	-0.6	-1.1	-1.6
	30cm	溫度(℃)	29	28.6	28.8	28.9	28.9	28.6	28.5
		溫差(℃)	0	-0.4	-0.2	-0.1	-0.1	-0.4	-0.5
	60cm	溫度(℃)	29	28.8	28.8	28.9	28.9	28.9	28.9
		溫差(℃)	0	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
	90cm	溫度(℃)	29	28.8	28.8	28.9	28.9	28.9	28.9
		溫差(℃)	0	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
45℃	時間(秒)		0	30	60	90	120	150	180
	15cm	溫度(℃)	29	27.5	27.7	26.8	26.8	27.5	27.2
		溫差(℃)	0	-1.5	-1.3	-2.2	-2.2	-1.5	-1.8
	30cm	溫度(℃)	29	28.7	28.6	28.6	28.6	28.7	28.5
		溫差(℃)	0	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.5
	60cm	溫度(℃)	29	28.9	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8
		溫差(℃)	0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
	90cm	溫度(℃)	29	28.9	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8
		溫差(℃)	0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
35℃	時間(秒)		0	30	60	90	120	150	180
	15cm	溫度(℃)	29.2	28.5	27.6	27	27.7	27.7	27.2
		溫差(℃)	0	-0.7	-1.6	-2.2	-1.5	-1.5	-2
	30cm	溫度(℃)	29.2	28.8	28.9	28.8	28.9	28.8	28.8
		溫差(℃)	0	-0.4	-0.3	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4
	60cm	溫度(℃)	29.2	28.9	29	29	29	28.9	29
		溫差(℃)	0	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.2
	90cm	溫度(℃)	29.2	28.9	29	29	29	29	29
		溫差(℃)	0	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
25℃	時間(秒)		0	30	60	90	120	150	180
	15cm	溫度(℃)	29.1	26.5	27.2	27.1	27	26.9	27.1
		溫差(℃)	0	-2.6	-1.9	-2	-2.1	-2.2	-2
	30cm	溫度(℃)	29.1	28.7	28.8	28.7	28.8	28.7	28.6
		溫差(℃)	0	-0.4	-0.3	-0.4	-0.3	-0.4	-0.5
	60cm	溫度(℃)	29.1	28.9	28.9	29	29	29	28.9
		溫差(℃)	0	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2
	90cm	溫度(℃)	29.1	28.9	28.9	29	29	29	28.9
		溫差(℃)	0	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2
15℃	時間(秒)		0	30	60	90	120	150	180
	15cm	溫度(℃)	29.1	28.3	27.8	28.6	28.5	28.7	28.6
		溫差(℃)	0	-0.8	-1.3	-0.5	-0.6	-0.4	-0.5
	30cm	溫度(℃)	29.1	28.8	29	29	28.9	29	29
		溫差(℃)	0	-0.3	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1
	60cm	溫度(℃)	29.1	28.9	29	29	29	29	29
		溫差(℃)	0	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
	90cm	溫度(℃)	29.1	28.9	29	29	29	29	29
		溫差(℃)	0	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1



