

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高中組 物理科

最佳(鄉土)教材獎

040107

利用熱傳導測量比熱和熔化熱

學校名稱：國立嘉義高級中學

<p>作者：</p> <p>高二 蔡宇凱</p> <p>高二 陳世昌</p> <p>高二 王子安</p>	<p>指導老師：</p> <p>周黛青</p>
--	-------------------------

關鍵詞： 比熱、熔化熱

# 摘要

我們利用水的升溫或降溫曲線求得本實驗儀器的高溫散熱率和低溫吸熱率。並利用散熱率或吸熱率得到作比熱實驗和冰熔化熱實驗時的散熱或吸熱，考慮到所列的公式內，而求出較準確的實驗值。

## 壹、研究動機：

物理實驗中熱學實驗常會比較不準，因做實驗時熱量散失或吸熱常很難避免，引發我們的興趣，是否可以設計實驗將散失的熱或所吸收的熱量測出來，考慮到實驗內，以期較準確測出實驗值。

## 貳、研究目的：

- 一、利用高中測量比熱的實驗器材測量金屬的比熱和冰的熔化熱，做為對照組。
- 二、實驗得本實驗裝置的散熱(吸熱)速率和溫度差的關係。
- 三、利用散熱速率和溫度差的關係求出做比熱實驗的散熱，進而求出銅、鋁、鹽和糖的比熱實驗值。
- 四、利用吸熱速率和溫度差的關係求出做冰熔化熱實驗的吸熱，進而求出冰熔化熱實驗值。

## 參、研究設備及器材：

- 一、廣口瓶(質量 193.00g、比熱  $0.2\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ )
- 二、鐵架、三腳夾
- 二、玻棒
- 三、水槽、水管
- 四、電子天平
- 五、量熱器
- 六、金屬(銅、鋁)、鹽、二號砂糖、冰塊、蒸餾水
- 八、溫度計二個(附 USB 電腦連接線)
- 九、電腦一台 (附 DataStudio 讀取數據軟體)
- 十、加熱器、鋼杯



圖一：量熱器



圖二：電子天平



圖三：實驗裝置

## 肆、實驗原理：

### 一、以量熱器測量金屬比熱和冰的熔化熱(對照組)

1. 測量熱器熱容量  $C$ ：冷水質量  $m_c$ 、溫度  $T_c$ ，熱水質量  $m_h$ 、溫度  $T_h$ ，加入熱水最高水溫  $T$ ，由放熱等於吸熱得：

$$m_h \times 1 \times (T_h - T) = C \times (T - T_c) + m_c \times 1 \times (T - T_c)$$

$$C = \frac{m_h \times 1 \times (T_h - T) - m_c \times 1 \times (T - T_c)}{(T - T_c)} \dots (1)$$

2. 測量金屬比熱  $s$ ：冷水質量  $m_c$ 、溫度  $T_c$ ，金屬質量  $m$ 、溫度  $T_m$ ，加入金屬最高水溫  $T$ ，由放熱等於吸熱得：

$$m \times s \times (T_m - T) = C \times (T - T_c) + m_c \times 1 \times (T - T_c)$$

$$s = \frac{C \times (T - T_c) + m_c \times 1 \times (T - T_c)}{m \times (T_m - T)} \dots (2)$$

3. 測量冰的熔化熱  $L$ ：冷水質量  $m_c$ 、溫度  $T_c$ ，冰質量  $m$ 、溫度  $T_i$ ，加入冰最低水溫  $T$ ，由放熱等於吸熱得：

$$m_c \times 1 \times (T_c - T) + C \times (T_c - T) = m \times L + m \times 1 \times (T - T_i)$$

$$L = \frac{m_c \times 1 \times (T_c - T) + C \times (T_c - T) - m \times 1 \times (T - T_i)}{m} \dots (3)$$

### 二、利用散熱速率和溫度差的關係求出金屬比熱

#### (一)求散熱速率和溫度差的關係曲線：

熱水質量  $m_{\text{水}}$ 、廣口瓶質量  $m_{\text{瓶}}$ 、玻璃棒質量  $m_{\text{玻}}$ ，內水溫  $T$  隨時間  $t$  變化，外水溫  $T_{\text{外}}$ ，內外溫差  $\Delta T_{\text{內外}} = T - T_{\text{外}}$ ：

廣口瓶溫度為  $\frac{T + T_{\text{外}}}{2}$ ，因  $T_{\text{外}}$  為固

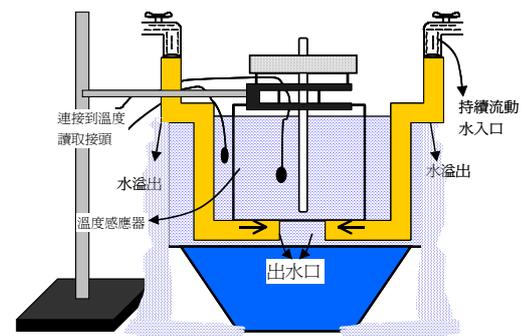
定所以廣口瓶溫度變化為  $\frac{\Delta T}{2}$

1. 散熱率 = 水放熱率 + 廣口瓶放熱率 + 玻璃棒放熱率

$$\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t} = m_{\text{水}} \times 1 \times \frac{\Delta T}{\Delta t} + m_{\text{瓶}} \times 0.2 \times \frac{\Delta T}{\Delta t} \times \frac{1}{2} + m_{\text{玻}} \times 0.2 \times \frac{\Delta T}{\Delta t} \dots (4)$$

2. 將時間換成內外溫差，則得  $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t} - \Delta T_{\text{內外}}$  的關係，並用

線性迴歸求得直線方程式。



圖四：實驗裝置示意圖

(二)求待測物體(金屬或鹽或砂糖)降溫的過程的總散熱，並求出待測物體的比熱：

待測物體質量  $m$ 、比熱  $s$ 、從  $T_o$  降溫到  $T_f$ ，其它符號同(一)

1. 將熱水和待測物體的降溫曲線  $T-t$ ，處理成  $\Delta T_{\text{內外}}-t$ ，將

$\Delta T_{\text{內外}}$  代入  $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t} - \Delta T_{\text{內外}}$  的直線方程式得  $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t} - t$  的關係曲線，再利用 excel 試算表軟體得曲線的方程式，利用積分得此時段內的總散熱  $\Delta H_{\text{散熱}}$ 。

2. 總散熱=水放熱+金屬放熱+廣口瓶放熱+玻棒放熱：求得待測物體比熱

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{散熱}} = & m_{\text{水}} \times 1 \times (T_f - T_o) + m \times s \times (T_f - T_o) \\ & + m_{\text{瓶}} \times 0.2 \times (T_f - T_o) \times \frac{1}{2} + m_{\text{玻}} \times 0.2 \times (T_f - T_o) \end{aligned} \quad \dots (5)$$

三、利用吸熱速率和溫度差的關係求冰熔化熱

(一)求吸熱速率和溫度差的關係曲線：

水(冰+冷水)質量  $m_{\text{水}}$ ，其它符號同二(一)：

1. 吸熱率=水吸熱率+廣口瓶吸熱率+玻棒吸熱率

$$\frac{\Delta H_{\text{吸熱}}}{\Delta t} = m_{\text{水}} \times 1 \times \frac{\Delta T}{\Delta t} + m_{\text{瓶}} \times 0.2 \times \frac{\Delta T}{\Delta t} \times \frac{1}{2} + m_{\text{玻}} \times 0.2 \times \frac{\Delta T}{\Delta t} \quad \dots (6)$$

