

實驗八 測定液體的比熱

一 【目的】

應用輻射概念及冷卻曲線測定液體的比熱。

二 【理論】

(A) 比熱:

當物體溫度改變時，它所吸收或放出熱量 ΔQ 與該物體的質量 m 及其溫度變化 ΔT 成正比，亦即：

$$\Delta Q \propto m\Delta T, \Delta Q = sm\Delta T$$

式中之比例常數 s 稱為比熱，它代表單位質量的物體每升降單位溫度，吸收或放出之熱量，故

$$s = \frac{\Delta Q}{m\Delta T} \quad (1)$$

在 c.g.s. 制中比熱單位為 $\text{cal/g}^\circ\text{C}$ ，

(B) 熱容量與水當量:

當物體溫度變化 1°C 時，該物體 m 克所需吸收或放出熱量稱為熱容量 C 。即

$$C(\text{熱容量}) = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = ms \quad (2)$$

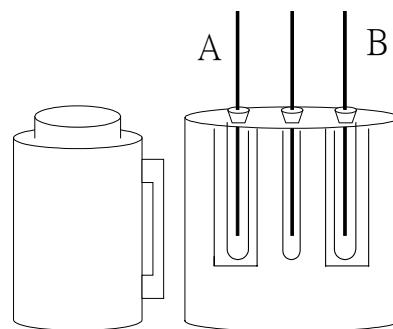
其單位為 cal°C ；而水當量 M 的定義：指物體上升或下降 1°C 時所吸收或放出的熱量，相當於 M 公克的水上升或下降 1°C 時所吸收或放出的熱量，則稱此物體的水當量為 M 公克。因水之比熱為 $1\text{cal/g}^\circ\text{C}$ ，故在 c.g.s. 制中，物體的水當量之數值與其熱容量相同但單位不同。

(C) 輻射：

據史特凡-波茲曼定律(Stefan-Boltzmann law)知，任何物體在絕對零度以上的溫度均會產生輻射，其輻射功率為

$$P(\text{輻射功率}) = Ae\sigma T^4$$

式中之 A 為輻射體的表面積， e 稱為發射率(Emissivity)與表面性質有關，其數值介於 0 與 1 之間， $e=0$ 稱為完全反射體， $e=1$ 稱為完全吸收體或黑體輻射(Black body radiation)， $\sigma = 5.6703 \times 10^{-8} (\text{W/m}^2\text{K}^4)$ 稱為史特凡-波茲曼常數(Stefan-Boltzmann constant)。倘若物體只以輻射方式改變其溫度，吾人則可由史特凡-波茲曼定律導出牛頓冷卻定律的形式。牛頓冷卻定律只是一個經驗定律，它表示一物體的溫度變化率與此物體和環境的溫度差成正比；但此定律只適用在物體和環境的溫度差夠小時才能成立。



圖(一)輻射卡計

今假定兩容器 A 和 B 的大小、形狀、表面性質都相同，一起放在一個保持常溫的水槽中如圖(一)所示。當 A 和 B 為同溫時，則 A, B 兩容器的熱量損失率相等。若 A 容器和其所盛液體的總熱容量比 B 容器的總熱容量為大時，A 的冷卻會慢一些。因此從冷卻率的不同，可以比較其熱容量。圖(二)係據實驗過程中，記錄 A 和 B 兩容器經不同時間所繪出之兩條冷卻曲線。今取相同的下降溫度，均由 T_H 降到 T_L ，由圖得知容器 A 需歷時 Δt_A ，容器 B 需歷時 Δt_B 。故容器 A 輻射功率之減少量可表示成

$$\Delta P_A = (C_A + s_A m_A) \Delta T / \Delta t_A \quad (3)$$

容器 B 輻射功率之減少量可表示成

$$\Delta P_B = (C_B + s_B m_B) \Delta T / \Delta t_B \quad (4)$$

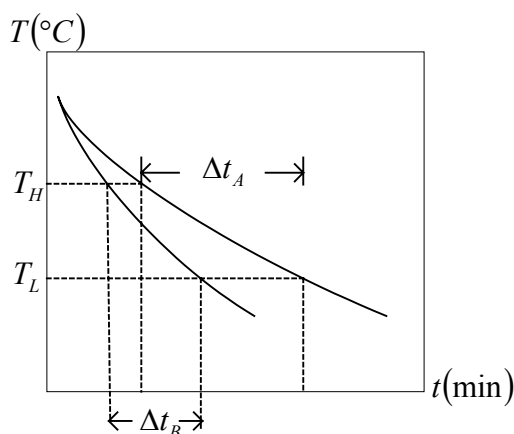
上兩式中， C_A 和 C_B 分別代表容器 A 與 B 之熱容量，而 s_A 和 s_B 則分別表示容器 A 與 B 內所裝之液體的比熱。

因兩容器材質完全相同，而且有相同的表面積 A ，故在相同的降溫區間 ($\Delta T = T_H - T_L$)，則 $\Delta P_A = \Delta P_B$ ，所以

$$\frac{C_A + s_A m_A}{\Delta t_A} = \frac{C_B + s_B m_B}{\Delta t_B} \quad (5)$$

若令容器 A 盛水，則 $s_A = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ ，則待測液體比熱可改寫為：

$$s_B = \frac{1}{m_B} \left[\frac{\Delta t_B}{\Delta t_A} (C_A + s_A m_A) - C_B \right] \quad (6)$$