圖二十四 不同溫度的水所產生的水霧情形下，在一般電風扇(AC 110 V)前不同位置的氣溫變化情形

發現：

(一) 原本降溫效果較好的位置是電風扇前 30 公分處，變成是在電風扇前 15 公分處的降溫效果較好。

(二) 55℃、45℃和 25℃的水產生水霧時，在電風扇前 30 公分處的降溫效果可達 0.5℃。所以整體效能來說，25℃的水產生水霧時的降溫效能較佳。

(三) 在電風扇前 15 公分處，25℃的水產生水霧時的降溫效果最佳可達 2.6℃。

研究討論：

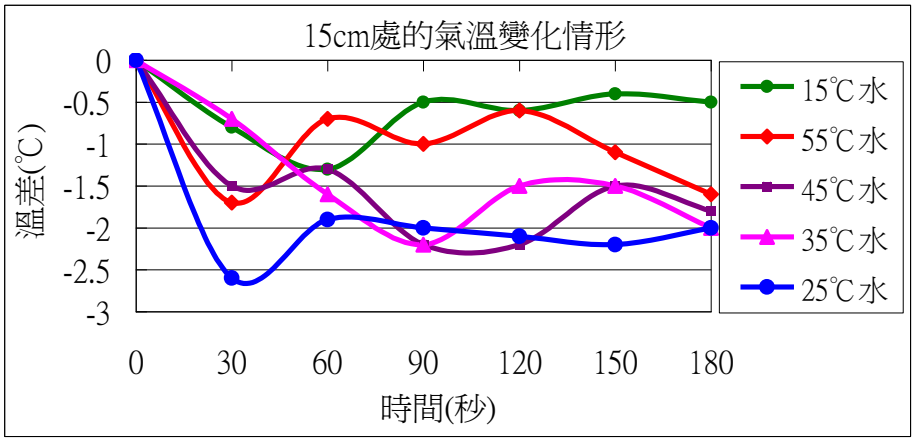
(一) 實驗五中利用超音波霧化器產生水霧時，會噴出一些水到桌面(即產生的水滴較大)。本實驗中經改良加裝一個裝置後，就不再會噴出水來了，如圖二十五。

圖二十五 經改良加裝一個裝置後，就不再噴出水了

(二) 在電風扇前 30 公分處，25℃水產生水霧時的降溫效果和 55℃、45℃的水一樣，都是 0.5℃。但是以整體效能來說，以室溫下的 25℃水的降溫效能較佳。

(三) 15℃冰水產生的水霧較少(水表面張力較大)，所以降溫效果較差。

(四) 在電風扇前 15 公分處，不論是 55℃、45℃和 35℃水產生水霧時的降溫效果都可達 2.2℃以上，證明降溫的主要原因並非因熱傳導所致，而是因小水霧蒸發會吸熱所致。



圖二十六 不同溫度的水所產生的水霧情形下，在一般電風扇(AC 110 V)前 15cm 處的氣溫變化情形

問題七：利用無葉風扇取代一般風扇重做實驗，其周圍氣溫變化情形如何？

構想：由實驗六觀察發現，一般電風扇風力較強，容易將小水霧吹散，影響到利用水霧來達降溫的效果。所以我們想利用風力較弱的無頁風扇取代一般風扇來進行實驗，看看其降溫效果如何。

實驗七、用鋁容器分別裝不同溫度的水製造出小水霧放置在無葉風扇的中間，用熱電偶溫度計測量前方不同位置的氣溫變化情形

過程與方法：

(一) 將鋁杯分別裝 55℃、45℃、35℃、25℃和 15℃的水放置在無葉風扇的中間，然後利用超音波霧化器產生小水霧。

(二) 將熱電偶感溫線依序架在電風扇正前方 15、30、60、90、120 cm 處。

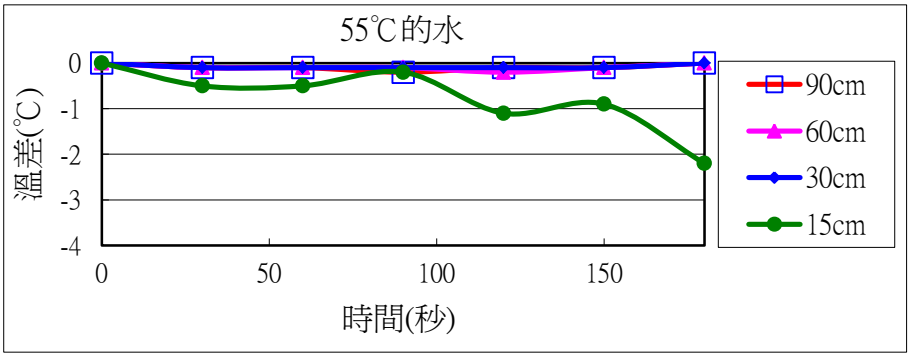
(三) 開啓電風扇後，利用熱電偶溫度計測量其前方不同位置的氣溫在 3 分鐘內的變化情形。