2. 將時間換成內外溫差，則得  $\frac{\Delta H_{\text{吸熱}}}{\Delta t} - \Delta T_{\text{內外}}$  的關係，並用線性迴歸求得直線方程式。

(二)求冰水降溫的過程的總吸熱，並求出冰的熔化熱：

冰質量  $m_{\text{冰}}$ 、熔化熱  $L$ 、溫度  $T_{\text{冰}}$ 、冰水從  $T_o$  降溫到  $T_f$ ，其它符號同(一)

1. 將冰水的降溫曲線  $T-t$ ，變成  $\Delta T_{\text{內外}}-t$ ，將  $\Delta T_{\text{內外}}$  代入

$\frac{\Delta H_{\text{吸熱}}}{\Delta t} - \Delta T_{\text{內外}}$  的直線方程式得  $\frac{\Delta H_{\text{吸熱}}}{\Delta t} - t$  的關係曲線，再利用 excel 試算表軟體得曲線的方程式，利用積分得此時段內的總吸熱  $\Delta H_{\text{吸熱}}$ 。

2. 冰熔化熱+冰變的水吸熱升溫=水放熱+廣口瓶放熱+玻棒放熱+總吸熱：求得冰的熔化熱

$$m_{\text{冰}} \times L + m_{\text{冰變水}} \times 1 \times (T_f - T_{\text{冰}}) = m_{\text{水}} \times 1 \times (T_o - T_f) + m_{\text{瓶}} \times 0.2 \times (T_o - T_f) \times \frac{1}{2} \dots (7)$$

$$+ m_{\text{玻}} \times 0.2 \times (T_o - T_f) + \Delta H_{\text{吸熱}}$$

## 伍、研究過程與方法：

### 一、以量熱器測量金屬比熱

1. 量熱器裝入冷水，並量測溫度，加入已量測溫度的熱水，攪拌並量測加入熱水後的最高水溫。以電子天平測量所加的冷水質量和熱水質量。計算出量熱器熱容量。
2. 量熱器裝入冷水，並量測溫度，加入已量測溫度的金屬(銅和鋁)，攪拌並量測加入熱金屬後的最高水溫。以電子天平測量所加的冷水質量。計算出量熱器熱容量。

### 二、以量熱器測量冰熔化熱

1. 量熱器裝入冷水，並量測溫度，加入已量測溫度和擦乾的冰，攪拌並量測加入冰後的最低水溫。以電子天平測量所加的冷水質量和冰質量。計算出冰的熔化熱。

### 三、以如圖四之實驗裝置測量待測物體比熱

1. 將實驗裝置裝置好，如圖四，將自來水打開讓水持續流動，使外水溫在實驗時儘量維持定溫。
2. 將熱水加入廣口瓶內，用玻棒隨時攪拌，使瓶內水溫各處儘快相同。兩個溫度感應器接到電腦，同時測量內外水溫隨時間的變化關係。
3. 將熱水和熱銅塊(或鋁塊或糖或鹽)加入廣口瓶內，重複步驟 2。
4. 以電子天平測量各實驗所加的水質量和銅塊(或鋁塊或糖或鹽)質量。

### 四、以如圖四之實驗裝置測量冰熔化熱

1. 將冷水加入廣口瓶內，加入擦乾的冰，用玻棒隨時攪拌，兩個溫度感應器接到電腦，同時測量內外水溫隨時間的變化關係。
2. 以電子天平測量各所加的水質量和冰質量。

## 陸、研究結果：

### 一、以量熱器測量金屬比熱和冰的熔化熱(對照組)

1. 測量量熱器熱容量  $C$ ：各組數據如表一，將各組數據分別代入(1)式可得熱容量實驗值  $C$ 。

表一：測量熱器熱容量的量測數據

	第一組	第二組	第三組	第四組
冷水質量 $m_c(\text{g})$	231.63	132.74	180.64	156.49
冷水溫度 $T_c(^{\circ}\text{C})$	29.90	30.50	30.60	30.61
熱水質量 $m_h(\text{g})$	125.23	181.06	143.98	160.03
熱水溫度 $T_h(^{\circ}\text{C})$	84.09	91.08	85.61	82.33
平衡溫度 $T(^{\circ}\text{C})$	47.79	62.87	53.43	54.94
熱容量實驗值 $C(\text{cal/g})$	22.47	25.05	22.31	23.67
熱容量平均 $\pm$ 平均標準差 $\bar{C} \pm \sigma_C(\text{cal/g})$	23.38 $\pm$ 0.64			

2. 測量金屬比熱  $s$ ：

- (1)銅：各組數據如表二，將各組數據分別代入(2)式可得銅比熱實驗值  $s$ ，銅比熱正確值為  $0.092\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ ，各組誤差分別記錄於表中。

表二：利用量熱器測量銅比熱的量測數據

	第一組	第二組	第三組	第四組
銅質量 $m(\text{g})$	151.5	151.5	151.5	151.5
銅溫度 $T_m(^{\circ}\text{C})$	98	98.8	98.9	98.5
冷水質量 $m_c(\text{g})$	166.5	209.3	198.7	203.5
冷水溫度 $T_c(^{\circ}\text{C})$	24.8	29.65	29.36	29.47
平衡溫度 $T(^{\circ}\text{C})$	30.8	34.9	34.7	34.5
銅比熱實驗值 $s(\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C})$	0.112	0.126	0.122	0.118
百分誤差	22.7%	36.9%	32.6%	28.3%
銅比熱平均 $\pm$ 平均標準差 $\bar{s} \pm \sigma_s(\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C})$	0.120 $\pm$ 0.003			

(2)鋁：各組數據如表三，將各組數據分別代入(2)式可得鋁比熱實驗值  $s$ ，鋁比熱正確值為  $0.215 \text{ cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ ，各組誤差分別記錄於表中。

表三：利用量熱器測量鋁比熱的量測數據

	第一組	第二組	第三組	第四組
鋁質量 $m(\text{g})$	49.90	49.90	49.90	49.90
鋁溫度 $T_m(^{\circ}\text{C})$	98.80	98.70	99.00	98.90
冷水質量 $m_c(\text{g})$	273.82	253.26	260.66	185.82
冷水溫度 $T_c(^{\circ}\text{C})$	29.57	29.55	29.71	29.52
平衡溫度 $T(^{\circ}\text{C})$	32.25	32.76	32.77	33.66
鋁比熱實驗值 $s(\text{cal/ g}^{\circ}\text{C})$	0.240	0.270	0.262	0.266
百分誤差	11.6%	25.6%	21.9%	23.7%
鋁比熱平均 $\pm$ 平均標準差 $\bar{s} \pm \sigma_s(\text{cal/ g}^{\circ}\text{C})$	0.260 $\pm$ 0.007			

3. 測量冰的熔化熱  $L$ ：各組數據如表四，將各組數據分別代入(3)式可得冰熔化熱實驗值  $L$ ，冰熔化熱正確值為  $80\text{cal/g}$ ，各組誤差分別記錄於表中。

表四：利用量熱器測量冰熔化的量測數據

	第一組	第二組	第三組	第四組
冰質量 $m(\text{g})$	26.78	28.22	30.19	20.35
冰溫度 $T_i(^{\circ}\text{C})$	0.3	0.5	0.4	0.5
冷水質量 $m_c(\text{g})$	225.54	206.98	203.5	189.66
冷水溫度 $T_c(^{\circ}\text{C})$	21.2	26.56	26.73	24.64
平衡溫度 $T(^{\circ}\text{C})$	11.92	15.55	14.93	16.1
冰熔化熱實驗值 $L(\text{cal/g})$	74.64	74.82	74.15	73.8
百分誤差	-6.77%	-6.5%	-7.3%	-7.8%
冰熔化熱平均 $\pm$ 平均標準差 $\bar{L} \pm \sigma_L(\text{cal/g})$	74.35 $\pm$ 0.23			

