

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作者說明書

高中組物理科

040103

國立花蓮高級中學

指導老師姓名

翁新建

黃景亮

作者姓名

曹以承

王澤強

王丞佑

邱卓群

# 第四十四屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科 別： 物 理 科

組 別： 高 中 組

作品名稱： 氣體受熱的傳播方式

關鍵詞：

密度梯度

## 摘要

在定壓下，氣體受熱在自然狀況下熱傳遞的主要方式為傳導或對流，是本實驗所探討目的，並推演對流與密度梯度關係。

### 一. 研究動機

「小心喔！這個東西燙喔！」在日常生活中，人們對熱是相當敏感的，只要站在瓦斯爐旁，就可以感受到一股股的熱氣傳過來，令人不得不小心。在教科書上，介紹關於熱的傳遞方式可以分為傳導、對流、輻射。站在熱源旁的人們感受到熱，到底是受哪種熱傳遞方式的影響最大呢？因此我們想探討，在空氣中，哪種熱傳遞的方式最為顯著？

### 二. 研究目的

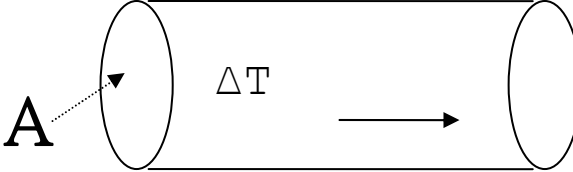
- (一) 了解氣體中熱能傳遞的情形屬於傳導或對流，即量測溫度梯度
- (二) 了解氣體中某固定點受熱過程中溫度，隨著時間變化的情形
- (三) 了解在氣體中對流率與溫度梯度的關係

### 三. 研究設備與器材

- |             |           |         |         |     |
|-------------|-----------|---------|---------|-----|
| (一) 空心圓柱    | 內徑 13.2cm | 外徑 14cm | 高 40 cm | 一個  |
| (二) 空心圓柱    | 內徑 13.2cm | 外徑 14cm | 高 80cm  | 一個  |
| (三) 蓋子      | 內徑 14cm   |         |         | 二個  |
| (四) 電子溫度計   |           |         |         | 一個  |
| (五) 電爐      |           |         |         | 一個  |
| (六) 玻璃管     | 內徑 0.25cm | 長 45cm  |         | 一支  |
| (七) 電源供應器   |           |         |         | 一組  |
| (八) 45cm 長尺 |           |         |         | 一支  |
| (九) 碼表      |           |         |         | 一個  |
| (十) 大毛巾     |           |         |         | 一個  |
| (十一) 冰塊     |           |         |         | 二大塊 |

#### 四. 理論依據

- 熱量經由介質傳導，當穩定態時，每秒導熱量( $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ )由傅立葉方程得知，

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = KA \frac{\Delta T}{\Delta x}$$


- 在非穩定態時，某軸  $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = KA \frac{\Delta T}{\Delta x}$ ，一般氣體的熱導率

$k = 6.1 \times 10^{-6} \text{ Kcal} / \text{m}^0 \text{C}$ ，其值約為一般金屬的萬分之一，所以我們推測在定壓下密閉的氣體其熱傳播方式，主要是對流與輻射。

- 而熱對流的有關資料很少，由推測上對流的導熱量  $\frac{\Delta Q}{\Delta t} \propto A \Delta T$

- 由於我們對熱能測量的儀器不易取得，所以若由  $PV = nRT \Rightarrow P = \frac{\rho RT}{M}$  (M 分

子量)  $\Rightarrow \rho = \frac{PM}{RT}$ ，所以在定壓下同一種分子  $\rho$  可用  $1/T(1/^\circ\text{C})$  代表，所以由

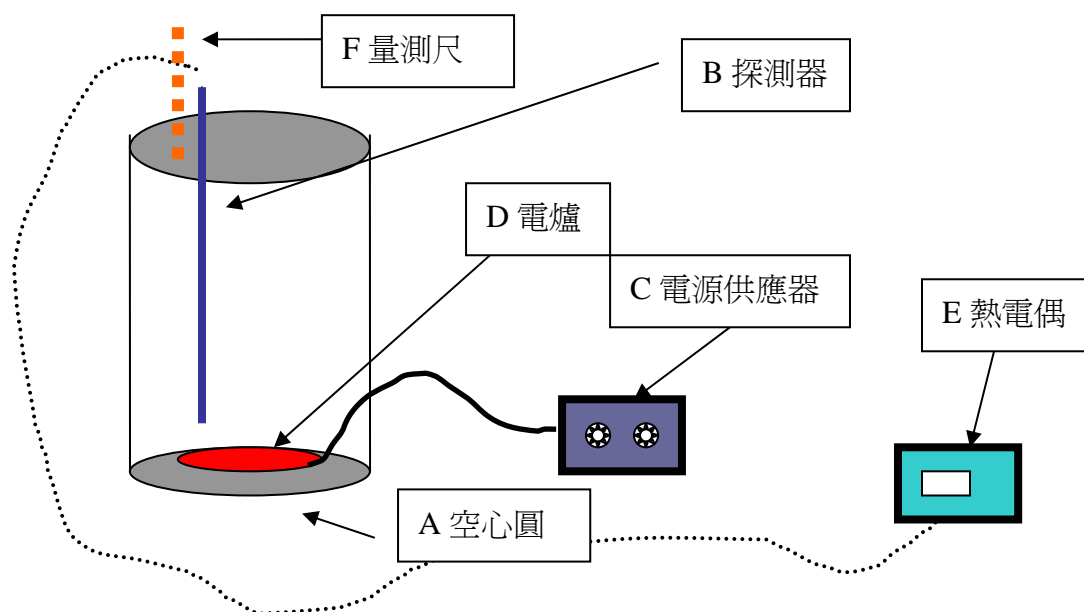
$\frac{1}{T}$  和 X (位置(cm)) 應可得到密度梯度  $\frac{\Delta \rho}{\Delta x}$ ，我們預計探討  $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$  與溫度梯度或溫度的關係式。

#### 五. 實驗構想

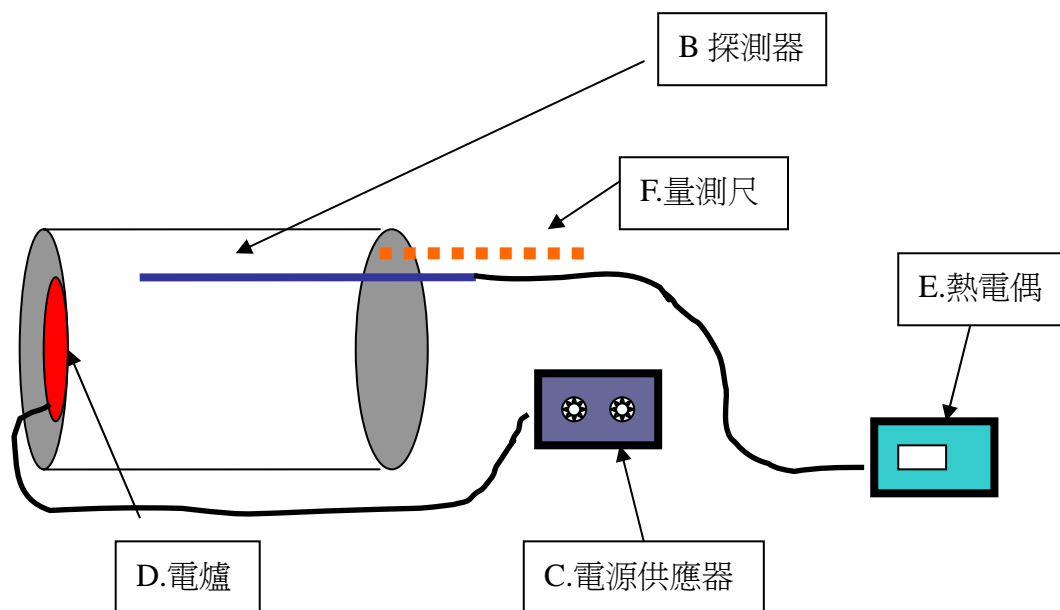
在實驗的設計上，為了量測距離熱源不同位置的溫度與某定點的溫度變化，我們選定了長形圓柱空管內部作好絕熱並兩端封閉，使管中的氣體確實達到自然對流或傳導。