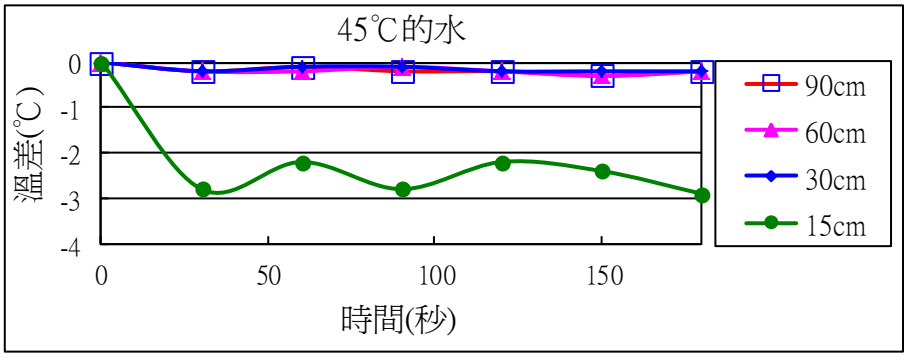
圖二十七 無葉風扇

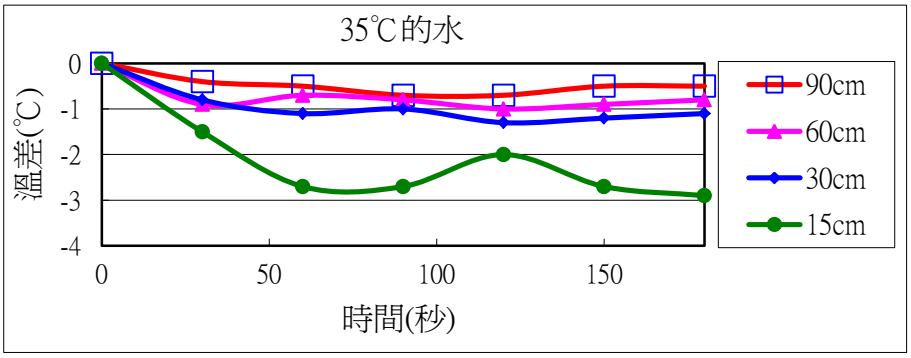
結果：

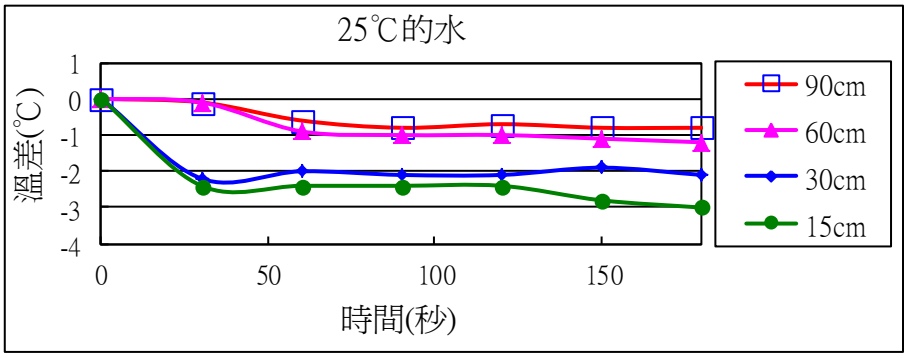
表十二：不同溫度的水所產生的水霧情形下，在無葉風扇前不同位置的氣溫變化情形

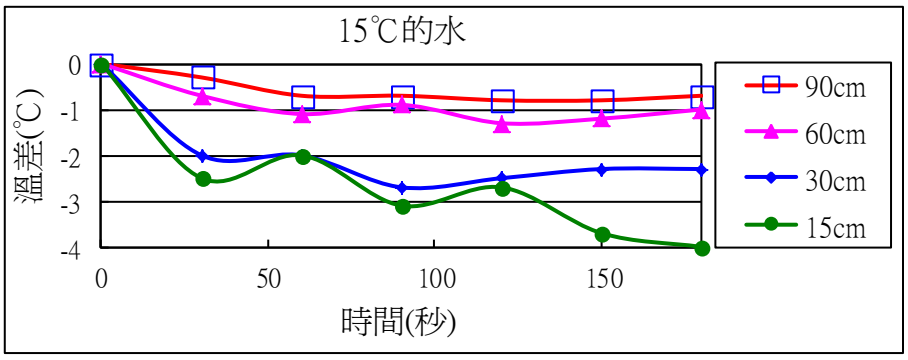
55℃	時間(秒)		0	30	60	90	120	150	180
	15cm	溫度(℃)	29.1	28.6	28.6	28.9	28	28.2	26.9
		溫差(℃)	0	-0.5	-0.5	-0.2	-1.1	-0.9	-2.2
	30cm	溫度(℃)	29.1	29	29	29	29	29	29.1
		溫差(℃)	0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0
	60cm	溫度(℃)	29.1	29	29	29	28.9	29	29.1
		溫差(℃)	0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	0
	90cm	溫度(℃)	29.1	29	29	28.9	29	29	29.1
		溫差(℃)	0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	0
45℃	時間(秒)		0	30	60	90	120	150	180
	15cm	溫度(℃)	29.1	26.3	26.9	26.3	26.9	26.7	26.2
		溫差(℃)	0	-2.8	-2.2	-2.8	-2.2	-2.4	-2.9
	30cm	溫度(℃)	29.1	28.9	29	29	28.9	28.9	28.9
		溫差(℃)	0	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2
	60cm	溫度(℃)	29.1	28.9	28.9	29	28.9	28.8	28.9
		溫差(℃)	0	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.3	-0.2
	90cm	溫度(℃)	29.1	28.9	29	28.9	28.9	28.8	28.9
		溫差(℃)	0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.2
35℃	時間(秒)		0	30	60	90	120	150	180
	15cm	溫度(℃)	29.2	27.7	26.5	26.5	27.2	26.5	26.3