二、利用散熱速率和溫度差的關係求出金屬和糖、鹽的比熱

(一)求散熱速率和溫度差的關係曲線：

1.第一組實驗：

$m_{\text{水}}=240.03\text{g}$ 、 $m_{\text{瓶}}=193.00\text{g}$ 、 $m_{\text{玻}}=10\text{g}$ ， $T_{\text{外}}=25.16^{\circ}\text{C}$ ，

(1)熱水的降溫曲線為圖五-1。

(2)求每一小段溫度差的溫度差隨時間變化率  $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ ，數據如

附錄表一，並代入(4)式得  $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$ 。

(3)得  $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$  和  $\Delta T_{\text{內外}}$  的關係為成正比，如圖五-2，線性回

歸得直線方程式： $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}=1.2647\Delta T_{\text{內外}}$ 。

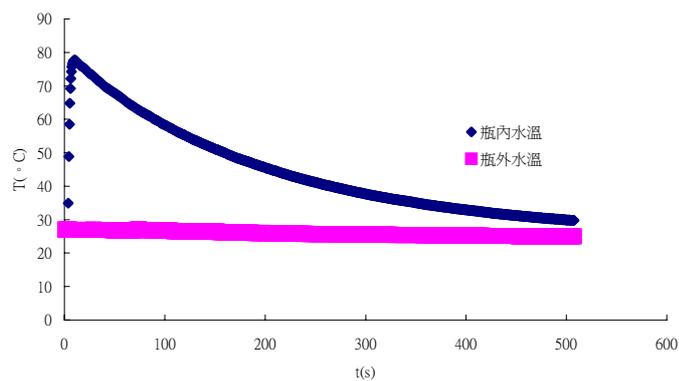


圖 五-1：熱水在廣口瓶內降溫  $T(^{\circ}\text{C})-t(\text{s})$  曲線

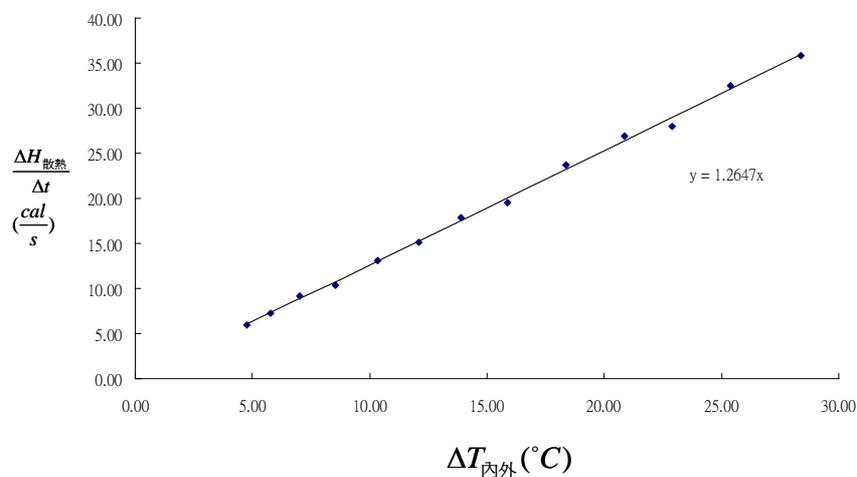


圖 五-2： $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$  對  $\Delta T_{\text{內外}}$  的關係曲線

2.第二組實驗：

$m_{\text{水}}=195.21\text{g}$ 、 $m_{\text{瓶}}=190.21\text{g}$ 、 $m_{\text{玻}}=10\text{g}$ ， $T_{\text{外}}=25.5^{\circ}\text{C}$ ，

(1)熱水的降溫曲線為圖六-1。

(2)同上法得  $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$  和  $\Delta T_{\text{內外}}$  的關係為成正比，如圖六-2，

線性回歸得直線方程式： $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}=1.2528\Delta T_{\text{內外}}$ 。

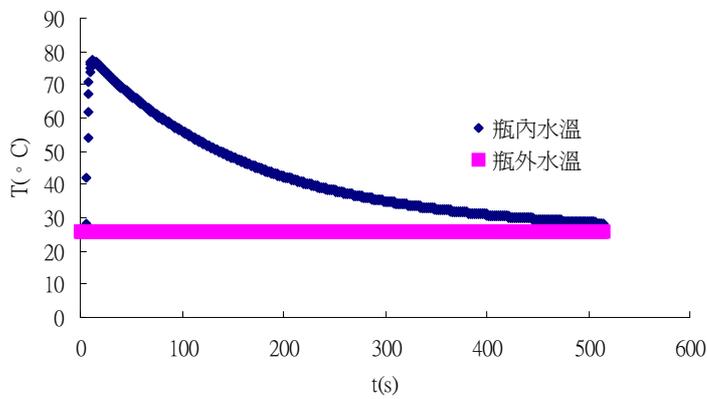


圖 六-1：熱水在廣口瓶內降溫  $T(^{\circ}\text{C})-t(\text{s})$  曲線

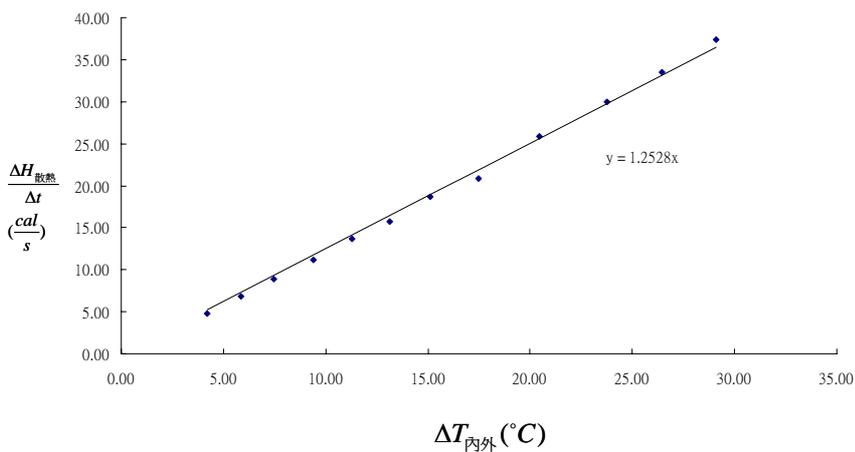


圖 六-2： $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$  對  $\Delta T_{\text{內外}}$  的關係曲線

3.第三組實驗：

$m_{\text{水}}=200.07\text{g}$ 、 $m_{\text{瓶}}=193.00\text{g}$ 、 $m_{\text{玻}}=10\text{g}$ ， $T_{\text{外}}=25.00^{\circ}\text{C}$ ，

(1) 熱水的降溫曲線為圖七-1。

(2) 同上法得  $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$  和  $\Delta T_{\text{內外}}$  的關係為成正比，如圖七-2，

線性回歸得直線方程式： $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}=1.2571\Delta T_{\text{內外}}$ 。