## 六. 實驗裝置

(一) 直立裝置圖



(二) 平放裝置圖



(三) 說明

- A. 空心圓筒：兩端封閉並保持定壓，內部可充入不同的氣體
- B. 探測器：把電子溫度計(熱電偶)的探測線置於管中，量測溫度
- C. 電源：電源調到固定的電流和電壓，提供電能使 D 部份的電爐發熱
- D. 電爐：熱源以面狀輸出熱能
- E. 熱電偶：讀出量測溫度
- F. 由尺上每移動一間隔，量測 1 次溫度

## 七. 實驗步驟

(一) 量測直立式的空心圓筒，溫度在柱中的分佈

1. 量測室溫  $T$ 。
2. 在空心圓筒包覆冰塊(將管中氣體溫度降到低於室溫)。
3. 把空心圓筒直立，並打開電源供應器，調定固定的電流值和電壓值。其電流值定為 2 安培，電壓值定為 7.1 伏特。
4. 測量初位置(定為  $t=0$ )的溫度，再移開 3 cm，等 10 秒(包括移動時間)測量  $t=3$  cm 的溫度，如此依序測出  $t=6$ 、 $t=9$ 、 $t=12$ 、.....如此依序的溫度為  $T_0$ 、 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ ..... $T_n$ 。
5. 在電子溫度計移到最端點再向熱源移近每隔 3cm 測量溫度  $T'_n$ 、 $T'_{n-1}$ 、 $T'_{n-2}$ 、 $T'_{n-3}$ ..... $T'_0$ 。
6. 每隔十秒移動探測器 3 公分，且記錄該點的溫度，因為來回兩次每一個位置的時距  $\left(\frac{T_0+T'_0}{2}\right)$ 、 $\left(\frac{T_1+T'_1}{2}\right)$ 、 $\left(\frac{T_2+T'_2}{2}\right)$ .....受熱時間相同，所以可視為同一時刻不同位置的溫度分佈。
7. 重覆步驟，在上昇十次後，再往反方向下降十次，記錄每點的溫度，且每次量測的間隔控制為十秒。
8. 重覆上述步驟五次，由上述的溫度梯度解說我們需計了解的現象。
9. 打開空心圓筒的上蓋，使其散熱注入待測氣體再重覆實驗。
10. 把空心圓筒改為二倍高的圓筒，量測的空間間隔改為 5cm，做上述步驟 1~9。

## (二) 量測平放的圓筒在管中溫度的分佈

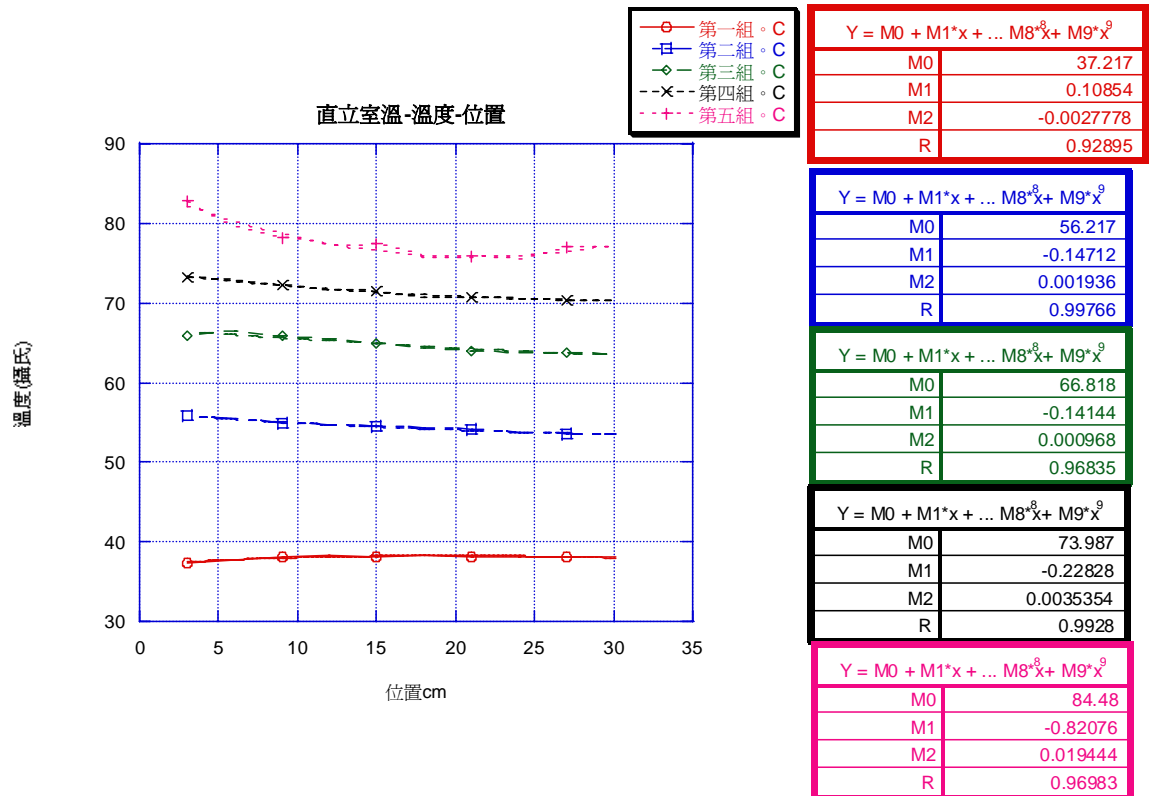
1. 量測室溫。
2. 在空心圓筒包覆冰塊(將管中氣體溫度降到低於室溫)。
3. 把空心圓筒平放並放入探測器，打開電源供應器，調定固定的電流值和電壓值。其電流值定為 2 安培，電壓值定為 7.1 伏特。
4. 測量初位置(定為  $t=0$ )的溫度，再移開 3cm，等 10 秒(包括移動時間)測量  $t=3\text{cm}$  的溫度，如此依序測出  $t=6$ 、 $t=9$ 、 $t=12$ 、.....如此依序的溫度為  $T_0$ 、 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ ..... $T_n$ 。
5. 在電子溫度計移到最端點再向熱源移近每隔 3cm 測量溫度  
 $T'_n$ 、 $T'_{n-1}$ 、 $T'_{n-2}$ 、 $T'_{n-3}$ ..... $T'_0$
6. 每隔十秒移動探測器，移動 3 公分，且記錄該點的溫度，因為來回兩次  
每一個位置的時距  $\left(\frac{T_0+T'_0}{2}\right)$ 、 $\left(\frac{T_1+T'_1}{2}\right)$ 、 $\left(\frac{T_2+T'_2}{2}\right)$ .....加熱時間，相同所以可  
視為同一時刻不同位置的溫度分佈。
7. 重覆步驟，在移動十次後，再往反方向下降十次，記錄每點的溫度，且每次量測的間隔控制為十秒。
8. 重覆上述步驟五次，由上述的溫度梯度解說我們需計了解的現象。
9. 打開空心圓筒的上蓋，使其散熱注入待測氣體，再重覆實驗。
10. 把空心圓筒改為二倍高的圓筒，量測的空間間隔改為 5cm，做上述步驟 1~9。