		溫差(℃)	0	-1.5	-2.7	-2.7	-2	-2.7	-2.9
	30cm	溫度(℃)	29.2	28.4	28.1	28.2	27.9	28	28.1
		溫差(℃)	0	-0.8	-1.1	-1	-1.3	-1.2	-1.1
	60cm	溫度(℃)	29.2	28.3	28.5	28.4	28.2	28.3	28.4
		溫差(℃)	0	-0.9	-0.7	-0.8	-1	-0.9	-0.8
	90cm	溫度(℃)	29.2	28.8	28.7	28.5	28.5	28.7	28.7
		溫差(℃)	0	-0.4	-0.5	-0.7	-0.7	-0.5	-0.5
25℃	時間(秒)		0	30	60	90	120	150	180
	15cm	溫度(℃)	29.4	27	27	27	27	26.6	26.4
		溫差(℃)	0	-2.4	-2.4	-2.4	-2.4	-2.8	-3
	30cm	溫度(℃)	29.4	27.2	27.4	27.3	27.3	27.5	27.3
		溫差(℃)	0	-2.2	-2	-2.1	-2.1	-1.9	-2.1
	60cm	溫度(℃)	29.4	29.3	28.5	28.4	28.4	28.3	28.2
		溫差(℃)	0	-0.1	-0.9	-1	-1	-1.1	-1.2
	90cm	溫度(℃)	29.4	29.3	28.8	28.6	28.7	28.6	28.6
		溫差(℃)	0	-0.1	-0.6	-0.8	-0.7	-0.8	-0.8
15℃	時間(秒)		0	30	60	90	120	150	180
	15cm	溫度(℃)	29.4	26.9	27.4	26.3	26.7	25.7	25.4
		溫差(℃)	0	-2.5	-2	-3.1	-2.7	-3.7	-4
	30cm	溫度(℃)	29.4	27.4	27.4	26.7	26.9	27.1	27.1
		溫差(℃)	0	-2	-2	-2.7	-2.5	-2.3	-2.3
	60cm	溫度(℃)	29.4	28.7	28.3	28.5	28.1	28.2	28.4
		溫差(℃)	0	-0.7	-1.1	-0.9	-1.3	-1.2	-1
	90cm	溫度(℃)	29.4	29.1	28.7	28.7	28.6	28.6	28.7
		溫差(℃)	0	-0.3	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8	-0.7











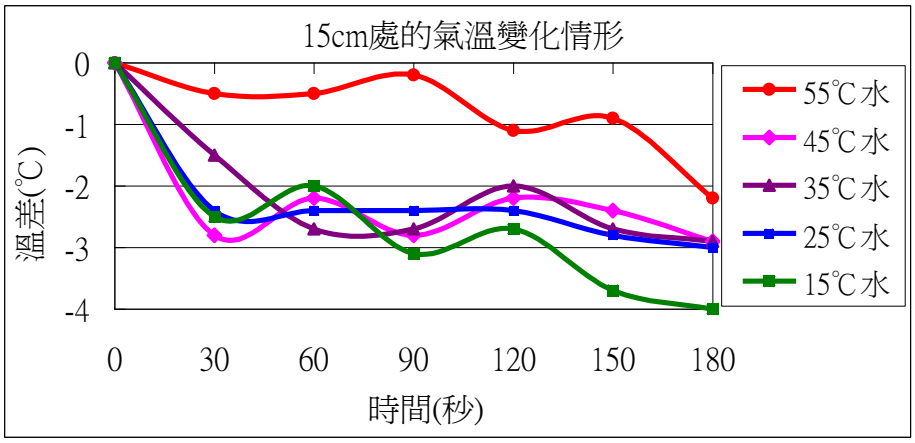
圖二十八 不同溫度的水所產生的水霧情形下，在無葉電風扇(DC 5 V)前不同位置的氣溫變化情形