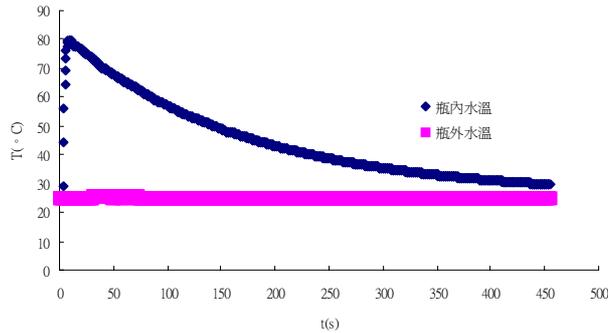


圖 七-1：熱水在廣口瓶內降溫  $T(^{\circ}\text{C})$ - $t(\text{s})$  曲線

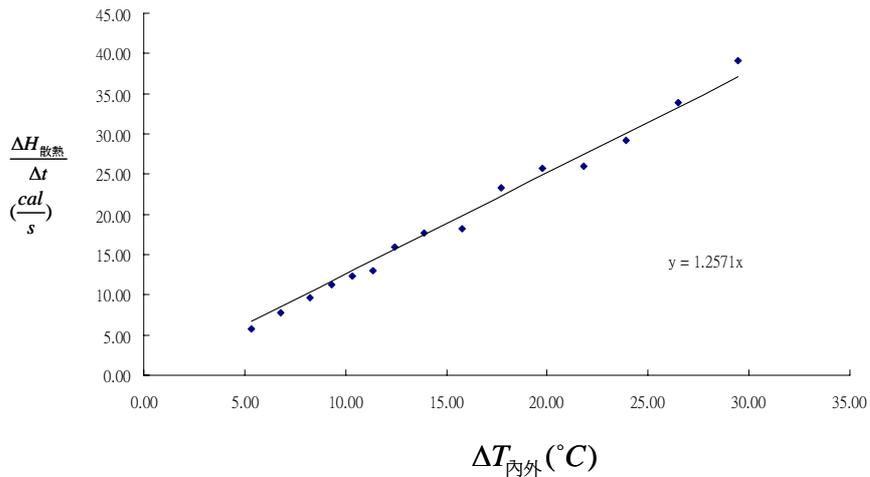


圖 七-2： $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$  對  $\Delta T_{\text{內外}}$  的關係曲線

4. 三組實驗結果整理：如表五，斜率平均值為 1.2604。

表五：廣口瓶  $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$ - $\Delta T_{\text{內外}}$  的斜率實驗數據

	第一組	第二組	第三組
斜率	1.2647	1.2594	1.2571
斜率平均±平均標準差	1.2604±0.0046		

(二)求金屬降溫的過程的總散熱，並求金屬得比熱：

a、銅：

1.第一組實驗：

$m=150.53\text{g}$ ， $m_{\text{水}}=211.00\text{g}$ 、 $m_{\text{瓶}}=193.00\text{g}$ 、 $m_{\text{玻}}=10\text{g}$ ， $T_{\text{外}}=26.4^{\circ}\text{C}$ ，

(1)熱水和銅塊的降溫曲線為圖八-1。

(2)取  $53.93^{\circ}\text{C}$  降到  $32.25^{\circ}\text{C}$ ，將  $\Delta T_{\text{內外}}$  代入  $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t} = 1.2604\Delta T_{\text{內外}}$  得數

據如附錄表二，畫成  $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t} - t$  的關係曲線如圖八-2，吻合的

曲線方程式為

$$y = 9 \times 10^{-10} t^4 - 9 \times 10^{-7} t^3 + 0.0005 t^2 - 0.182 t + 34.702$$

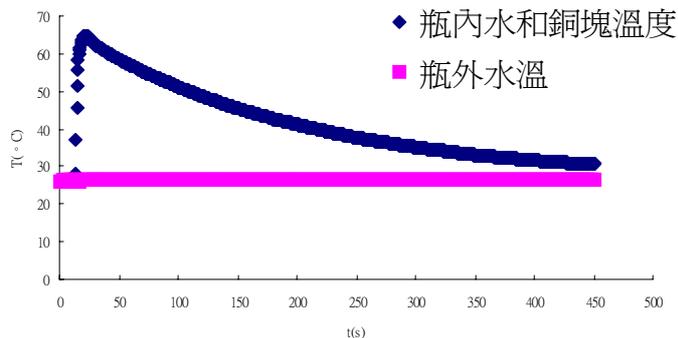
積分得此時段 0~300s 內的總散熱：

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{散熱}} &= \int_0^{300} (9 \times 10^{-10} t^4 - 9 \times 10^{-7} t^3 + 0.0005 t^2 - 0.182 t + 34.702) dt \\ &= \frac{9 \times 10^{-10}}{5} t^5 - \frac{9 \times 10^{-7}}{4} t^4 + \frac{0.0005}{3} t^3 - \frac{0.182}{2} t^2 + 34.702 t + c_1 \Big|_0^{300} \\ &= 5335.5 (\text{cal}) \end{aligned}$$

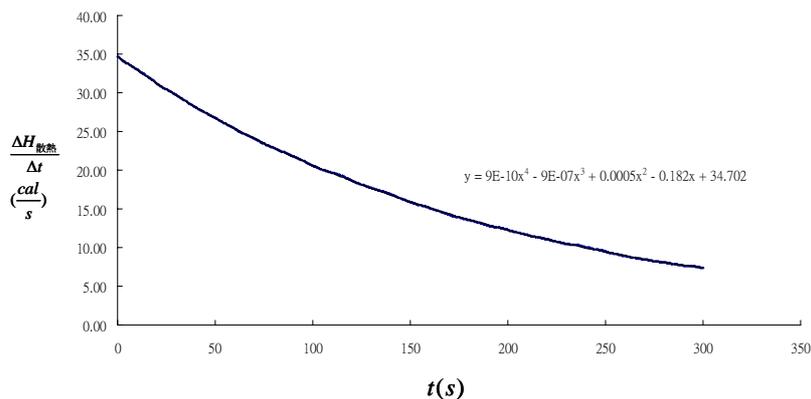
(3)  $T_f - T_o = 3.93 - 32.25 = 21.68$  代入(5) 式

$$5335.5 = 211.00 \times 1 \times 21.68 + 150.53 \times s \times 21.68 + 193.00 \times 0.2 \times 21.68 \times \frac{1}{2} + 10 \times 0.2 \times 21.68$$

得銅比熱  $s=0.0917\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ 。



圖八-1：熱水和銅塊的降溫  $T(^{\circ}\text{C})-t(\text{s})$  曲線



圖八-2:熱水和銅塊的降溫時的  $\frac{\Delta H_{散熱}}{\Delta t} - t$  的關係曲線

2.第二組實驗：

$m=150.53\text{g}$ ， $m_{水}=205.51\text{g}$ 、 $m_{瓶}=193.00\text{g}$ 、 $m_{玻}=10\text{g}$ ， $T_{外}=26.4^{\circ}\text{C}$ ，

(1)熱水和銅塊的降溫曲線為圖九-1。

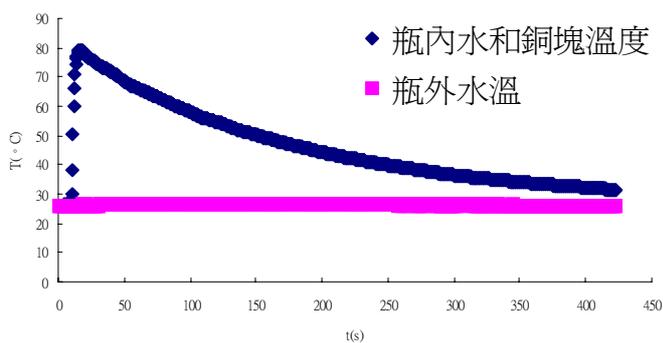
(2)取  $55.13^{\circ}\text{C}$  降到  $31.63^{\circ}\text{C}$ ，同上，將所得數據畫成  $\frac{\Delta H_{散熱}}{\Delta t} - t$  的

