

## 固體比熱實驗

目的：

利用混合法量測固體的比熱。

原理：

溫度的概念源自於我們對物體冷熱的一種感覺，而測量溫度的儀器就稱為溫度計。當兩個溫度不同的物體相接觸便會產生熱的流動，熱乃由高溫者流向低溫者，最後導致兩物體溫度趨於一致。換言之，只要溫度發生變化，即會產生熱的作用。今欲使一物體溫度升高，我們必須提供所需的熱量 $\Delta Q$ ，其大小與物體的質量 $m$ 及升高的溫度 $\Delta T$ 有關，可寫成下式：

$$\Delta Q = mc\Delta T \quad (1)$$

$c$ 稱為物體的比熱。因熱量是能量的一種形式，所以 $\Delta Q$ 的單位也是能量單位，一般表示能量的公制單位是焦耳。但習慣上，熱量的表示則使用特別的熱量單位「卡(cal)」，其單位大小就是讓一克的水升高攝氏溫度(或絕對溫度)一度所需的能量。在(1)式中，若 $\Delta Q$ 以卡表示， $m$ 以克表示， $\Delta T$ 以 $^{\circ}\text{C}$ 表示，則比熱 $c$ 的單位就是卡/克 $^{\circ}\text{C}$ 。很顯然的，比熱的大小就是把一克的該物體升高 $1^{\circ}\text{C}$ 所需的卡數。

$c \cdot m$ 稱為物體的熱容量，也就是要把物體升高一度所需的熱量，換言之，具有物體熱容量數值的水在改變溫度時所需的熱量和此物體是一樣的，因此，我們也把物體熱容量稱為物體水當量。若一物體係由許多不同的材料組合而成時，則只要將各材料的熱容量直接加在一起，就很容易求得它的總熱容量了。不過，值得注意的是：比熱是表示物體的性質，屬於一個重要的物理常數，而熱容量只是每個不同物體所具有的特殊物理量。

本實驗我們使用最簡單的混合法(the Method of Mixtures)來量測物體的比熱。所謂「混合法」，就是將待測物體與另一已知比熱的物體放在一起產生熱接觸以測量比熱。這裡我們首先把待測物體加熱，然後讓它掉入裝有冷水的卡計中，若卡計與周圍環境沒有熱交換，則卡計內待測物體失去的熱量等於卡計(包括冷水和容器)所獲得的熱量。如果將此熱平衡結果寫成方程式中，則此方程式中唯一的未知數即為待測物的比熱 $c_x$ ，則此方程式當然可以用來解 $c_x$ 。

今卡計乃由銅杯、攪拌器、溫度計與水所組成，若銅杯與攪拌器(因攪拌器為銅製)的總質量為 $m_s$ ，銅的比熱為 $0.0925$ ，則銅杯與攪拌器每 $1^{\circ}\text{C}$ 所吸收的熱量為 $0.0925 m_s$ ；而溫度計浸水部分每 $1^{\circ}\text{C}$ 所吸收的熱量則是浸水部分的體積 $V_T$ 乘以 $0.45$ ，即 $0.45 V_T$ ；至於內裝 $m_w$ 克的水，因水的比熱為 $1$ ，故水每 $1^{\circ}\text{C}$ 所吸收的熱量為 $m_w$ ，所以，整個卡計每 $1^{\circ}\text{C}$ 所吸收的熱量為： $(m_w + 0.0925 m_s + 0.45 V_T)$ 。

今有一金屬塊，質量為 $m_x$ ，比熱為 $c_x$ ，溫度為 $T_1$ ，投入初溫為 $T_0$ 的卡計，熱平衡後，整個卡計系統溫度上升到 $T_2$ ，則根據金屬塊失去的熱量和卡計吸收的

熱量必相等的條件下，由(1)式可得到下式：

$$m_x c_x (T_1 - T_2) = (m_w + 0.0925m_s + 0.45V_T)(T_2 - T_0)$$
$$\Rightarrow c_x = \frac{(m_w + 0.0925m_s + 0.45V_T)(T_2 - T_0)}{m_x (T_1 - T_2)} \quad (2)$$

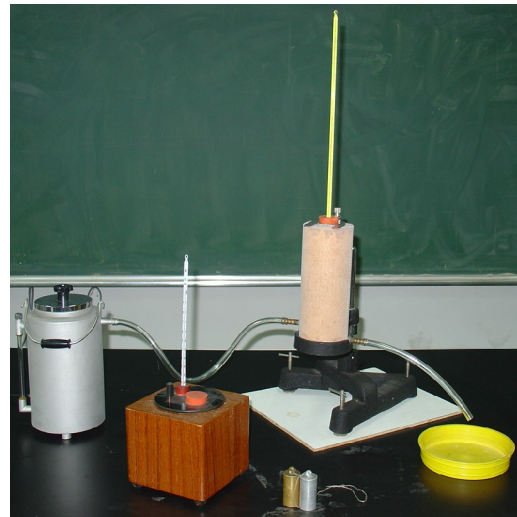
上式皆在卡計系統與實驗室間無熱交換情況下，才能成立，要符合此條件需使用絕熱良好的卡計。但實際上並無完美的絕熱卡計，實驗過程中必有些微熱量散失於外界，至於如何降低誤差，一般利用卡計的水初溫低於室溫，水將自實驗室獲得微小的熱量，投入金屬塊後，水溫高於室溫，水又將散失微小熱量於實驗室，此兩種熱量約可互相抵銷，而使誤差減至最小。

