

普通物理實驗報告

班級：物理系

姓名：林佩嫻

學號：410214231

組別：B5

同組組員：靳雅晴

實驗日期：102/12/04

一. 目的:觀察物體表面的熱輻射現象，驗證熱輻射定律，並根據熱輻射原理測定液體比熱。

二. 原理:

(一)熱輻射:

任何物體的溫度高於絕對溫度時，其表面恆以電磁波的形式釋放能量。輻射通量 R 表徵一物體經熱輻射釋放能量的效率，定義為此物體單位表面積於單位時間內所輻射出的能量(輻射功率 P /輻射面積 A)，其隨溫度變化的關係可以史特凡—波茲曼定律來描述:

$$R = \frac{P}{A} = e \sigma T^4$$

其中 e 為發射率，其與物體表面性質有關； $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ 為史特凡—波茲曼常數，其與物體特性無關； T 為絕對溫度。

(二)用輻射法求液體比熱:

假定兩個圓柱管狀容器 A 、 B 的大小、形狀和表面性質都相同，將加熱過的兩管分別放在一個裝滿冷水的水槽中，當 A 和 B 兩管達到同溫時，表示兩管的熱量損失相同。但若容器內的液體不同，其冷卻曲線也會有差異。固可利用不同的冷卻速率比較其容量。對於相同下降溫度 ΔT ， A 管需歷時 Δt_A ， B 管需歷時 Δt_B ，則其平均熱輻射功率(輻射通量 \times 表面積)分別為:

$$P_A = \frac{(c'_A + m_A c_A) \Delta T}{\Delta t_A} ; \quad P_B = \frac{(c'_B + m_B c_B) \Delta T}{\Delta t_B}$$

其中， c'_A 、 c'_B 為 A 、 B 管及溫度計的熱容量； m_A 、 m_B 為 A 、 B 管內已知液體的質量； c_A 、 c_B 為該液體的比熱。由於兩容器表面性質(發射率)與總表面積相同，下降溫度 ΔT 也相同，故 $P_A = P_B$ ，即:

$$P_A = \frac{(c'_A + m_A c_A)}{\Delta t_A} ; \quad P_B = \frac{(c'_B + m_B c_B)}{\Delta t_B}$$

三. 實驗步驟:

(一)低溫熱輻射:

1. 關閉待測輻射物體之電源，測量室溫 T_0 及熱敏電阻器之電阻 R 。
2. 以遮板隔開輻射物體與感測器，遮板的反射面朝向輻射物體。
3. 將輻射物體之電源打開，功率調到刻度 10，當歐姆計顯示熱敏電阻溫度高於室溫 10°C 時，調降功率使溫度緩慢下降，隨後移開遮板，立刻讀取歐姆計讀數 r 級毫伏特計讀數 V ，在盡快放回遮板。
4. 每次提高溫度約 10°C ，重複步驟 3，直至輻射物體溫度約 120°C 。
5. 以 V 為縱軸，根據 r 所決定之 $T^4 - T_0^4$ 為橫軸作圖，求數據點所決定的直線斜率。

(二)高溫熱輻射:

1. 關閉各儀器的電源，此時測量室溫 T_0 ，並以歐姆計測量於室溫下達熱平衡時燈絲的電阻 r_0 。
2. 用遮板隔開燈絲與感測器，遮板的反射面朝向燈泡。打開各儀器之電源，燈絲兩端電壓設定為 1V。
3. 移開遮板，立刻讀取安培計電流 I 及毫伏特計電壓 V ，在盡快放回遮板。
4. 每次增加電壓 1V，至最高電壓 12V，分別重複上一步驟，紀錄 I 、 V 。
5. 以 V 為縱軸，根據高溫燈絲電阻 r 所決定之 $T^4 - T_0^4$ 為橫軸作圖，求數據點所決定的直線斜率。
6. 關閉電源，重新設置實驗儀器，注意使燈絲位於感測器中心軸之直線上，並使米尺的零刻度和燈絲中心對齊。
7. 用遮板隔開燈泡與感測器，遮板的反射面朝向燈泡。將電源打開，電源供應器電壓設在 10V。
8. 移開遮板，立即讀取 V ，再盡快放回遮板。
9. 改變感測器與燈絲間的距離 X ，每次改變 5cm 至最遠 50cm，分別重複上步驟。
10. 以步驟 8、9 所得的數據作圖，以 V 為縱軸，距離 X 為橫軸。
11. 以步驟 8、9 所得的數據作圖，以 V 為縱軸， $\frac{1}{X^2}$ 為橫軸。