關係曲線如圖九-2，吻合的曲線方程式為

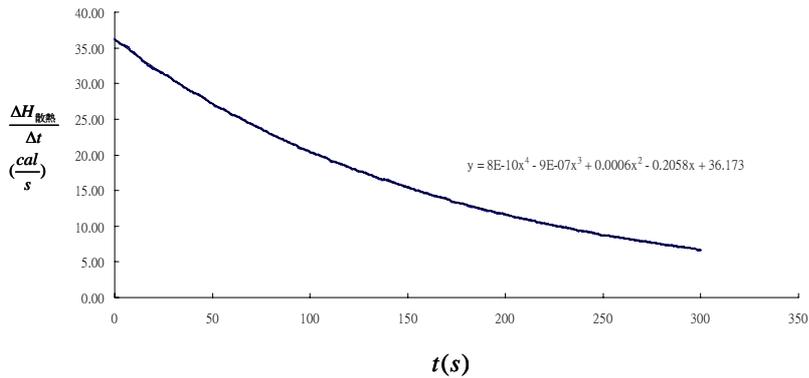
$$y = 8 \times 10^{-10} t^4 - 9 \times 10^{-7} t^3 + 0.0006 t^2 - 0.2058 t + 36.173$$

積分得此時段 0~300s 內的總散熱  $\Delta H_{散熱} = 5556.9(\text{cal})$

(3)代入(5) 式得銅比熱  $s=0.0915\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ 。



圖九-1：熱水和銅塊的降溫  $T(^{\circ}\text{C})-t(\text{s})$  曲線



圖九-2：熱水和銅塊的降溫時的  $\frac{\Delta H_{散熱}}{\Delta t} - t$  的關係曲線

### 3.第三組實驗：

$m=150.53g$ ， $m_{水}=206.69g$ 、 $m_{瓶}=193.00g$ 、 $m_{玻}=10g$ ， $T_{外}=26.77^{\circ}C$ ，

(1)熱水和銅塊的降溫曲線為圖十-1。

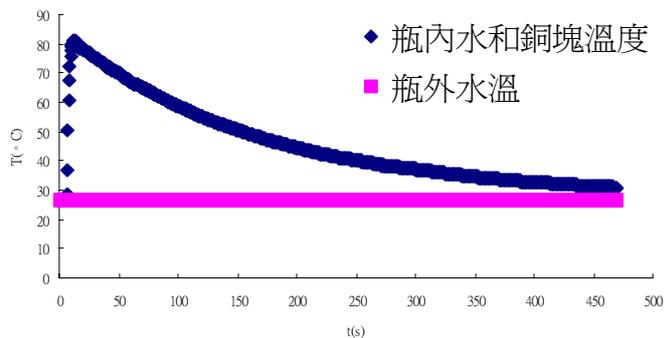
(2)取  $57.07^{\circ}C$  降到  $32.45^{\circ}C$ ，同上，將所得數據畫成  $\frac{\Delta H_{散熱}}{\Delta t} - t$  的

關係曲線如圖十-2，吻合的曲線方程式為

$$y = 9 \times 10^{-10} t^4 - 1 \times 10^{-6} t^3 + 0.0007 t^2 - 0.2286 t + 38.082$$

積分得此時段 0~300s 內的總散熱  $\Delta H_{散熱} = 5850.0 (cal)$

(3)代入(5) 式得銅比熱  $s=0.0912 cal/g \cdot ^{\circ}C$ 。



圖十-1：熱水和銅塊的降溫  $T(^{\circ}C)-t(s)$  曲線

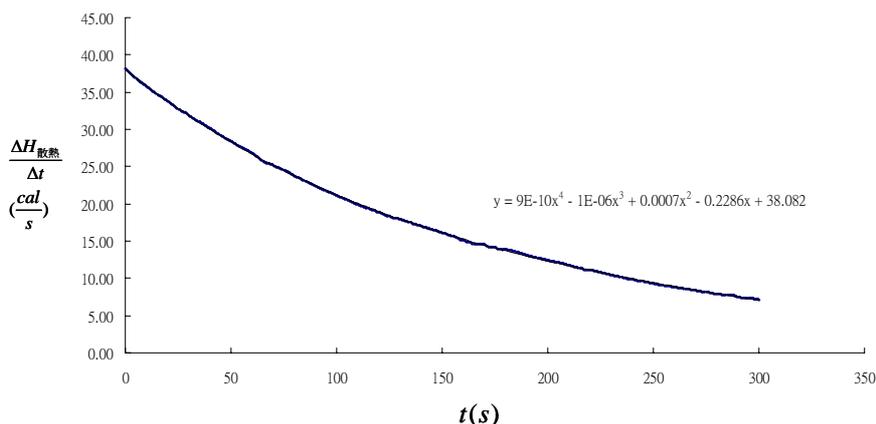


圖 十-2：熱水和銅塊的降溫時的  $\frac{\Delta H_{散熱}}{\Delta t} - t$  的關係曲線

4. 三組實驗結果整理：銅比熱正確值為  $0.092\text{cal/g}\cdot^\circ\text{C}$ ，各組誤差分別記錄於表六中。

表六：銅比熱實驗值和誤差

	第一組	第二組	第三組
銅比熱實驗值 $s(\text{cal/ g}\cdot^\circ\text{C})$	0.0917	0.0915	0.0912
百分誤差	-0.33%	-0.54%	-0.87%
銅比熱平均 $\pm$ 平均標準差 $\bar{s} \pm \sigma_s(\text{cal/ g}\cdot^\circ\text{C})$	0.0915 $\pm$ 0.0003		

b、鋁：

1.第一組實驗：

$m=49.90\text{g}$ ， $m_{水}=203.70\text{g}$ 、 $m_{瓶}=193.00\text{g}$ 、 $m_{玻}=10\text{g}$ ， $T_{外}=26.01^\circ\text{C}$ ，

(1)熱水和鋁塊的降溫曲線為圖十一-1。

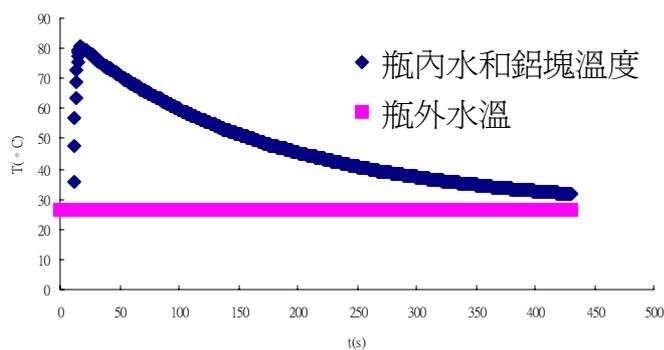
(2)取  $55.94^\circ\text{C}$  降到  $31.98^\circ\text{C}$ ，同銅處理方式，將所得數據畫成

$\frac{\Delta H_{散熱}}{\Delta t} - t$ 的關係曲線如圖十一-2，吻合的曲線方程式為

$$y = 9 \times 10^{-10} t^4 - 1 \times 10^{-6} t^3 + 0.0006 t^2 - 0.2089 t + 37.639$$