發現：

(一) 原本在電風扇前 30 公分處降溫效果大幅提升。

(二) 在電風扇前 15 公分處，以 15℃冰水產生水霧時的降溫效果最好、可達 4℃，但效果較不穩定；25℃水的降溫效果次好，可達 3℃。

(三) 在電風扇前 30 公分處，溫度愈低的水產生水霧時的降溫效果愈佳，以 15℃冰水的降溫效果最佳，達 2.7℃；25℃水的降溫效果次佳，達 2.2℃。



圖二十九 不同溫度的水所產生的水霧情形下，在無葉風扇(DC 5 V)前 15cm 處的氣溫變化情形

研究討論：

(一) 因一般電風扇的風力太強，會將產生的水霧吹散以致無法發揮水霧的降溫效果。經我們改善，利用無葉式電風扇之後，產生的水霧較不易被吹散，降溫效果大幅提升。

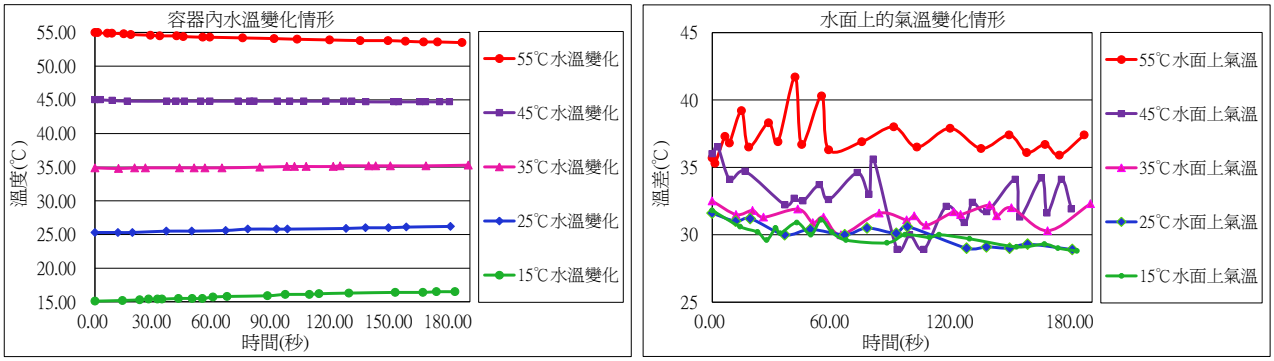
(二) 在電風扇前 30 公分處，溫度愈低的水產生水霧時的降溫效果愈佳，表示此處的降溫原理除了小水滴蒸發吸熱外，還有受到熱傳導原理的影響。

(三) 在電風扇前 15 公分處，雖然 15℃冰水產生的水霧較少，但是降溫效果較好，不過降溫效果較不穩定。因為此處離產生冰水霧的地方最近，表示此時的降溫原理有受到熱傳導原理的影響。

(四) 以整體效能而言，以 25℃室溫的水產生水霧時的降溫效能較佳。

(五) 為了更了解水蒸發的降溫原理，我們用各種不同水溫來產生水霧，然後測量 3 分鐘內水面上方的氣溫變化以及水溫變化，參考圖三十，結果如下：(數據省略，於日誌裡呈現)

1. 55℃和 45℃的水溫隨著時間有減少的趨勢；15℃和 25℃的水溫隨著時間有增加的趨勢。原因是除了受到室溫 32.6℃的影響之外，還受到超音波震動水分子使其增加動能有關。
2. 15℃、25℃和 35℃的水產生水霧時，水面上氣溫變化較小；55℃和 15℃的水產生水霧時，水面上氣溫變化較大。這是受到水蒸發吸熱和熱傳導交互作用的影響。
3. 25℃和 15℃的水產生水霧時，水面上氣溫最低分別只降了 2.7℃和 2.8℃，可是在實驗七中的結果中最低分別降了 3℃和 4℃。這是因為測水面上氣溫時，沒有開啓電風扇，而實驗七有開啓電風扇。這說明降溫的原理主要是將小水霧吹出，小水霧再受到風吹而加速蒸發吸熱，所以溫度才會降得較低些。