## 八. 數據圖形

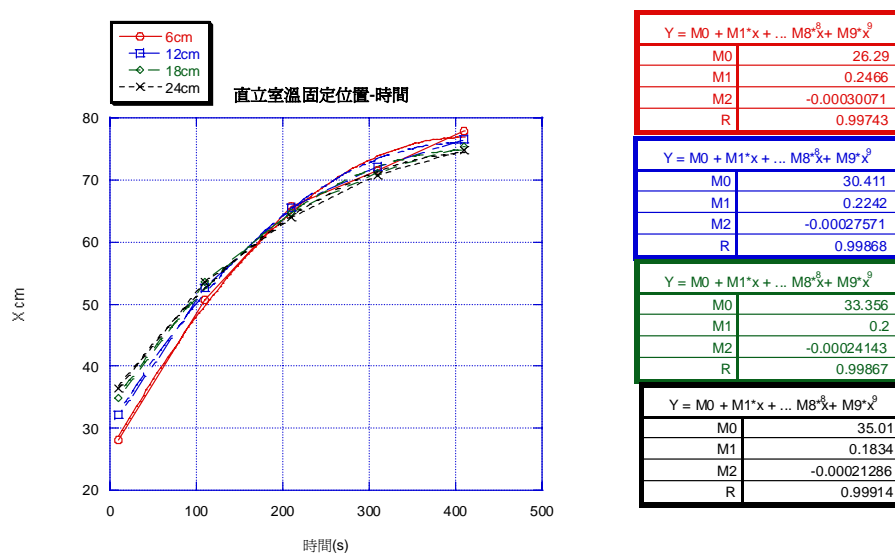
數據如附件一

### (一) 直立式圓筒

#### 1. 關係圖 直立的空心圓柱 溫度在圓柱中的分佈

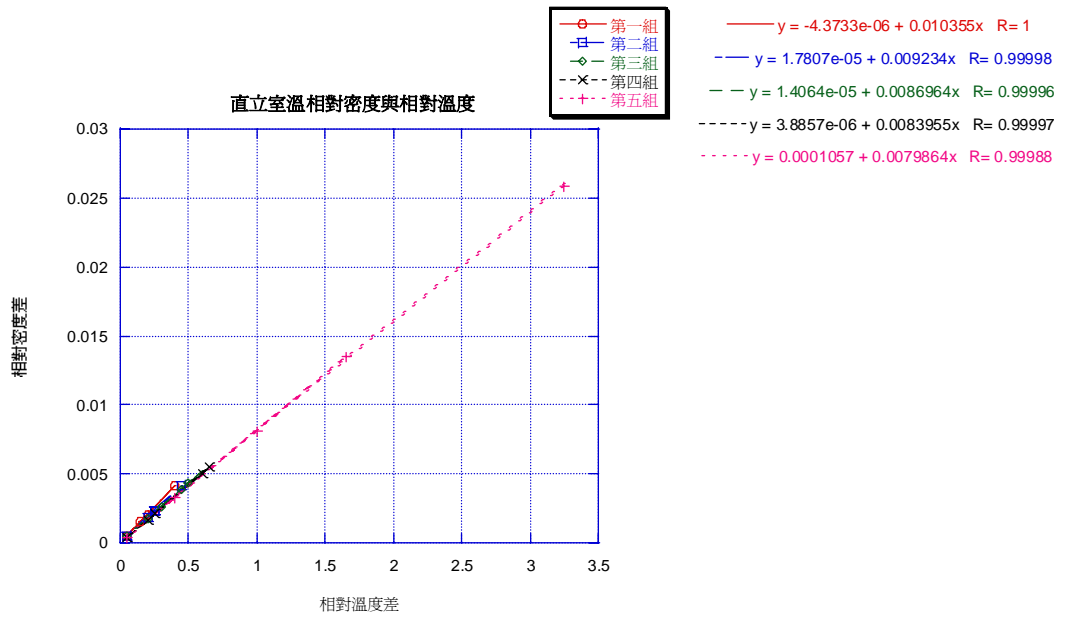


#### 2. 關係圖 直立的空心圓柱在某固定點上溫度隨時間變化的情形



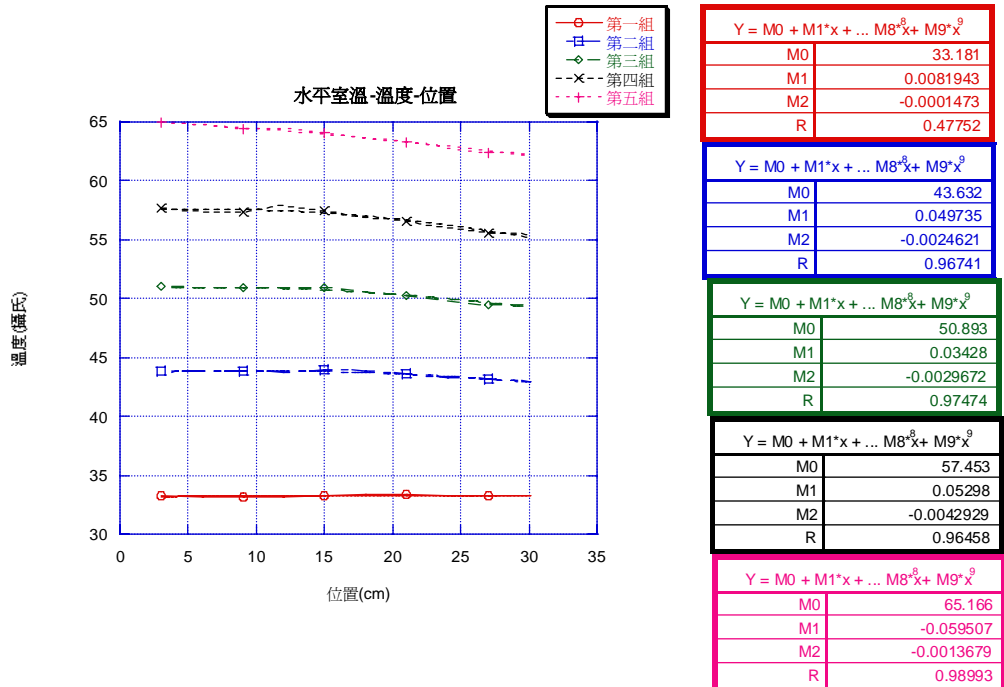


3. 關係圖 直立空心圓柱其相對密度與相對溫度差的變化(密度分佈)