積分得此時段  $0\sim 300\text{s}$  內的總散熱  $\Delta H_{散熱} = 5642.85(\text{cal})$

(3)代入(5) 式得鋁比熱  $s=0.2106\text{cal/g}\cdot^\circ\text{C}$ 。



圖十一-1：熱水和鋁塊的降溫  $T(^{\circ}\text{C})-t(\text{s})$  曲線

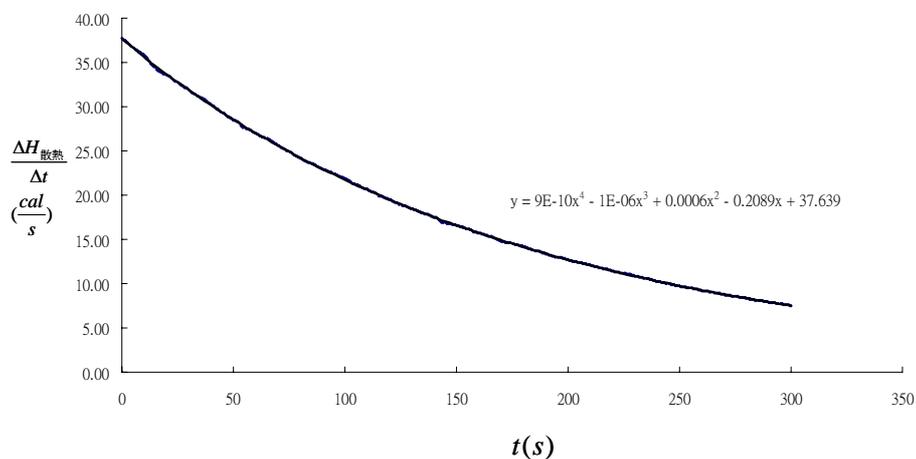


圖 十一-2：熱水和鋁塊的降溫時的  $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t} - t$  的關係曲線

## 2. 第二組實驗：

$m=49.90\text{g}$ 、 $m_{\text{水}}=200.43\text{g}$ 、 $m_{\text{瓶}}=193.00\text{g}$ 、 $m_{\text{玻}}=10\text{g}$ 、 $T_{\text{外}}=26.02^{\circ}\text{C}$ ，

(1) 熱水和銅塊的降溫曲線為圖十二-1。

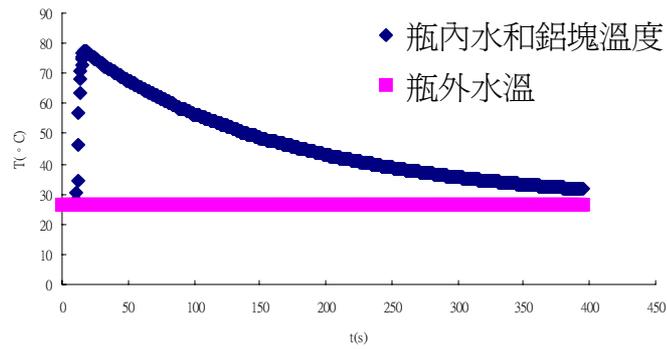
(2) 取  $55.98^{\circ}\text{C}$  降到  $31.64^{\circ}\text{C}$ ，同上，將所得數據畫成  $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t} - t$  的

關係曲線如圖十二-2，吻合的曲線方程式為

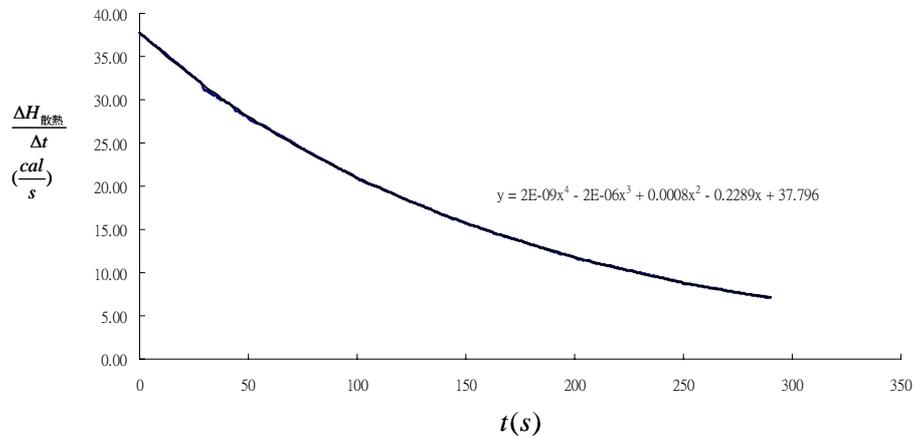
$$y = 2 \times 10^{-9} t^4 - 2 \times 10^{-6} t^3 + 0.0008 t^2 - 0.2298 t + 37.796$$

積分得此時段 0~300s 內的總散熱  $\Delta H_{\text{散熱}} = 5653.83(\text{cal})$

(3) 代入(5) 式得鋁比熱  $s = 0.2115 \text{cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$ 。



圖十二-1：熱水和鋁塊的降溫  $T(^{\circ}\text{C})-t(\text{s})$  曲線



圖十二-2：熱水和鋁塊的降溫時的  $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t} - t$  的關係曲線

### 3. 第三組實驗：

$m=49.90\text{g}$ ， $m_{\text{水}}=200.03\text{g}$ 、 $m_{\text{瓶}}=193.00\text{g}$ 、 $m_{\text{玻}}=10\text{g}$ ， $T_{\text{外}}=27.00^{\circ}\text{C}$ ，

(1) 熱水和鋁塊的降溫曲線為圖十三-1。

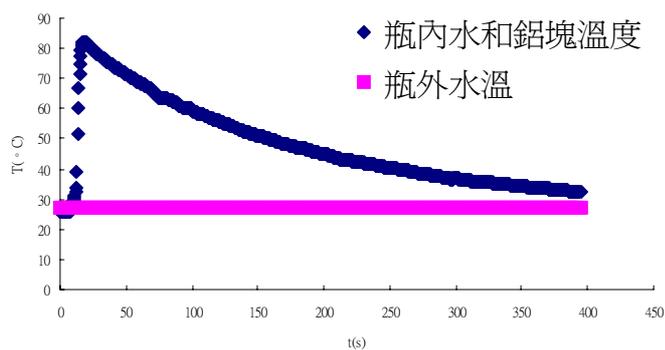
(2) 取  $59.06^{\circ}\text{C}$  降到  $31.11^{\circ}\text{C}$ ，同上，將所得數據畫成  $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t} - t$  的

關係曲線如圖十三-2，吻合的曲線方程式為

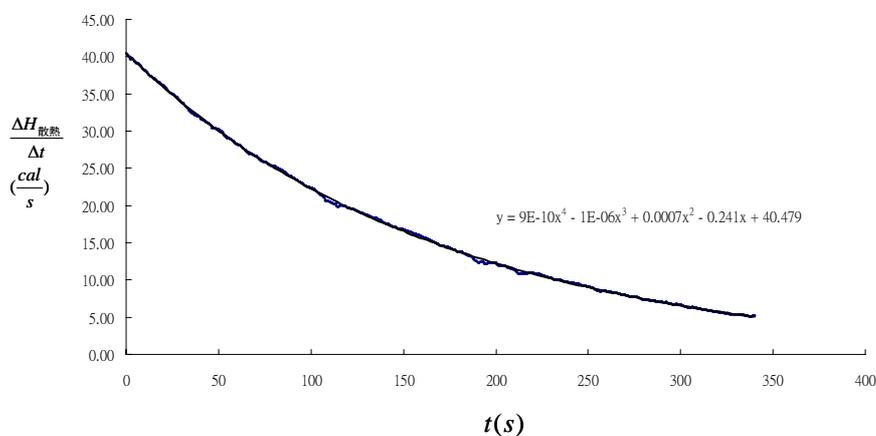
$$y = 9 \times 10^{-10} t^4 - 1 \times 10^{-6} t^3 + 0.0007 t^2 - 0.241 t + 40.479$$