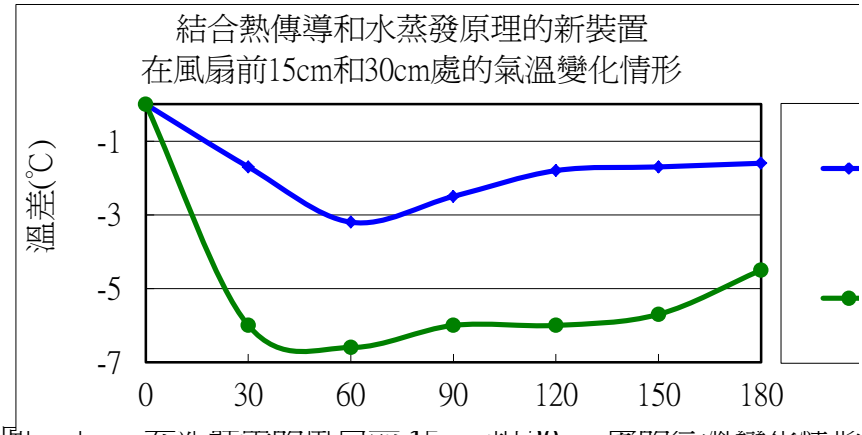
圖三十 用不同溫度的水產生水霧，水溫和水面上氣溫的變化情形

(六) 本研究發現，電風扇降溫的原因分別是熱傳導和水蒸發的原理，我們想製作一裝置同時結合這兩種原理，來更加提昇降溫的效果，結果如下：

1. 在電風扇前 15cm 處，降溫效果更加提升了，氣溫最低降了 6.6℃。
2. 電風扇前 30cm 處，氣溫最低降 3.2℃。

表十三：以 25℃的水來產生水霧並以鋁容器裝冰加鹽的新裝置下，在無葉風扇前 15cm 和 30cm 處的氣溫變化情形

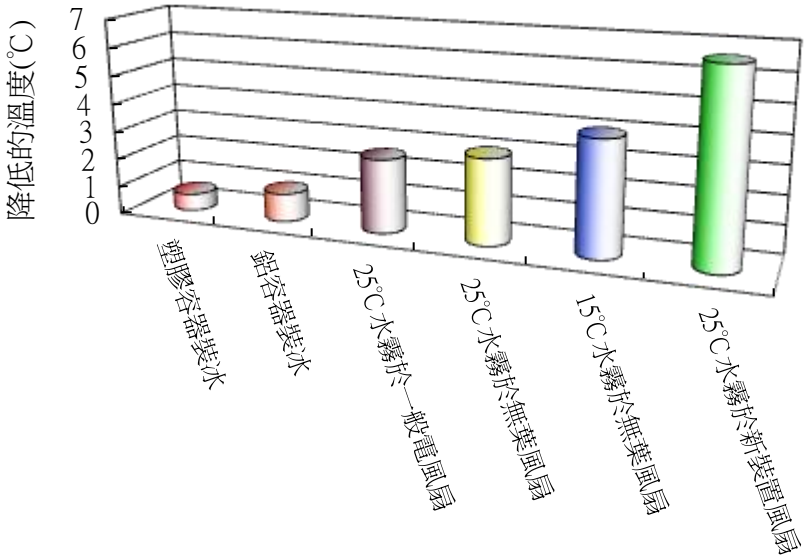
時間(秒)		0	30	60	90	120	150	180
15cm	溫度(℃)	32.7	26.7	26.1	26.7	26.7	27	28.2
	溫差(℃)	0	-6	-6.6	-6	-6	-5.7	-4.5
30cm	溫度(℃)	32.7	31	29.5	30.2	30.9	31	31.1
	溫差(℃)	0	-1.7	-3.2	-2.5	-1.8	-1.7	-1.6