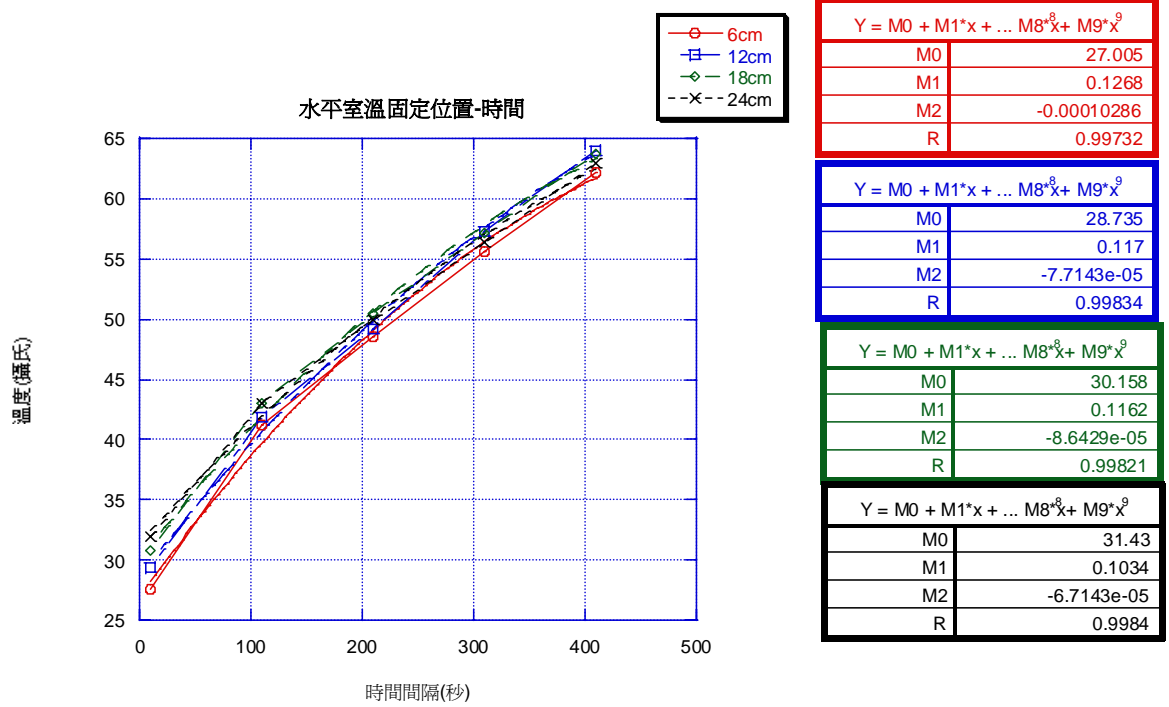


(二) 平放式的圓筒

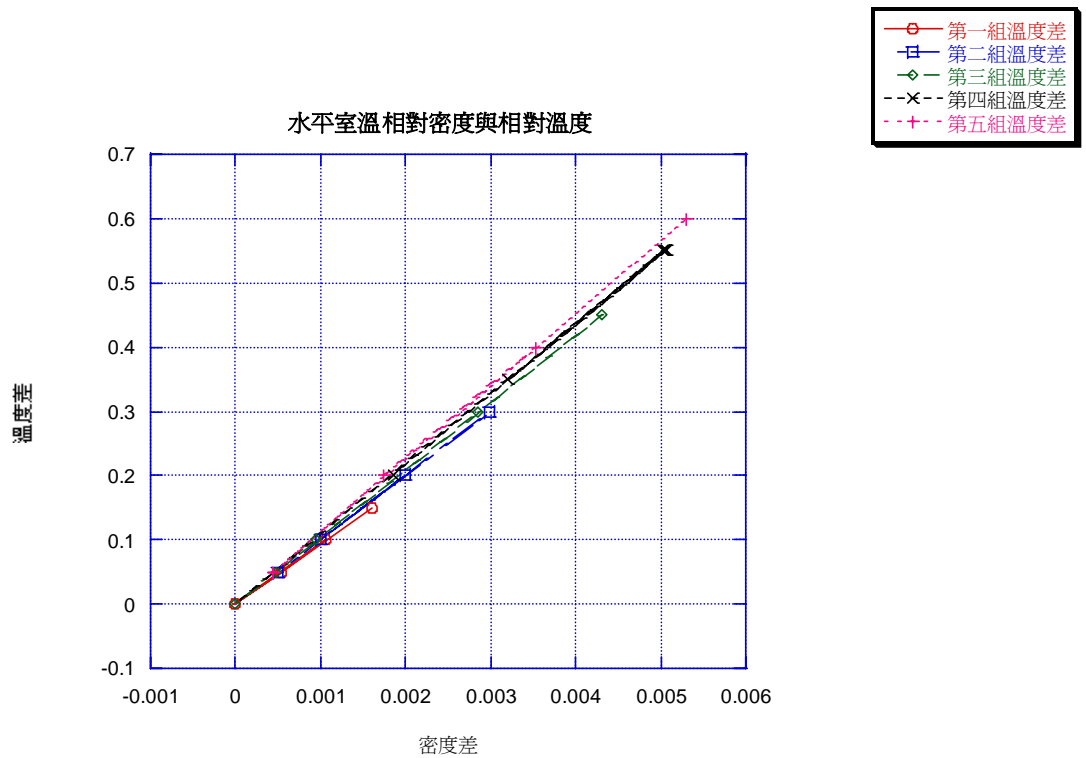
1. 關係圖 平放的空心圓柱中溫度的分佈



2. 關係圖 平放的空心圓柱在某固定點上溫度隨時間變化的情形

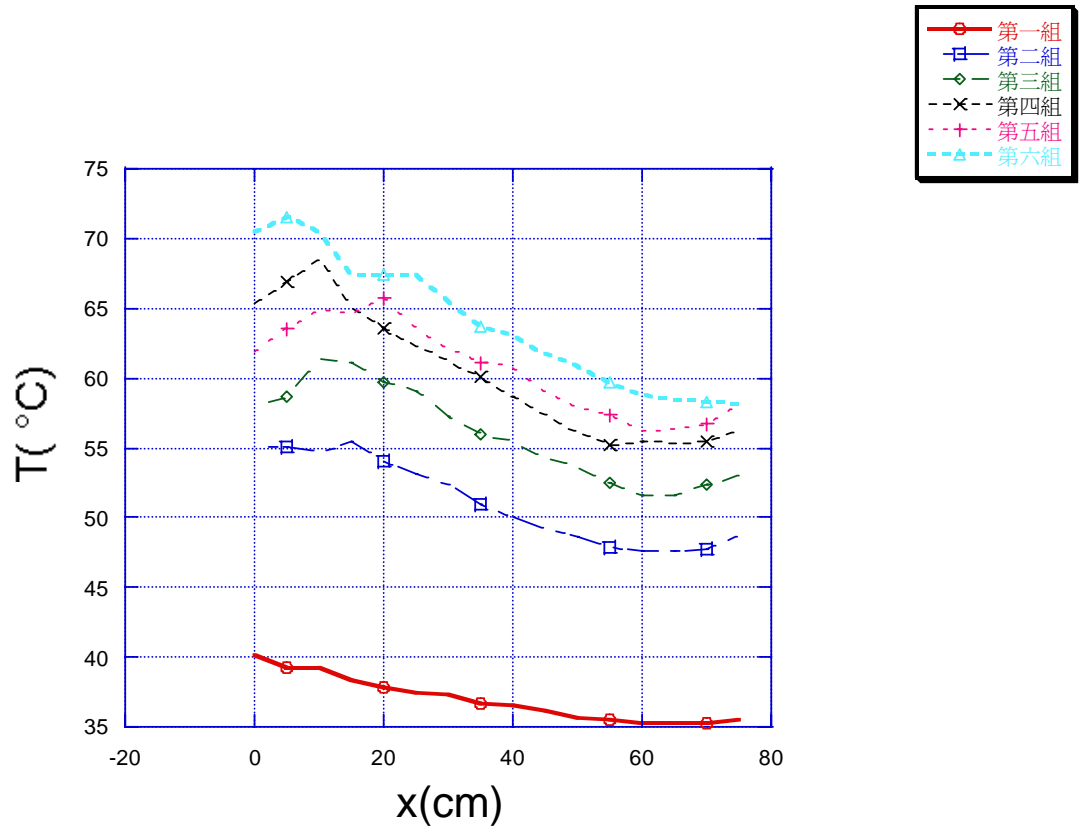


3. 關係圖 平放空心圓柱其相對密度差與相對溫度差的變化

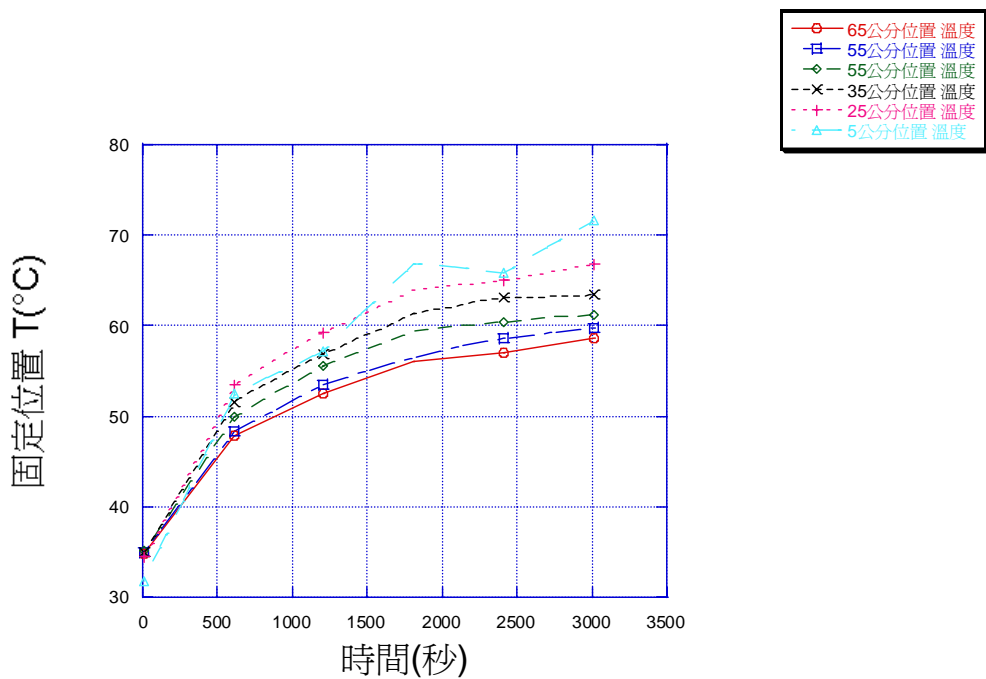


### (三) 二倍高直立式圓筒

1. 關係圖 二倍高直立的空心圓柱中溫度的分佈

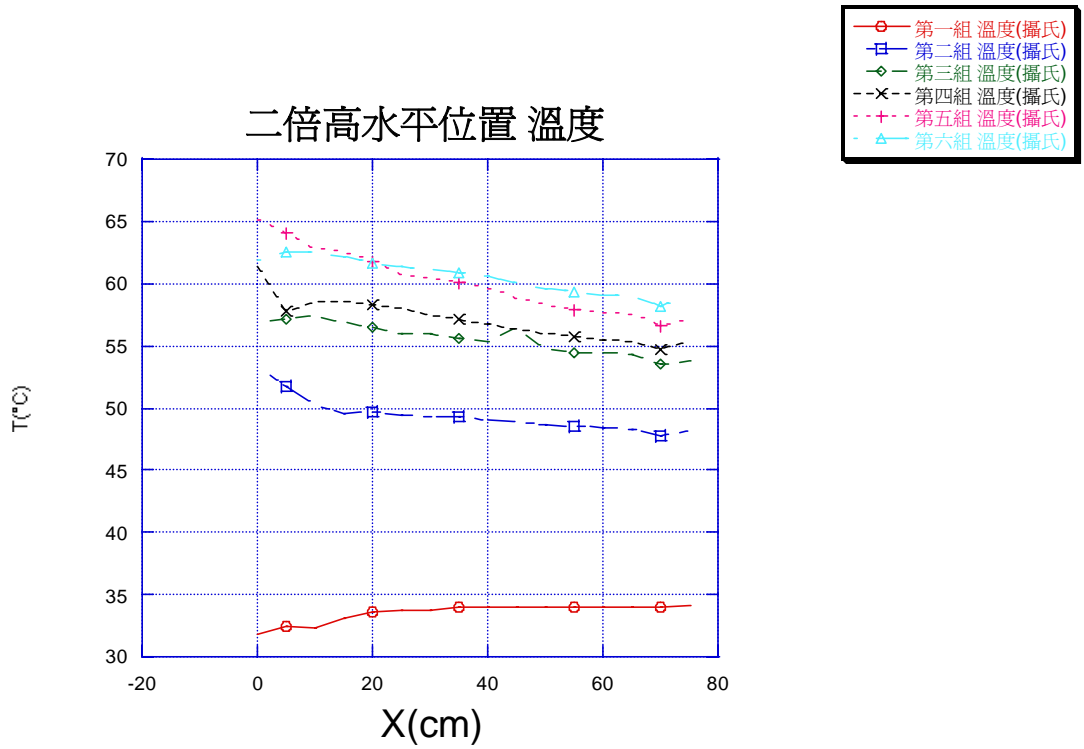


2. 關係圖 二倍高直立的空心圓柱在某固定點上溫度隨時間變化的情形

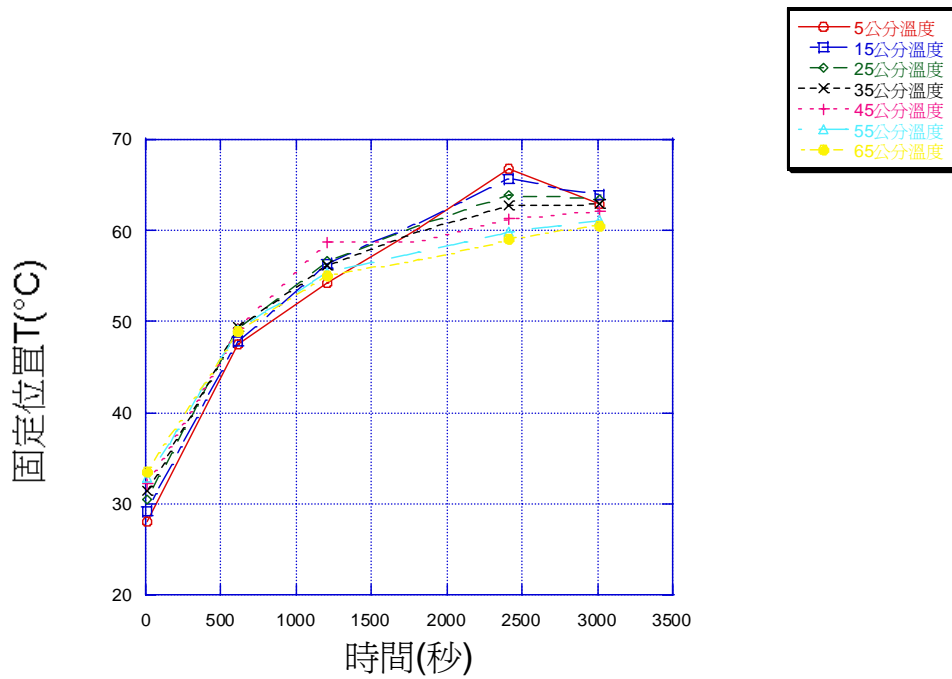


(四) 平放式的圓筒

1. 關係圖 平放的二倍高空心圓柱中溫度的分佈



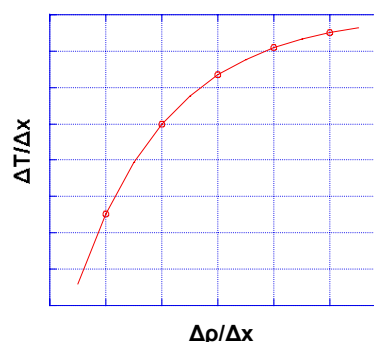
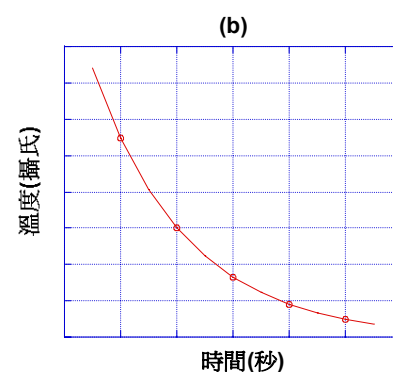
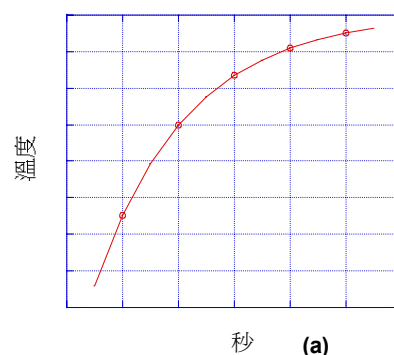
2. 關係圖 平放的二倍高空心圓柱在某固定點上溫度隨時間變化的情形



## 九. 結論

1. 由實驗上得到，開始測量時，由直立室溫中的第一組數據得知，距熱源越遠溫度越高，也就是以熱源處  $l=0$ ，溫度梯度為正值，若氣體中傳熱是靠傳導則溫度梯度因該為負值，所以可推知，氣體傳熱時，應該對流大於傳導。
2. 直立室溫中的第一組數據第二到五組數據中，溫度梯度為負值，我們認為，實驗中所用的管長，只有 40 公分左右，所以可能對流到對邊時在行反射造成，所以將第二組數據，位置  $l$  改為  $l=30cm-l$  再作溫度梯度圖，發現二線的斜率接近而證實我們的推想。
3. 在固定點傳熱過程，溫度隨時間上升，但  $\Delta T$  逐漸趨緩如右(a)由於熱輻射由高溫逐漸降的方式如右(b)，所以我們認為在一密閉系統中，若以每秒定值的熱能輸入，其溫度應該不會是無限上升，而是會達到某平衡溫度，若熱輻射的防護越佳，只是平衡溫度上升。
4. 在直立室溫二倍高的實驗中，我們得到結果是在圓筒中溫度梯度的作圖，在不同長度的管子熱傳播的情形，對流相較於一倍高的管子明顯。
5. 由本次的探討實驗，我們得到下列結論：
  - 氣體的傳熱方式主要是對流、輻射，而隨著離熱源的遠近可以知道，對流的效應更加明顯。
  - 對一物加熱，若每秒加入的熱能固定，則物體溫度將達到某平衡溫度  $T \sim \Delta Q$  圖
  - 氣體的對流量即密度梯度為

$$\Delta \rho / \Delta x \propto \Delta T / \Delta x \quad .$$



十. 參考資料

(一) 褚德三 高中物理物質科學物理篇下冊 龍騰文化

十一. 其他

附件一 實驗數據

直立室溫

位置	溫度上移 (攝氏)	溫度下 (攝氏)	平均溫度 (攝氏)	溫度K	對應密度	相對密度差	溫度差
3	26.6	48.2	37.4	310.55	3.220093	0	0