(三)用輻射法求液體比熱:

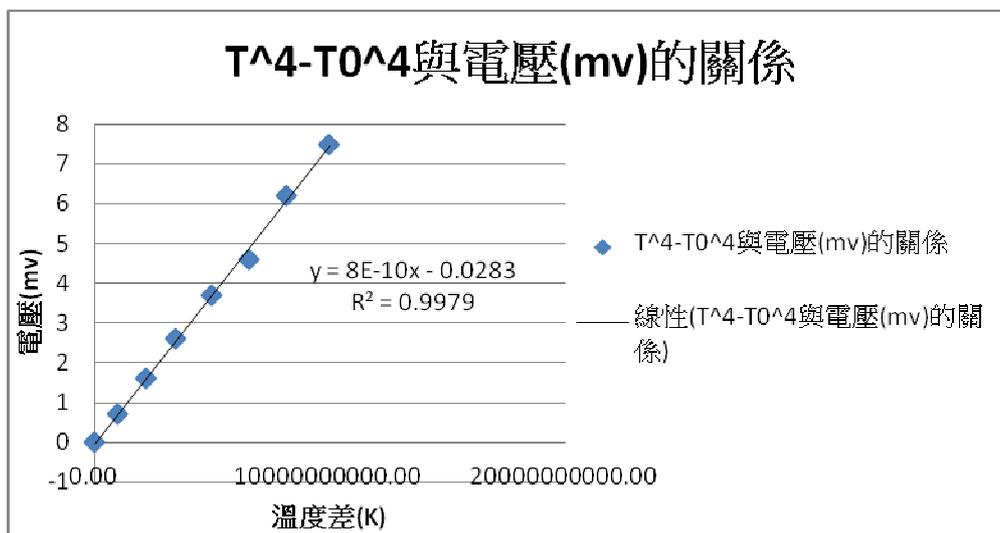
1. 將大容器裝滿水(室溫)，並插上達 50°C 的溫度計。
2. 測量 A、B 兩管的質量，分別放入水和待測液，再秤其質量。
3. 量溫度計浸入液體的體積。
4. A、B 兩管上各插上 50°C 之溫度計，然後放到加熱過加熱至 50°C (不可超過)。取出擦乾後放入大容器中，並記錄其初溫。
5. 每 2 分鐘記錄一次時間與溫度，直到溫度下降 15°C 。匯出溫度—時間關係圖。
6. 選取適當的 ΔT ，從圖中解讀 Δt_A 、 Δt_B ，帶入公式計算待測液比熱。

7. 在選擇 2 個以上的 ΔT ，重複步驟 6，並求比熱的平均值和標準差。

四. 實驗數據:

(一) 低溫熱輻射

距離 0.06m					
功率 100W					
電阻(k Ω)	電壓(mv)	溫度($^{\circ}$ C)	絕對溫度(K)	T ⁴ (K ⁴)	T ⁴ -T ₀ ⁴ (K ⁴)
114.7(室溫)	0	22.09	295.24	7598207404.61	0.00
75.5	0.7	31.12	304.27	8571161542.14	972954137.53
48.5	1.6	41.20	314.35	9764379658.76	2166172254.15
32.5	2.6	50.82	323.97	11015253509.61	3417046105.00
21.4	3.7	61.53	334.68	12546397452.14	4948190047.53
14.6	4.6	71.64	344.79	14132488661.24	6534281256.63
10.5	6.2	80.91	354.06	15714749410.49	8116542005.88
7.5	7.5	90.82	363.97	17550310026.71	9952102622.10