圖二十一 在新裝置的風扇前 15cm 和 30cm 處的氣溫變化情形

圖三十二 結合熱傳導和水蒸發原理的裝置於無葉風扇

(七) 將本研究各種不同形式電風扇的降溫效果整理如下：



圖三十三 各種不同形式電風扇的降溫效果

(八) 實驗六的電風扇需要用 AC 110 V 的電壓，而本實驗只需用 DC 5 V 的電壓，不僅省電環保，且降溫效能也大幅提升。

陸、 研究結論

一、 實驗一結果得知，開啓電風扇並不會影響周圍氣溫變化。

二、 實驗二結果得知：

(一) 電風扇產生的風是以螺旋方式向內集中流動，靠近電風扇的中央位置並沒有直接被風吹到。

(二) 在距離 60~90cm 處風力較強，再來愈遠離電風扇，風力則愈弱。

三、 實驗三結果得知：

(一) 將冰塊放在電風扇前的降溫效果比放在後面稍好 0.1℃。

(二) 用小冰塊的降溫效果比用大冰塊低 0.3℃。

(三) 隨著時間愈久，各位置氣溫下降的幅度有愈小的趨勢。

四、 實驗四結果得知，以鋁材質容器裝冰塊的降溫效果最佳，且在最靠近電風扇的 30cm 處氣溫降得最低，最低降了 0.8℃。

五、 實驗五結果得知：

(一) 冷水霧和冰水霧使得在距離電風扇 30cm 處的氣溫下降最多，最低降了 0.7℃。

(二) 本實驗主要是利用細小的水霧與空氣接觸面積較大，增加了蒸發的速度，而蒸發會吸收周圍熱量而達降溫效果。

(三) 隨著時間愈久，30cm 處的降溫效果並沒有減弱的趨勢。

六、 由實驗六不同溫度的水產生水霧的實驗結果得知：

(一) 降溫效果較好的位置是最靠近電風扇前的 15 公分處。

(二) 55℃、45℃和 25℃的水產生水霧時，在電風扇前 30 公分處的降溫效果可達 0.5℃。所以整體效能來說，25℃的水產生水霧時的降溫效能較佳。

(三) 在電風扇前 15 公分處，25℃的水產生水霧時的降溫效果最佳可達 2.6℃。

七、 由實驗七無葉風扇的實驗結果得知：

(一) 原本在電風扇前 30 公分處降溫效果大幅提升。

(二) 在電風扇前 15 公分處，以 15℃冰水產生水霧時的降溫效果較好、可達 4℃，但效果較不穩定；25℃水的降溫效果次好，可達 3℃。

(三) 在電風扇前 30 公分處，溫度愈低的水產生水霧時的降溫效果愈佳，以 15℃冰水的降溫效果最佳，達 2.7℃；25℃水的降溫效果次佳，達 2.2℃。

(四) 本實驗的降溫原理，主要是利用電風扇將小水霧吹出，然後小水霧再受到風吹而加速蒸發，以達降溫效果。

(五) 結合了熱傳導和水蒸發原理的新裝置，更加提升了降溫效果，降溫可達 6.6℃。

(六) 本實驗只需用 DC 5 V 的電壓，不僅達省電環保，且降溫效能也大幅提升。

柒、 參考資料

一、 呂維明、許瑞祺、巫鴻章(民 99)。化工單元操作(二)：熱傳、熱傳操作。高立圖書。

二、 林宏明（民 99 年 4 月）。戰勝科展的第 1 本書—溫度與熱（102-115 頁）。貓頭鷹出版。

三、 林伊特(民 98 年 2 月 10 日)。觀念物理 3—熱傳遞(143~166 頁)。臺北市：天下遠見出版股份有限公司。

四、 珍妮絲・派特・范克勞馥(民 82)。不可思議的科學實驗室—物理篇：六—光和熱的奧秘(91~106 頁)。台北市：世茂。

五、 高源清（民 82）。牛頓科學研習百科（物理）—熱的世界。臺北市：牛頓出版股份有限公司。

六、 理查・費曼、羅伯・雷頓、馬修・山德士(民 100)。費曼物理學講義 I：力學、輻射與熱(5)熱與統計力學：第 44 章熱力學定律。天下文化。

七、 福島肇(民 90)。奇妙物理入門：奇妙的熱、空調、引擎(115~151 頁)。台北市:國際村。

八、 戴明鳳、董俊良(民 98 年 11 月 25 日)。熱電偶式與熱敏式電子溫度器。取自：http://www.phys.nthu.edu.tw/~gplab/file/thermocouple.pdf

【評語】080118

1. 解說時能搭配影片、看板、圖表、數據做說明，清晰易懂。

2. 研究過程明確，能得出最佳的降溫方式，難能可貴。