積分得此時段 0~300s 內的總散熱  $\Delta H_{\text{散熱}} = 6480.99(\text{cal})$

(3) 代入(5) 式得鋁比熱  $s=0.2114\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ 。



圖十三-1：熱水和鋁塊的降溫  $T(^{\circ}\text{C})-t(\text{s})$  曲線



圖十三-2：熱水和鋁塊的降溫時的  $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$  -  $t$  的關係曲線

4. 三組實驗結果整理：鋁比熱正確值為  $0.215\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ ，各組誤差分別記錄於表七中。

表七：鋁比熱實驗值和誤差

	第一組	第二組	第三組
鋁比熱實驗值 $s(\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C})$	0.2106	0.2115	0.2114
百分誤差	-2.05%	-1.63%	-1.67%
鋁比熱平均 $\pm$ 平均標準差 $\bar{s} \pm \sigma_s$ ( $\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ )	0.2112 $\pm$ 0.0007		

c、糖：

1.第一組實驗：

$m=49.46\text{g}$ 、 $m_{\text{水}}=197.83\text{g}$ 、 $m_{\text{瓶}}=193.00\text{g}$ 、 $m_{\text{玻}}=10\text{g}$ 、 $T_{\text{外}}=23.11^{\circ}\text{C}$ ，

(1)熱水和糖的降溫曲線為圖十四-1。

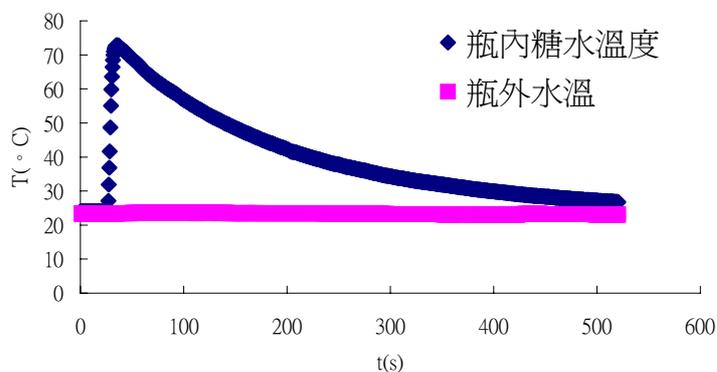
(2)取  $55.03^{\circ}\text{C}$  降到  $26.97^{\circ}\text{C}$ ，同銅處理方式，將所得數據畫成

$\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$  的關係曲線如圖十四-2，吻合的曲線方程式為

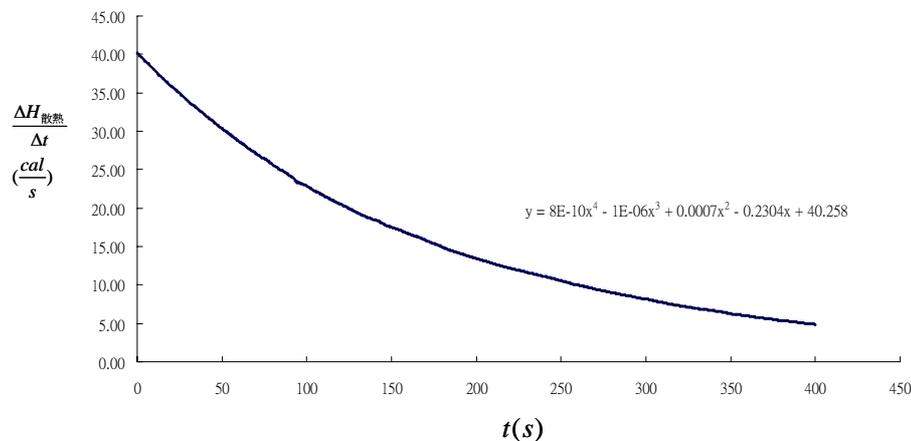
$$y = 8 \times 10^{-10} t^4 - 1 \times 10^{-6} t^3 + 0.0007 t^2 - 0.2304 t + 40.258$$

積分得此時段 0~400s 內的總散熱  $\Delta H_{\text{散熱}} = 6562.93(\text{cal})$

(3)代入(5) 式得糖比熱  $s=0.2984\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ 。



圖十四-1：熱水和糖的降溫  $T(^{\circ}\text{C})-t(\text{s})$  曲線



圖十四-2：熱水和糖的降溫時的  $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$  的關係曲線

2.第二組實驗：

$m=49.70\text{g}$ 、 $m_{\text{水}}=198.50\text{g}$ 、 $m_{\text{瓶}}=193.00\text{g}$ 、 $m_{\text{玻}}=10\text{g}$ 、 $T_{\text{外}}=23.95^{\circ}\text{C}$ ，

(1)熱水和糖的降溫曲線為圖十五-1。

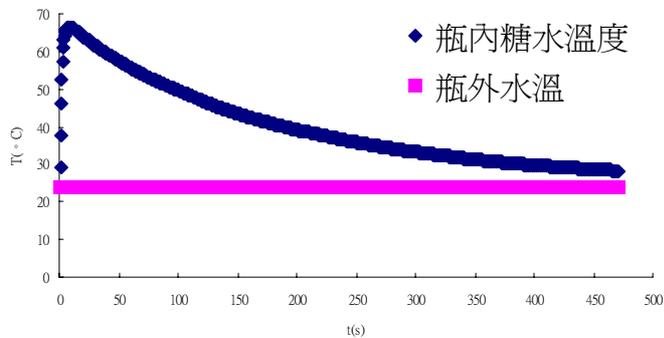
(2)取  $53.98^{\circ}\text{C}$  降到  $28.21^{\circ}\text{C}$ ，同上，將所得數據畫成  $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$  的

關係曲線如圖十五-2，吻合的曲線方程式為

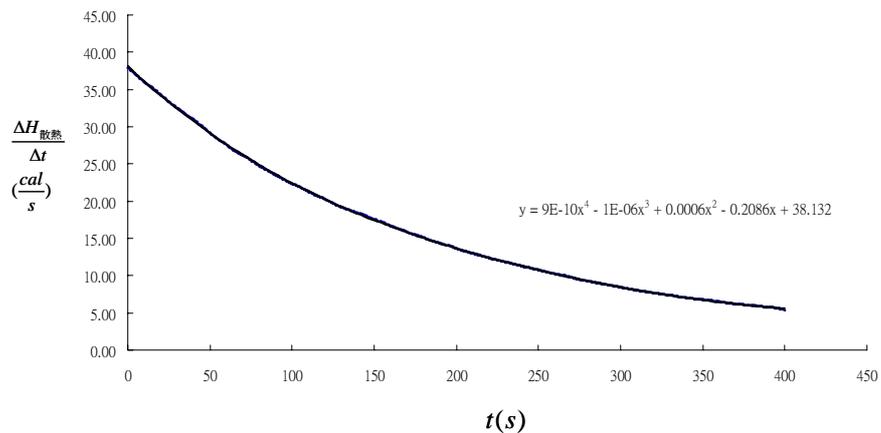
$$y = 9 \times 10^{-10} t^4 - 1 \times 10^{-6} t^3 + 0.0006 t^2 - 0.2086 t + 38.132$$

積分得此時段 0~400s 內的總散熱  $\Delta H_{\text{散熱}} = 6040(\text{cal})$

(3)代入(5) 式得鋁比熱  $s=0.2934\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ 。



圖十五-1：熱水和糖的降溫  $T(^{\circ}\text{C})-t(\text{s})$  曲線



圖十五-2：熱水和糖的降溫時的  $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$  的關係曲線

3.第三組實驗：

$m=47.74\text{g}$ 、 $m_{\text{水}}=185.05\text{g}$ 、 $m_{\text{瓶}}=193.00\text{g}$ 、 $m_{\text{玻}}=10\text{g}$ 、 $T_{\text{外}}=26.85^{\circ}\text{C}$ ，