6	28.1	47.5	37.8	310.95	3.215951	-0.004142265	0.4
9	30.3	45.9	38.1	311.25	3.212851	-0.003099712	0.3
12	32.1	44.4	38.25	311.4	3.211304	-0.001547616	0.15
15	33.6	42.6	38.1	311.25	3.212851	0.001547616	-0.15
18	34.8	41.8	38.3	311.45	3.210788	-0.002063157	0.2
21	35.5	40.8	38.15	311.3	3.212335	0.001547119	-0.15
24	36.4	40	38.2	311.35	3.211819	-0.000515872	0.05
27	37.1	39.1	38.1	311.25	3.212851	0.00103191	-0.1
30	37.7	38.4	38.05	311.2	3.213368	0.000516204	-0.05
第二組							
3	49	62.7	55.85	329	3.039514	0	0
6	50.7	60.1	55.4	328.55	3.043677	0.004163084	-0.45
9	51.9	58	54.95	328.1	3.047851	0.004174503	-0.45
12	52.7	56.7	54.7	327.85	3.050175	0.00232412	-0.25
15	53.2	55.7	54.45	327.6	3.052503	0.002327667	-0.25
18	53.5	55	54.25	327.4	3.054368	0.001864693	-0.2
21	53.6	54.5	54.05	327.2	3.056235	0.001866973	-0.2
24	53.5	54.1	53.8	326.95	3.058572	0.002336928	-0.25
27	53.4	53.8	53.6	326.75	3.060444	0.001872117	-0.2
30	53.5	53.6	53.55	326.7	3.060912	0.000468387	-0.05
第三組							
3	64.1	67.8	65.95	339.1	2.948983	0	0
6	65.8	67	66.4	339.55	2.945074	-0.003908238	0.45
9	65.8	65.8	65.8	338.95	2.950288	0.00521329	-0.6
12	65.6	65.4	65.5	338.65	2.952901	0.002613572	-0.3
15	65.2	64.6	64.9	338.05	2.958142	0.005241061	-0.6
18	64.7	64.1	64.4	337.55	2.962524	0.004381784	-0.5
21	64.3	63.8	64.05	337.2	2.965599	0.003074981	-0.35
24	64	63.7	63.85	337	2.967359	0.001759999	-0.2
27	63.8	63.6	63.7	336.85	2.96868	0.001321371	-0.15
30	63.6	63.7	63.65	336.8	2.969121	0.000440719	-0.05