儀器：

溫度計(或溫度感測器)，雙層隔熱器、底座與支架、蒸氣鍋、量筒、待測金屬固體塊(銅、鋁、鋼)、磁鐵。

注意事項：

1. 當待測金屬由雙層隔熱器內投入卡計時，動作務須迅速以免散失熱量，並注意勿使水濺出卡計。
2. 卡計內水的質量  $m$  不可與待測金屬塊質量  $M$  相差過大，一般而言，量測待測金屬銅塊或鋼塊時， $M$  約等於  $m$ ，鋁塊應為  $2M = m$  (即水質量為鋁質量的兩倍)，鉛應為  $M = 2m$ 。
3. 雙層隔熱器底部活動金屬片有時縫隙太大易流失熱量，請利用磁鐵吸附固定。
4. 蒸氣鍋內的水不可加滿，大約加至 2/3 滿，並須注意持續補充水，避免水蒸乾導致蒸氣鍋燒壞。另外，加水需在實驗室內取水，實驗結束，勿將蒸氣鍋剩餘的高溫水倒入量筒，易造成量筒塑膠霧化，請直接倒入實驗室後方洗手台。



圖(1)

步驟：

1. 將蒸氣鍋蓋子打開加水至 2/3 滿，加熱當中須持續注意蒸氣鍋水位計的水量，若不足，須隨時補充水量。
2. 選取待測物(銅塊、鋼塊或鋁塊)，量取待測物之質量  $m_x$ ，填入表(1)。
3. 量取卡計內盛水銅杯與攪拌器之質量  $m_s$ ，填入表(1)。
4. 以量筒取適當的水(參閱注意事項 2)，倒入卡計銅杯內，由倒入水的體積可得水的質量  $m_w$ ，填入表(1)。

- 設法估測溫度計沒入水中部分的體積或直接以趨近值 2ml 填入  $V_T$  即可。
- 以細線繫銅塊，將其垂入雙層隔熱器內(最好位於隔熱器中央附近)，裝置如圖(1)所示，其中為了避免雙層隔熱器底部活動金屬片的縫隙太大導致熱量流失，請利用磁鐵加以吸附固定金屬片。
- 利用酒精溫度計(或開啟電腦溫度感測裝置)，讀取卡計內水溫  $T_0$ ，然後，將蒸氣鍋電源打開(須注意蒸氣鍋內是否已加水!)，利用蒸氣鍋所產生的熱蒸氣加熱雙層隔熱器內銅塊，當其溫度超過  $90^\circ\text{C}$  且穩定時，記錄其溫度為  $T_1$ ，填入表(1)。
- 打開雙層隔熱器底部的金屬片，並扭鬆上面的橡皮塞，使銅塊掉入卡計中。緩慢攪動攪拌器，並注意卡計上的溫度計讀數，直到溫度穩定，記錄此時的溫度為  $T_2$ ，填入表(1)。
- 代入(2)式求出銅塊之比熱，填入表(1)。
- 選取不同待測物重覆上述實驗步驟。(※此步驟列為選擇性!)

記錄與問題：

表(1) 固體比熱實驗記錄表

待測物	待測物質量 $m_x$	銅杯 + 攪拌器總質量 $m_s$	水質量 $m_w$	溫度計體積 $V_T$	卡計初溫 $T_0$	待測金屬高溫 $T_1$	平衡後溫度 $T_2$	比熱 $c_x$

- 根據實驗待測物所得之比熱與附錄的公認值比較，計算其百分誤差，並討論產生誤差的原因。
- 本實驗的雙層隔熱器有兩孔且位置高低不同，請說明此兩孔各有何功用？若兩孔接錯，則對實驗會有何影響？
- 本實驗的待測物為何須繫於雙層隔熱器內部中央位置處加熱？
- 為何鋁待測物之卡計內的水質量必須為鋁質量的兩倍？
- 請討論卡計內水量多寡對實驗結果的可能影響。
- 請問蒸氣鍋內的水為何不能加滿？

討論：

附錄：

固體比熱之公認值( $\text{cal}/\text{g}^\circ\text{C}$ )：

金屬固體	金	銀	銅	鋼	鋁	鉛
比熱	0.0309	0.056	0.0925	0.11-0.13	0.211	0.0304

參考文獻：

- 1.PASCO、LEYBOLD、群冠等儀器公司，實驗操作說明書，1990-1992。
- 2.徐子民，普物實驗，中大理學院物理系編印，1987年10月。
- 3.冉長壽，普物實驗，成大物理系編印，1990-91年。