圖(二) 冷卻曲線

三 【注意】

- (1) 銅杯口塗白漆者裝水，另一銅杯裝油，請勿相混。
- (2) 因加熱鍋功率較大，應避免同時使用。
- (3) 加熱鍋加熱約 50°C ，避免拿取時燙傷。
- (4) 實驗進行時，隨時注意銅杯中的水溫。

四 【實驗儀器】

不銹鋼槽(作為輻射空間)、卡計(小銅杯) 二個、不銹鋼溫度計三支、
加熱鍋、計時器、量筒、待測液

五 【實驗步驟】

- (1) 裝置儀器如圖(一)。
- (2) 先量兩卡計(小銅杯)的質量,分別記錄為 M_A 及 M_B ,然後於兩銅杯中分別加入約 20 c.c. 的純水及待測液,再量其總質量分別為 M'_A 與 M'_B ,由此計算純水及待測液的質量分別為 m_A 及 m_B 。
- (3) 置一溫度計於大銅杯中,量取環境溫度。
- (4) 將兩卡計各放置一溫度計,並設法量取溫度計浸入液體中的體積(先觀察溫度計浸入液體中之位置,再以量筒量之)。
- (5) 將兩卡計同時放入加熱鍋中加熱至約 50°C ,若兩卡計溫度上升速率不同,先將高溫者取出擦乾,待兩者溫度相似時,將其取出擦乾,確認兩卡計同為降溫行為時,放入大銅杯的輻射空間中。
- (6) 打開 Logger Pro 軟體,設定取樣頻率為每秒一次,持續時間為 30 分鐘,紀錄兩溫度計的讀數隨時間的變化(愈接近環境溫度愈理想)。
- (7) 從步驟(6)所得的數據,選擇適當的溫度範圍 ΔT ,並由圖中求得所需之冷卻時間 Δt_A 及 Δt_B ,代入公式(6)計算待測液的比熱。(銅的比熱 $0.090 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$,溫度計每單位體積的熱容量 $\cong 0.95 \text{ cal/c.c.}\cdot^\circ\text{C}$)。
- (8) 再選擇兩個以上之溫度變化範圍 ΔT ,重複步驟(7),並求其平均值。
- (9) 計算 \bar{s} 與 $\bar{\sigma}_s$ 。

六 【實驗記錄】

教師簽名：_____

(1) 待測液名稱：_____

卡計 A 質量 $M_A =$ _____ g，卡計 A 連水質量 $M'_A =$ _____ g，水質量 $m_A =$ _____ g

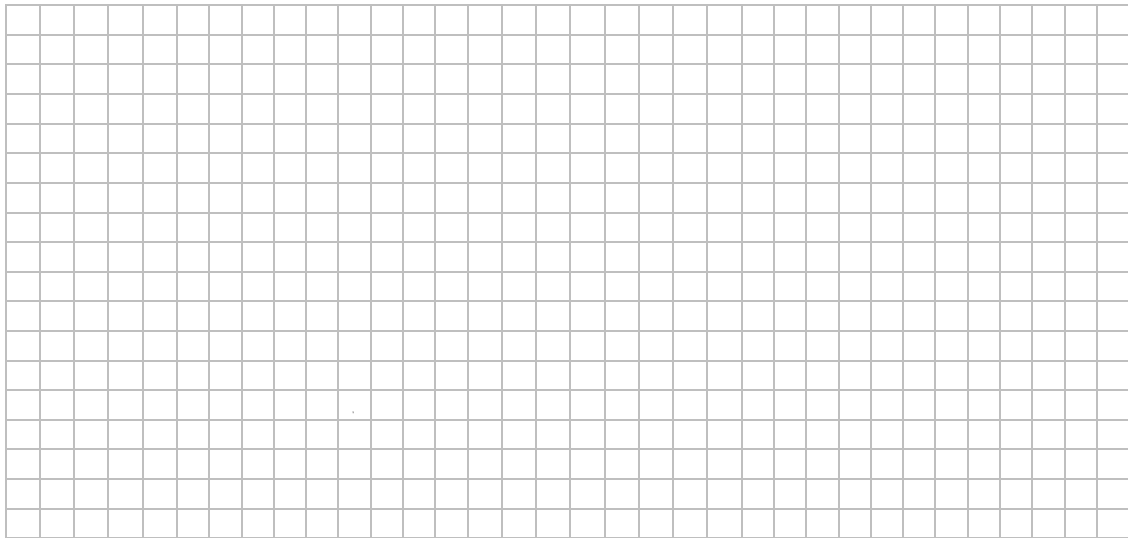
卡計 B 質量 $M_B =$ _____ g，卡計 B 連待測液質量 $M'_B =$ _____ g，待測液質量 $m_B =$ _____ g

溫度計沒入液面下之體積 $V_A =$ _____ c.c.， $V_B =$ _____ c.c.

卡計 A 之熱容量 $C_A = 0.090 M_A + 0.95 V_A =$ _____ cal /°C

卡計 B 之熱容量 $C_B = 0.090 M_B + 0.95 V_B =$ _____ cal /°C

(2) 冷卻曲線(使用方格紙)



(3) 待測液體比熱：

次數	高溫(T_H)	低溫(T_L)	溫度差 ΔT	時間差 Δt_A	時間差 Δt_B	待測液比熱 $s_B = S$	d_i
1							
2							
3							
4							
5							
6							
單位							
平均							

$\bar{s} =$

$\bar{\sigma}_s =$

$s = \bar{s} \pm \bar{\sigma}_s =$