直立室溫

第四組								
3	70.1	76.2	73.15	346.3	2.88767	0	0	
6	71.6	74.2	72.9	346.05	2.889756	0.002086165	-0.25	
9	72.3	72.4	72.35	345.5	2.894356	0.00460019	-0.55	
12	72.1	71.4	71.75	344.9	2.899391	0.005035122	-0.6	
15	72	70.9	71.45	344.6	2.901915	0.002524136	-0.3	
18	71.1	70.5	70.8	343.95	2.907399	0.005484067	-0.65	
21	71.1	70.4	70.75	343.9	2.907822	0.00042271	-0.05	
24	70.7	70.4	70.55	343.7	2.909514	0.00169207	-0.2	
27	70.4	70.3	70.35	343.5	2.911208	0.00169404	-0.2	
30	70.4	70.4	70.4	343.55	2.910784	-0.000423695	0.05	
第五組								
3	78.7	87	82.85	356	2.808989	0	0	
6	77.8	81.4	79.6	352.75	2.834869	0.025880123	-3.25	
9	77.6	78.8	78.2	351.35	2.846165	0.011295906	-1.4	
12	76.6	77.8	77.2	350.35	2.854289	0.008123776	-1	
15	78.2	76.7	77.45	350.6	2.852253	-0.002035288	0.25	
18	75.3	76.3	75.8	348.95	2.86574	0.013486797	-1.65	
21	75.6	76.4	76	349.15	2.864099	-0.001641552	0.2	
24	74.8	76.4	75.6	348.75	2.867384	0.003284988	-0.4	
27	77.5	76.5	77	350.15	2.855919	-0.011464621	1.4	
30	77.2	76.9	77.05	350.2	2.855511	-0.000407755	0.05	



二倍高直立室溫

位置(公分)	上移溫度(攝氏)	下移溫度(攝氏)	平均溫度(攝氏)	溫度(凱氏)	對應密度	相對密度差	溫度差	時間	
第一組									
0	31.4	49	40.2	313.35	3.1913196	1	0	0	320
5	31.8	46.8	39.3	312.45	3.2005121	0.00919247	0.9	10	310
10	32.8	45.7	39.25	312.4	3.2010243	0.00051225	0.05	20	300
15	34.6	42	38.3	311.45	3.2107882	0.00976392	0.95	30	290
20	34.5	41.1	37.8	310.95	3.2159511	0.00516287	0.5	40	280
25	34.5	40.4	37.45	310.6	3.219575	0.0036239	0.35	50	270
30	34.9	39.7	37.3	310.45	3.2211306	0.0015556	0.15	60	260
35	35	38.3	36.65	309.8	3.227889	0.00675834	0.65	70	250
40	35	38.2	36.6	309.75	3.22841	0.00052105	0.05	80	240
45	35.1	37.1	36.1	309.25	3.2336297	0.00521974	0.5	90	230
50	34.9	36.5	35.7	308.85	3.2378177	0.00418796	0.4	100	220
55	35	36	35.5	308.65	3.2399158	0.00209805	0.2	120	210
60	34.9	35.5	35.2	308.35	3.2430679	0.00315218	0.3	130	200
65	34.9	35.5	35.2	308.35	3.2430679	0	0	240	190
70	35.1	35.4	35.25	308.4	3.2425422	0.00052579	0.05	250	180
75	35.5	35.6	35.55	308.7	3.239391	0.00315116	0.3	160	170
第二組									
0	47.3	62.8	55.05	328.2	3.0469226	0	0	600	920
5	52.5	57.7	55.1	328.25	3.0464585	0.00046412	0.05	610	910
10	52.5	56.9	54.7	327.85	3.0501754	0.00371689	0.4	620	900
15	53.8	57.1	55.45	328.6	3.0432136	0.00696175	0.75	630	890
20	53.1	55.1	54.1	327.25	3.0557678	0.01255413	1.35	640	880
25	53.5	52.9	53.2	326.35	3.0641949	0.00842712	0.9	650	870
30	52.8	51.9	52.35	325.5	3.0721966	0.00800174	0.85	660	860
35	51.6	50.4	51	324.15	3.0849915	0.0127949	1.35	670	850
40	50.6	49.5	50.05	323.2	3.0940594	0.00906789	0.95	680	840
45	49.9	48.5	49.2	322.35	3.1022181	0.00815868	0.85	690	830
50	49.3	48.1	48.7	321.85	3.1070374	0.00481935	0.5	700	820
55	48.4	47.3	47.85	321	3.1152648	0.00822736	0.85	720	810
60	48.4	46.9	47.65	320.8	3.117207	0.00194219	0.2	730	800
65	47.9	47.3	47.6	320.75	3.1176929	0.00048592	0.05	840	790
70	47.9	47.5	47.7	320.85	3.1167212	0.0009717	0.1	850	780
75	48.9	48.7	48.8	321.95	3.1060724	0.01064884	1.1	760	770

二倍高直立室溫

第三組										
0	55.5	60.3	57.9	331.05	3.0206917	0	0	1200	1520	
5	57.2	60.2	58.7	331.85	3.0134097	0.00728207	0.8	1210	1510	
10	60.7	62.1	61.4	334.55	2.9890898	0.02431985	2.7	1220	1500	
15	59.8	62.4	61.1	334.25	2.9917726	0.0026828	0.3	1230	1490	
20	59.5	60	59.75	332.9	3.0039051	0.01213245	1.35	1240	1480	
25	59.3	58.7	59	332.15	3.0106879	0.00678287	0.75	1250	1470	
30	58	56.6	57.3	330.45	3.0261764	0.01548848	1.7	1260	1460	
35	56.8	55.1	55.95	329.1	3.0385901	0.01241367	1.35	1270	1450	
40	56.5	54.5	55.5	328.65	3.0427506	0.00416055	0.45	1280	1440	
45	55.5	53.1	54.3	327.45	3.0539014	0.01115071	1.2	1290	1430	
50	55.1	52.1	53.6	326.75	3.0604438	0.00654241	0.7	1300	1420	
55	53.5	51.5	52.5	325.65	3.0707815	0.01033775	1.1	1320	1410	
60	52.5	50.7	51.6	324.75	3.0792918	0.00851025	0.9	1330	1400	
65	52.5	50.8	51.65	324.8	3.0788177	0.00047403	0.05	1440	1390	
70	53	51.7	52.35	325.5	3.0721966	0.00662111	0.7	1450	1380	
75	53.2	52.9	53.05	326.2	3.0656039	0.0065927	0.7	1360	1370	
第四組										
0	65.1	65.7	65.4	338.55	2.9537734	0	0	1800	2120	
5	66.9	66.8	66.85	340	2.9411765	0.01259697	1.45	1810	2110	
10	68	69.1	68.55	341.7	2.9265438	0.01463272	1.7	1820	2100	
15	66.3	63.9	65.1	338.25	2.9563932	0.02984945	3.45	1830	2090	
20	64.9	62.1	63.5	336.65	2.9704441	0.01405088	1.6	1840	2080	
25	64	60.5	62.25	335.4	2.9815146	0.01107053	1.25	1850	2070	
30	63.1	59.4	61.25	334.4	2.9904306	0.00891601	1	1860	2060	
35	61.4	58.9	60.15	333.3	3.0003	0.00986941	1.1	1870	2050	
40	60.7	56.7	58.7	331.85	3.0134097	0.01310964	1.45	1880	2040	
45	59.5	55.2	57.35	330.5	3.0257186	0.01230894	1.35	1890	2030	
50	57.7	54.6	56.15	329.3	3.0367446	0.011026	1.2	1900	2020	
55	56.5	53.8	55.15	328.3	3.0459945	0.00924991	1	1920	2010	
60	56.7	54.3	55.5	328.65	3.0427506	0.00324387	0.35	1930	2000	
65	56.1	54.6	55.35	328.5	3.04414	0.00138938	0.15	2040	1990	
70	55.7	55.3	55.5	328.65	3.0427506	0.00138938	0.15	2050	1980	
75	56.4	56.4	56.4	329.55	3.0344409	0.00830974	0.9	1960	1970	