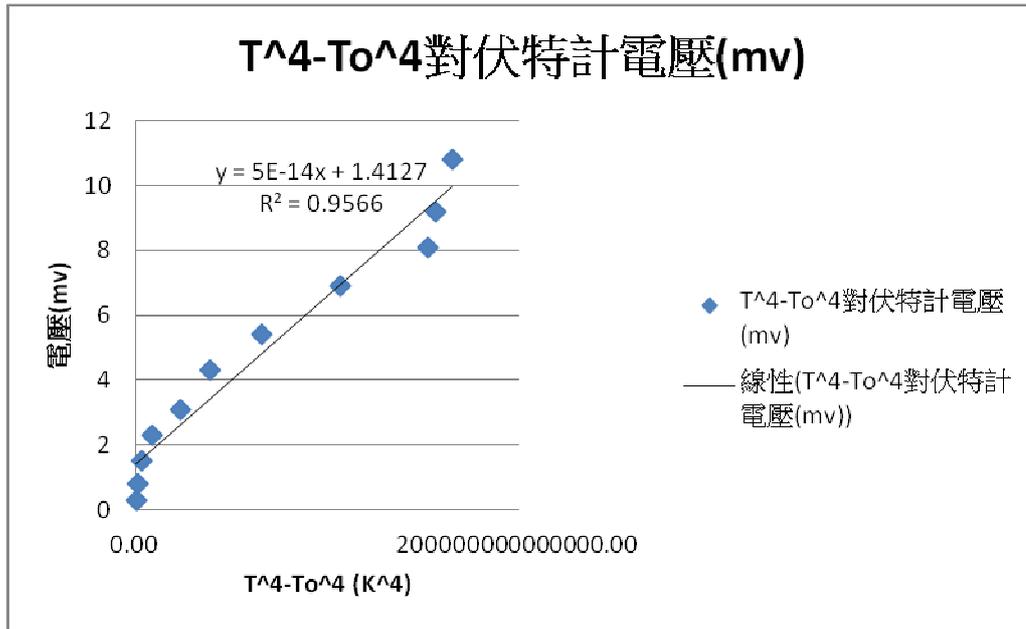


距離固定,測四面的電壓		
功率(W)	50	
電阻(Ω)	35.4	
	電壓(mv)	e
黑面	2.8	1.00
粗糙面	1.3	0.46
白面	0.2	0.07
光滑面	2.7	0.96

