

實驗十二 金屬熱傳導係數

目的

研習熱在金屬中的傳導現象，觀察金屬中不同處的溫度，進而推算出該金屬的熱傳導係數。

原理

使用一金屬棒，將其兩端保持不同的溫度，並測定其間每一小段的溫度，就可發現溫度作連續分佈。如此，相鄰兩小段之間，因為溫度差而發生的能量輸送或將熱藉分子的接觸由高溫傳至低溫處的現象，稱之熱傳導 (Heat Conduction)。

熱傳導的基本定律是由垂直於物體截面的線性熱流實驗結果，加以歸納推廣而得到的。如圖 12.1 所示，一金屬桿，長度為 L ，截面積為 A ，外面披覆一層非導體，金屬桿的兩端各保持固定的溫度 θ_1 及 θ_2 且 $\theta_1 > \theta_2$ ，經充分長時間後，桿內各點的溫度將由 θ_1 至 θ_2 逐漸等量下降，並且各點的溫度亦將保持不變，此情況稱為穩定狀態熱流。

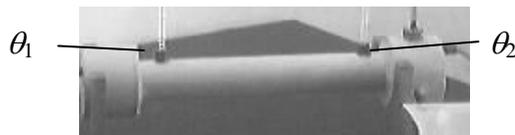


圖 12.1

在穩定狀態下，熱流經桿的速率是以桿的截面積 A 及兩端的溫度差 $\Delta\theta = (\theta_1 - \theta_2)$ 成正比，與桿長 L 成反比。再引進其間之比例常數 k 後就變成如方程式(12.1)所示

$$H = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = k \frac{A \Delta \theta}{L} = k \frac{A(\theta_1 - \theta_2)}{L} \quad (12.1)$$

k 稱為這物體的熱傳導係數 (Thermal Conductivity)，又稱為熱導率，其大小決定於桿的材料。(12.1) 式中， H 稱為熱流，即每單位時間流過金屬桿截面的熱量。一般所用單位熱流 H 是 卡/秒 (cal/s)，截面積 A 是平方公分 (cm^2)，桿

長 L 是公分 (cm)，溫度是 ($^{\circ}\text{C}$)，因此熱傳導係數的單位是 卡/(公分·秒· $^{\circ}\text{C}$)，以符號表示則為 ($\text{cal}/\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^{\circ}\text{C}$)。

從上述方程式，可見在金屬桿的長度、截面積及兩端溫度差都相同的情況下，熱傳導係數 k 越大的，熱流越大。所以 k 越大的物體是良好的熱導體，反之， k 越小的物體是不良的熱導體或良好的熱絕緣體。下表是一些物體的熱傳導係數的參考值：

金屬	($\text{cal}/\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^{\circ}\text{C}$)	金屬	($\text{cal}/\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^{\circ}\text{C}$)
鋁	0.49	鉛	0.083
黃銅	0.26	銀	0.97
銅	0.92	鋼	0.12

本實驗主要是測定金屬的熱傳導係數，則將前述 (12.1) 式整理如下：

$$k = \frac{L}{A\Delta\theta} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (12.2)$$

因此，只要能測量金屬棒的使用長度 L 、截面積 A 、兩端的溫度 $\Delta\theta$ 及熱流速率 $\Delta Q/\Delta t$ ，就能推算出熱傳導係數 k 值。在金屬中的熱流速率不易量測，因此本實驗中以水量計的方法來測定，其公式如下：

$$H = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{mc(\theta_3 - \theta_4)}{\Delta t} \quad (12.3)$$

式中， m 是所收集水的質量， c 是水的比熱， θ_3 及 θ_4 為金屬棒端及水槽內的水溫， Δt 是燒杯收集水的時間。

儀器

1. 熱傳導係數裝置：黃銅棒，直徑 3.46 cm，銅棒上兩溫度計孔間距離為 20 cm，兩端各密封一個銅管室，一端為蒸汽入口及出口，另一端為水之入口及出口。進出水處之銅管室也留一溫度計孔，整個裝置外面均覆上保溫材料，並放置於木架上固定之。
2. 水槽：容量 2000 cc，懸吊式，底部有一出水孔，附 1 m 長之橡皮管及水流調整閥。
3. 支架：A 字底座，100 cm 長鐵柱及吊水槽之支柱及接座。
4. 溫度計：100 °C、50 °C，各 2 支。
5. 蒸汽鍋：附電源線及 60 cm 長塑膠通氣管各 1 條。
6. 燒杯 2000 cc，2 個。
7. 上皿自動秤