二倍高直立室溫

第五組										
0	62.3	61.5	61.9	335.05	2.9846292	0	335.05	2400	2720	
5	65.9	61.3	63.6	336.75	2.969562	0.01506717	1.7	2410	2710	
10	66.8	62.9	64.85	338	2.9585799	0.01098211	1.25	2420	2700	
15	68.1	61.2	64.65	337.8	2.9603316	0.00175168	0.2	2430	2690	
20	68.4	63	65.7	338.85	2.9511583	0.00917323	1.05	2440	2680	
25	65.1	62.1	63.6	336.75	2.969562	0.01840366	2.1	2450	2670	
30	63.9	60.4	62.15	335.3	2.9824038	0.01284183	1.45	2460	2660	
35	63.2	59.1	61.15	334.3	2.9913252	0.00892134	1	2470	2650	
40	62.9	58.6	60.75	333.9	2.9949087	0.0035835	0.4	2480	2640	
45	60.4	57.7	59.05	332.2	3.0102348	0.01532614	1.7	2490	2630	
50	59.4	56.5	57.95	331.1	3.0202356	0.01000078	1.1	2500	2620	
55	58.7	56	57.35	330.5	3.0257186	0.00548303	0.6	2520	2610	
60	57.4	55.1	56.25	329.4	3.0358227	0.0101041	1.1	2530	2600	
65	57	55.6	56.3	329.45	3.035362	0.00046074	0.05	2640	2590	
70	57.3	56.3	56.8	329.95	3.0307622	0.00459973	0.5	2650	2580	
75	58.4	57.7	58.05	331.2	3.0193237	0.01143857	1.25	2560	2570	
第六組										
0	70.9	70.2	70.55	343.7	2.9095141	0	343.7	3000	3320	
5	71.7	71.4	71.55	344.7	2.9010734	0.00844071	1	3010	3310	
10	70.8	70.2	70.5	343.65	2.9099374	0.00886404	1.05	3020	3300	
15	67.2	67.7	67.45	340.6	2.9359953	0.02605787	3.05	3030	3290	
20	67.8	67	67.4	340.55	2.9364264	0.00043107	0.05	3040	3280	
25	66.8	68	67.4	340.55	2.9364264	0	0	3050	3270	
30	65.4	65.6	65.5	338.65	2.9529012	0.01647486	1.9	3060	3260	
35	63.4	64.1	63.75	336.9	2.9682398	0.01533861	1.75	3070	3250	
40	63	63.1	63.05	336.2	2.97442	0.00618015	0.7	3080	3240	
45	61.2	62.2	61.7	334.85	2.9864118	0.01199184	1.35	3090	3230	
50	61.1	60.6	60.85	334	2.994012	0.00760015	0.85	3100	3220	
55	59.8	59.6	59.7	332.85	3.0043563	0.01034434	1.15	3120	3210	
60	58.7	58.9	58.8	331.95	3.0125019	0.00814557	0.9	3130	3200	
65	58.6	58.3	58.45	331.6	3.0156815	0.00317966	0.35	3240	3190	
70	58.6	58	58.3	331.45	3.0170463	0.00136477	0.15	3250	3180	
75	58.3	57.9	58.1	331.25	3.0188679	0.00182161	0.2	3160	3170	

水平室溫

位置(公分)	右移溫度(攝氏)	左移溫度(攝氏)	平均溫度(攝氏)	溫度(凱氏)	對應密度	相對密度差	溫度差
第一組							
3	27	39.6	33.3	306.45	3.2631751	0	0
6	27.6	38.7	33.15	306.3	3.2647731	0.00159803	0.15
9	28.5	37.9	33.2	306.35	3.2642402	0.00053285	0.05
12	29.4	37	33.2	306.35	3.2642402	0	0
15	30.1	36.4	33.25	306.4	3.2637076	0.00053268	0.05
18	30.8	35.9	33.35	306.5	3.2626427	0.00106483	0.1
21	31.4	35.3	33.35	306.5	3.2626427	0	0
24	32	34.6	33.3	306.45	3.2631751	0.00053233	0.05
27	32.5	34.1	33.3	306.45	3.2631751	0	0
30	33	33.5	33.25	306.4	3.2637076	0.0005325	0.05
第二組							
3	40.4	47.2	43.8	316.95	3.1550718	0	0
6	41.2	46.5	43.85	317	3.1545741	0.00049765	0.05
9	41.6	46	43.8	316.95	3.1550718	0.00049765	0.05
12	41.9	45.6	43.75	316.9	3.1555696	0.0004978	0.05
15	42.6	45.3	43.95	317.1	3.1535793	0.00199027	0.2
18	43	44.7	43.85	317	3.1545741	0.00099482	0.1
21	43.1	44.1	43.6	316.75	3.1570639	0.0024898	0.25
24	43	43.6	43.3	316.45	3.1600569	0.00299295	0.3
27	43	43.3	43.15	316.3	3.1615555	0.0014986	0.15
30	42.9	43	42.95	316.1	3.1635558	0.00200035	0.2
第三組							
3	47.9	54.1	51	324.15	3.0849915	0	0
6	48.6	53.2	50.9	324.05	3.0859435	0.00095201	0.1
9	49.2	52.6	50.9	324.05	3.0859435	0	0
12	49.5	52.3	50.9	324.05	3.0859435	0	0
15	50.4	51.5	50.95	324.1	3.0854674	0.00047608	0.05
18	50.5	50.8	50.65	323.8	3.0883261	0.00285868	0.3
21	50.3	50.2	50.25	323.4	3.0921459	0.00381982	0.4
24	49.9	49.7	49.8	322.95	3.0964546	0.00430861	0.45
27	49.6	49.4	49.5	322.65	3.0993336	0.00287908	0.3
30	49.5	49.4	49.45	322.6	3.099814	0.00048037	0.05

水平室溫

第四組								
3	55.1	60.3	57.7	330.85	3.0225178	0	0	
6	55.6	59.1	57.35	330.5	3.0257186	0.00320085	0.35	
9	56.2	58.5	57.35	330.5	3.0257186	0	0	
12	57.3	58.5	57.9	331.05	3.0206917	0.00502687	0.55	
15	57.5	57.5	57.5	330.65	3.024346	0.00365425	0.4	
18	57.1	56.8	56.95	330.1	3.029385	0.00503905	0.55	
21	56.8	56.4	56.6	329.75	3.0326005	0.00321542	0.35	
24	56.4	55.7	56.05	329.2	3.0376671	0.00506662	0.55	
27	55.8	55.4	55.6	328.75	3.0418251	0.00415802	0.45	
30	55.5	55.3	55.4	328.55	3.0436768	0.00185167	0.2	
第五組								
3	61.5	68.4	64.95	338.1	2.9577048	0	0	
6	62.2	67.3	64.75	337.9	2.9594555	0.00175064	0.2	
9	62.9	65.9	64.4	337.55	2.9625241	0.00306861	0.35	
12	64	64.9	64.45	337.6	2.9620853	0.00043876	0.05	
15	63.9	64.2	64.05	337.2	2.9655991	0.00351374	0.4	
18	63.7	63.6	63.65	336.8	2.9691211	0.00352209	0.4	
21	63.4	63.3	63.35	336.5	2.9717682	0.00264706	0.3	
24	62.9	62.6	62.75	335.9	2.9770765	0.00530831	0.6	
27	62.6	62.2	62.4	335.55	2.9801818	0.00310528	0.35	
30	62.4	62.3	62.35	335.5	2.9806259	0.00044414	0.05	