(二) 高溫熱輻射

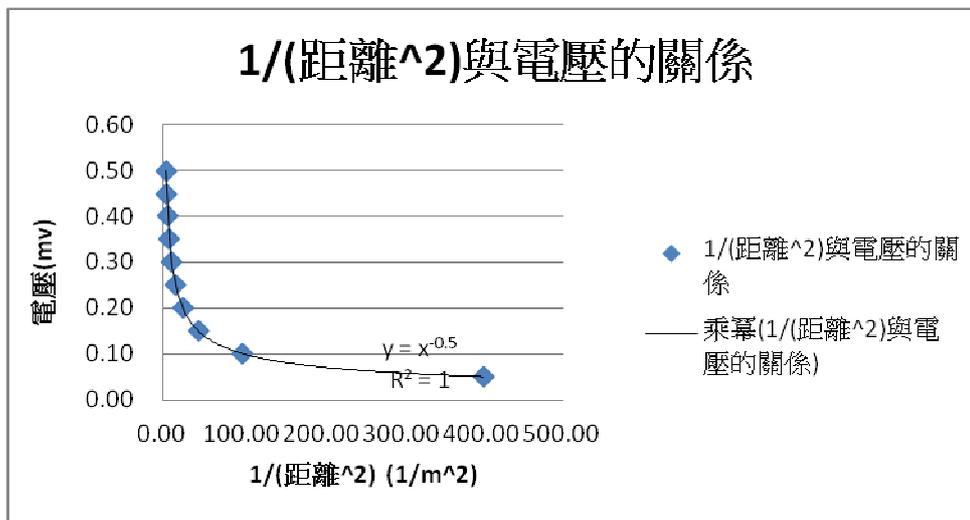
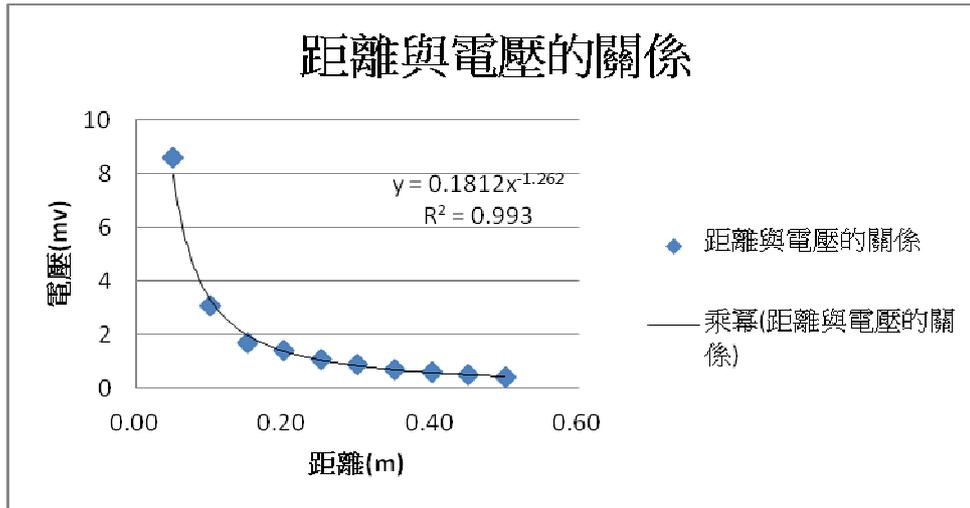
(1) 改變電壓(V)

燈絲兩端電壓(V)	I(A)	V(mv)	R(Ω)	R/R(室溫)	溫度(K)	T ⁴	溫度差
1	0.960	0.1	0.010	0.07			
2	1.235	0.3	0.243	1.62	443.18	38576303743.18	30476303743.18
3	1.447	0.8	0.553	3.69	863.46	555864442846.25	547764442846.25
4	1.650	1.5	0.909	6.06	1305.45	2904296626001.09	2896196626001.09
5	1.844	2.3	1.247	8.32	1706.90	8488526593527.91	8480426593527.91
6	2.038	3.1	1.521	10.14	2183.33	22723620565688.20	22715520565688.20
7	2.206	4.3	1.949	12.99	2485.48	38162875571875.40	38154775571875.40
8	2.357	5.4	2.291	15.27	2843.75	65398179054260.20	65390079054260.20
9	2.505	6.9	2.754	18.36	3211.59	106384997544350.00	106376897544350.00
10	2.648	8.1	3.059	20.39	3510.91	151942331759870.00	151934231759870.00
11	2.775	9.2	3.315	22.10	3536.47	156415545347706.00	156407445347706.00
12	2.903	10.8	3.720	24.80	3582.96	164804034394558.00	164795934394558.00