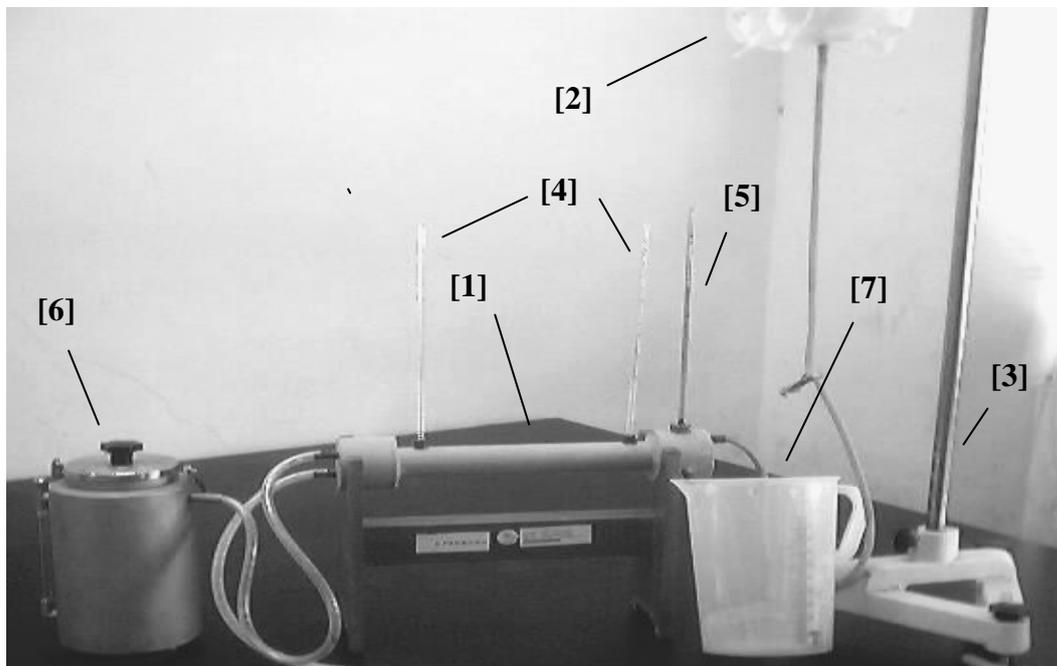


圖 12.2

步驟

1. 確定待測金屬棒的材質，並查出其熱傳導係數的公認值，記錄之。
2. 測量待測金屬棒之兩測溫處 (θ_1 與 θ_2) 間的距離，記為 L ，測金屬棒的直徑，記為 ϕ 。稱空燒杯的質量，記錄之。
3. 儀器裝置如圖 12.2，將蒸汽鍋的蒸汽出口以塑膠通氣管接至進氣口，出氣口則以另一塑膠管接出。水槽以橡皮管接至進水口，出水口則以另一橡皮管接出並使水能收集在燒杯中。
4. 兩支 100°C 溫度計放置於 θ_1 及 θ_2 處，另兩支 50°C 溫度計則置於 θ_3 及水槽內。
5. 當蒸汽鍋產生蒸汽引進儀器後，此時最重要的是如何使熱流成一穩定狀態，首先 θ_1 溫度會很快上升，接著 θ_2 也會緩慢上升， θ_3 上升更慢， θ_4 則保持水溫，使用調流閥調節水的流量。當 θ_1 之溫度上升至最高溫時，觀察 θ_2 與 θ_3 之溫度在約三分鐘內是否會改變，如有變化，則未達到穩定熱流，此時再調節水流，再觀察，直到 θ_2 與 θ_3 之溫度在幾分鐘內沒有變化，此時就是穩定熱流狀態。
6. 就此穩定熱流狀態，取稱過質量的空燒杯接由出水口流出的水，同時開始計時約五分鐘，此時觀察四支溫度計的溫度 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 ，並注意隨時補充水槽內的水，當時間約五分鐘時，計時停止同時移取集水之燒杯，稱其質量，並記錄之。
7. 將所得的數據代入公式，即可算出熱流及熱傳導係數 k ，並與公認值比較，再算出實驗百分誤差。

實驗十二 金屬的熱傳導係數實驗報告

一、待測物名稱：_____

熱傳導係數公認值：_____ (cal/cm · s · °C)

實驗長度 L (cm)	直徑 ϕ (cm)	半徑 r (cm)	截面積 A (cm ²)	高溫 θ_1 (°C)	低溫 θ_2 (°C)	溫度差 $\Delta\theta$ (°C)

二、熱流： $H = \Delta Q / \Delta t = mc(\theta_3 - \theta_4) / \Delta t$

水之比熱 $c =$ _____ (cal / g · °C)

高溫水 θ_3 (°C)	低溫水 θ_4 (°C)	冷卻水質量 m			時間 t (s)	熱流 H (cal/s)
		空杯重 (g)	盛水重(g)	水重 (g)		

三、熱傳導係數： $H = kA (L/\Delta\theta)$

$$k = (HL/A\Delta\theta) =$$

四、百分誤差(%) = _____