二倍高水平室溫

位置(公分)	上移溫度(攝氏)	下移溫度(攝氏)	平均溫度(攝氏)	溫度(凱氏)	對應密度	相對密度差	溫度差	時間
第一組								
0	27.8	35.7	31.75	304.9	3.2797639	1	0	0
5	28.1	36.7	32.4	305.55	3.2727868	0.00697708	0.65	10
10	28.6	36.1	32.35	305.5	3.2733224	0.00053564	0.05	20
15	29.2	37	33.1	306.25	3.2653061	0.0080163	0.75	30
20	30	37.2	33.6	306.75	3.2599837	0.00532242	0.5	40
25	30.5	36.9	33.7	306.85	3.2589213	0.0010624	0.1	50
30	30.9	36.7	33.8	306.95	3.2578596	0.00106171	0.1	60
35	31.4	36.5	33.95	307.1	3.2562683	0.00159127	0.15	70
40	31.8	36.1	33.95	307.1	3.2562683	0	0	80
45	32.2	35.8	34	307.15	3.2557382	0.00053008	0.05	90
50	32.6	35.5	34.05	307.2	3.2552083	0.00052991	0.05	100
55	32.9	35.1	34	307.15	3.2557382	0.00052991	0.05	120
60	33.2	34.9	34.05	307.2	3.2552083	0.00052991	0.05	130
65	33.5	34.6	34.05	307.2	3.2552083	0	0	240
70	33.7	34.4	34.05	307.2	3.2552083	0	0	250
75	34	34.2	34.1	307.25	3.2546786	0.00052973	0.05	160
第二組								
0	46.2	60.6	53.4	326.55	3.0623182	0	0	600
5	47.5	56	51.75	324.9	3.0778701	0.01555194	1.65	610
10	48.2	52.2	50.2	323.35	3.0926241	0.01475398	1.55	620
15	47.9	51.2	49.55	322.7	3.0988534	0.00622933	0.65	630
20	49.1	50.3	49.7	322.85	3.0974137	0.00143976	0.15	640
25	49.3	49.6	49.45	322.6	3.099814	0.00240035	0.25	650
30	49.4	49.2	49.3	322.45	3.101256	0.001442	0.15	660
35	49.5	49	49.25	322.4	3.101737	0.00048096	0.05	670
40	49.5	48.7	49.1	322.25	3.1031808	0.00144379	0.15	680
45	49.3	48.4	48.85	322	3.1055901	0.0024093	0.25	690
50	49.2	48.1	48.65	321.8	3.1075202	0.00193014	0.2	700
55	49.1	47.9	48.5	321.65	3.1089694	0.00144918	0.15	720
60	49.1	47.7	48.4	321.55	3.1099362	0.00096687	0.1	730
65	49	47.6	48.3	321.45	3.1109037	0.00096747	0.1	840
70	48.1	47.3	47.7	320.85	3.1167212	0.00581749	0.6	850
75	48.2	48	48.1	321.25	3.1128405	0.00388074	0.4	760
第三組								
0	54.4	59.7	57.05	330.2	3.0284676	0	0	1200
5	54.3	60.1	57.2	330.35	3.0270925	0.00137512	0.15	1210
10	55.6	59.3	57.45	330.6	3.0248034	0.00228909	0.25	1220
15	56.3	57.6	56.95	330.1	3.029385	0.00458165	0.5	1230
20	56.6	56.4	56.5	329.65	3.0335204	0.00413537	0.45	1240
25	56.6	55.5	56.05	329.2	3.0376671	0.00414667	0.45	1250
30	56.3	55.6	55.95	329.1	3.0385901	0.00092302	0.1	1260
35	56.2	55.1	55.65	328.8	3.0413625	0.00277244	0.3	1270
40	56	54.7	55.35	328.5	3.04414	0.0027775	0.3	1280
45	58.8	54.2	56.5	329.65	3.0335204	0.01061963	1.15	1290
50	55.5	53.9	54.7	327.85	3.0501754	0.01665498	1.8	1300
55	55.3	53.7	54.5	327.65	3.0520372	0.00186185	0.2	1320
60	55.1	53.7	54.4	327.55	3.052969	0.00093178	0.1	1330
65	55	53.6	54.3	327.45	3.0539014	0.00093235	0.1	1440
70	54	53.2	53.6	326.75	3.0604438	0.00654241	0.7	1450
75	53.9	53.7	53.8	326.95	3.0585716	0.00187212	0.2	1360

二倍高水平室溫

第四組									
0	62.2	60.7	61.45	334.6	2.9886432	0	0	1800	
5	60.2	55.5	57.85	331	3.021148	0.03250488	3.6	1810	
10	60.8	56.3	58.55	331.7	3.0147724	0.00637565	0.7	1820	
15	60.9	56.1	58.5	331.65	3.0152269	0.00045451	0.05	1830	
20	60.9	55.6	58.25	331.4	3.0175015	0.00227461	0.25	1840	
25	60.6	55.5	58.05	331.2	3.0193237	0.00182216	0.2	1850	
30	60.1	54.8	57.45	330.6	3.0248034	0.00547972	0.6	1860	
35	59.8	54.5	57.15	330.3	3.0275507	0.00274732	0.3	1870	
40	59.4	54.2	56.8	329.95	3.0307622	0.00321153	0.35	1880	
45	58.8	54	56.4	329.55	3.0344409	0.00367867	0.4	1890	
50	58.3	53.8	56.05	329.2	3.0376671	0.00322617	0.35	1900	
55	57.6	53.8	55.7	328.85	3.0409001	0.00323303	0.35	1920	
60	57.1	53.8	55.45	328.6	3.0432136	0.00231353	0.25	1930	
65	56.8	53.9	55.35	328.5	3.04414	0.0009264	0.1	2040	
70	55.6	53.9	54.75	327.9	3.0497103	0.00557025	0.6	2050	
75	55.6	55.2	55.4	328.55	3.0436768	0.00603352	0.65	1960	
第五組									
0	68.9	61.4	65.15	338.3	2.9559563	0	338.3	2400	
5	66.8	61.5	64.15	337.3	2.9647198	0.00876358	1	2410	
10	66.2	59.4	62.8	335.95	2.9766334	0.01191359	1.35	2420	
15	65.7	59.4	62.55	335.7	2.9788502	0.00221674	0.25	2430	
20	64.9	58.6	61.75	334.9	2.985966	0.0071158	0.8	2440	
25	63.9	57.7	60.8	333.95	2.9944602	0.00849429	0.95	2450	
30	63.3	57.6	60.45	333.6	2.9976019	0.00314167	0.35	2460	
35	62.8	57.3	60.05	333.2	3.0012005	0.00359856	0.4	2470	
40	62.1	57	59.55	332.7	3.0057109	0.00451037	0.5	2480	
45	61.3	56.4	58.85	332	3.0120482	0.00633734	0.7	2490	
50	60.5	56.1	58.3	331.45	3.0170463	0.00499812	0.55	2500	
55	59.8	56	57.9	331.05	3.0206917	0.00364543	0.4	2520	
60	59.3	55.9	57.6	330.75	3.0234316	0.00273986	0.3	2530	
65	59	56	57.5	330.65	3.024346	0.00091439	0.1	2640	
70	57.6	55.6	56.6	329.75	3.0326005	0.00825447	0.9	2650	
75	57.6	57	57.3	330.45	3.0261764	0.00642403	0.7	2560	
第六組									
0	61.3	62.6	61.95	335.1	2.9841838	0	335.1	3000	
5	63	62.2	62.6	335.75	2.9784066	0.00577727	0.65	3010	
10	63.8	61.3	62.55	335.7	2.9788502	0.00044361	0.05	3020	
15	63.9	60.5	62.2	335.35	2.9819591	0.00310898	0.35	3030	
20	63.5	59.7	61.6	334.75	2.987304	0.00534481	0.6	3040	
25	63.4	59.3	61.35	334.5	2.9895366	0.00223266	0.25	3050	
30	63.1	59.2	61.15	334.3	2.9913252	0.00178854	0.2	3060	
35	63	58.8	60.9	334.05	2.9935638	0.00223868	0.25	3070	
40	62.7	58.5	60.6	333.75	2.9962547	0.00269084	0.3	3080	
45	62.2	58	60.1	333.25	3.0007502	0.00449551	0.5	3090	
50	61.6	57.7	59.65	332.8	3.0048077	0.0040575	0.45	3100	
55	61.1	57.5	59.3	332.45	3.0079711	0.00316343	0.35	3120	
60	60.8	57.4	59.1	332.25	3.0097818	0.00181067	0.2	3130	
65	60.6	57.3	58.95	332.1	3.0111412	0.00135943	0.15	3240	
70	59.3	57	58.15	331.3	3.0184123	0.00727109	0.8	3250	
75	59.5	58.7	59.1	332.25	3.0097818	0.00863052	0.95	3160	

## 評語

040103 高中組物理科

氣體受熱的傳播方式

- 一、 測量同一時刻不同位置的溫度分佈方法很好。
- 二、 可朝不同型狀與方向多加測量，以確定影響熱傳導的因素。
- 三、 解決問題之創意尚待加強。