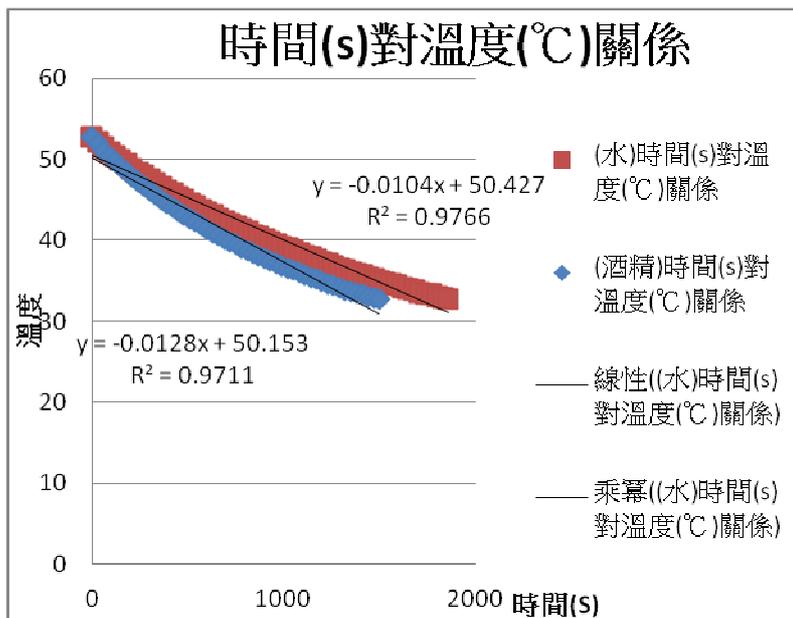


(2) 改變感測器與燈絲間的距離

電壓=10(V) I=2.630(A)		
距離(m)	電壓(mv)	距離倒數(1/m ²)
0.05	8.6	400.00
0.10	3.1	100.00
0.15	1.7	44.44
0.20	1.4	25.00
0.25	1.1	16.00
0.30	0.9	11.11
0.35	0.7	8.16
0.40	0.6	6.25
0.45	0.5	4.94
0.50	0.4	4.00



(三)輻射法求液體比熱



五. 討論:

(一)低溫熱輻射:

- (1) 固定距離和功率下，記錄電阻和伏特計之電壓，由附錄極差執法可算出溫度。

把溫度四次方減掉室溫的四次方，記作 $T_4 - T_4^0$ ，單位為 K^4 ，並對對應的電壓直作圖。

可驗證史特凡－波茲曼定律 $R = e \sigma T^4$ 中， $R \propto T^4$ 。

而且圖求得之斜率為實驗所算出之 $e \sigma$ ，比較理論值

$1 \times 5.67 \times 10^{-8} = 5.67 \times 10^{-8}$ ，為理論之 σ 值。

- (2) 距離、功率、電阻固定下，測材質不同時所測得的電壓。

因為黑面的 $e=1$ ，可依比例算出粗糙面、白面、光滑面的 e 。經比較後會發現黑面的發射率最高；白麵的發射率最低。代表黑面吸收輻射能，而白面幾乎反射輻射能，吸收少量輻射能。

(二)高溫熱輻射:

- (1) 距離固定下，改變燈絲兩端電壓:

記錄 I 、 V 算出電阻 R_0 ，並用 $\frac{R}{R_0}$ 和附錄算出 R 對應的溫差。

以 $T_4 - T_0^4$ 對 V 作圖，其電壓會隨 $T_4 - T_0^4$ 增加而變大，但其增加的幅度是由少→多→少。

- (2) 改變感測器與燈絲間的距離:

對距離與電壓作圖，距離愈大，電壓愈小，但電壓減少的範圍也愈來愈小。

對 $\frac{1}{\text{距離}^2}$ 與電壓作圖，隨著距離增加，電壓愈來愈高，且電壓增加的幅度愈來愈小。另外，兩張圖形形狀相似。

(三)輻射法求液體比熱:

由實驗結果可以看出酒精的比熱比水小，因為酒精下降同樣的溫度需要的時間較少。且由公視(*)可算出酒精的比熱的實驗值，約 $0.71(\text{cal}/\text{g}^\circ\text{C})$ ，與理論值 0.582 作比較，會發現實驗誤差高達 22%。

六. 結論:

(一)低溫熱輻射:

(1) $(T^4 - T_0^4) \propto$ 電壓。

(2)黑面吸收輻射能的效果較好，而白色會幾乎反射輻射能。

(二)高溫熱輻射:

$T^4 - T_0^4$ 變大，電壓也變大。

(三)輻射法求液體比熱:

酒精的比熱比水小。

七. 心得感想:

在"低溫熱輻射"的實驗中，電阻下降需要的時間會隨著溫度升高而愈來愈長，然後就只能一直等一直等，等很久，多一組接線就可以在等的時候先做另一種實驗。