(1)熱水和糖的降溫曲線為圖十六-1。

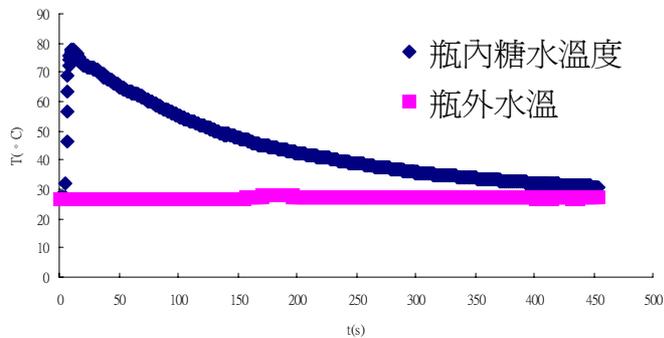
(2)取  $56.04^{\circ}\text{C}$  降到  $31.11^{\circ}\text{C}$ ，同上，將所得數據畫成  $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$  的

關係曲線如圖十六-2，吻合的曲線方程式為

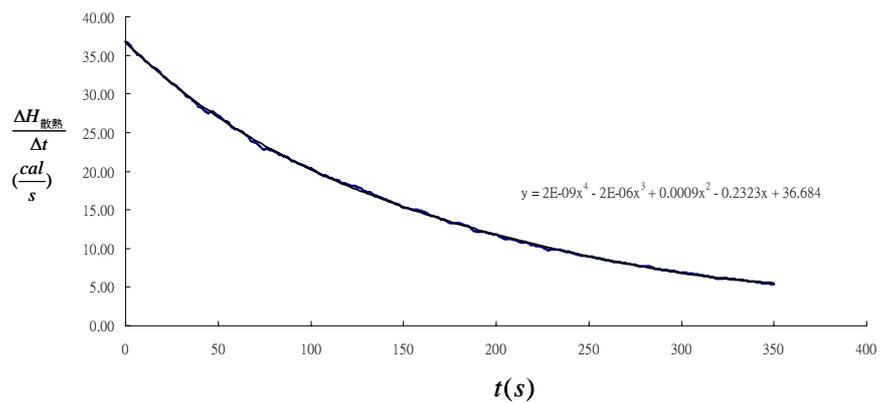
$$y = 2 \times 10^{-9} t^4 - 2 \times 10^{-6} t^3 + 0.0009 t^2 - 0.2323 t + 30.684$$

積分得此時段 0~350s 內的總散熱  $\Delta H_{\text{散熱}} = 5499.61(\text{cal})$

(3)代入(5) 式得鋁比熱  $s=0.2985\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ 。



圖十六-1：熱水和糖的降溫  $T(^{\circ}\text{C})-t(\text{s})$  曲線



圖十六-2：熱水和糖的降溫時的  $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$  的關係曲線

4. 三組實驗結果整理：蔗糖 ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) 比熱正確值為  $0.299\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ ，各組誤差分別記錄於表八中。

表八：糖比熱實驗值和誤差

	第一組	第二組	第三組
糖比熱實驗值 $s(\text{cal/ g}^{\circ}\text{C})$	0.2984	0.2934	0.2985
百分誤差	-0.20%	-1.87%	-0.17%
糖比熱平均 $\pm$ 平均標準差 $\bar{s} \pm \sigma_s(\text{cal/ g}^{\circ}\text{C})$	0.2968 $\pm$ 0.0038		

b、鹽：

1.第一組實驗：

$m=53.74\text{g}$ ， $m_{\text{水}}=206.49\text{g}$ 、 $m_{\text{瓶}}=193.00\text{g}$ 、 $m_{\text{玻}}=10\text{g}$ ， $T_{\text{外}}=24.21^{\circ}\text{C}$ ，

(1)熱水和鹽的降溫曲線為圖十七-1。

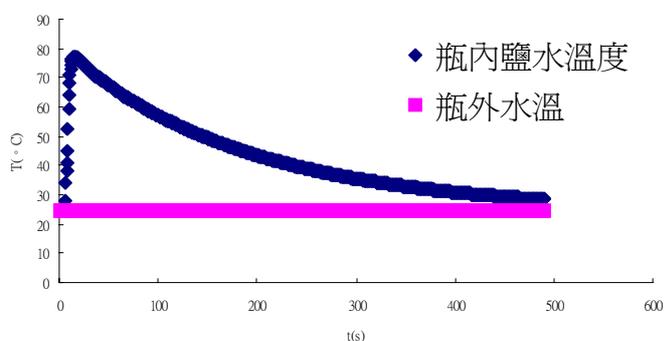
(2)取  $55.01^{\circ}\text{C}$  降到  $28.57^{\circ}\text{C}$ ，同上處理方式，將所得數據畫成

$\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$  的關係曲線如圖十七-2，吻合的曲線方程式為

$$y = 7 \times 10^{-10} t^4 - 9 \times 10^{-7} t^3 + 0.0006 t^2 - 0.2080 t + 38.782$$

積分得此時段 0~370s 內的總散熱  $\Delta H_{\text{散熱}} = 6307.23(\text{cal})$

(3)代入(5) 式得鹽比熱  $s=0.2002\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ ，鹽比熱正確值為  $0.204\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ ，誤差為 -1.86%。



圖十七-1：熱水和鹽塊的降溫  $T(^{\circ}\text{C})$ - $t(\text{s})$  曲線

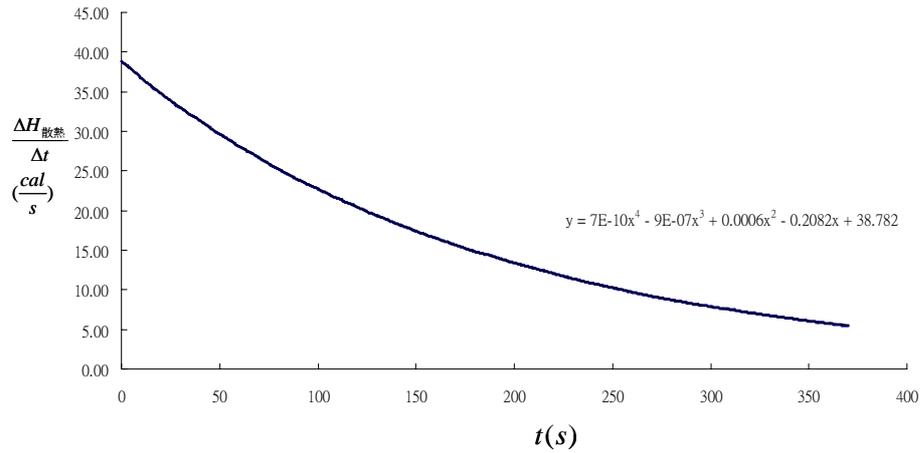


圖 十八-2：熱水和鹽的降溫時的  $\frac{\Delta H_{散熱}}{\Delta t} - t$  的關係曲線

2.第二組實驗：

$m=51.42\text{g}$ ， $m_{水}=184.31\text{g}$ 、 $m_{瓶}=193.00\text{g}$ 、 $m_{玻}=10\text{g}$ ， $T_{外}=24.10^{\circ}\text{C}$ ，

(4)熱水和鹽的降溫曲線為圖十九-1。

(5)取  $54.90^{\circ}\text{C}$  降到  $27.50^{\circ}\text{C}$ ，同上處理方式，將所得數據畫成

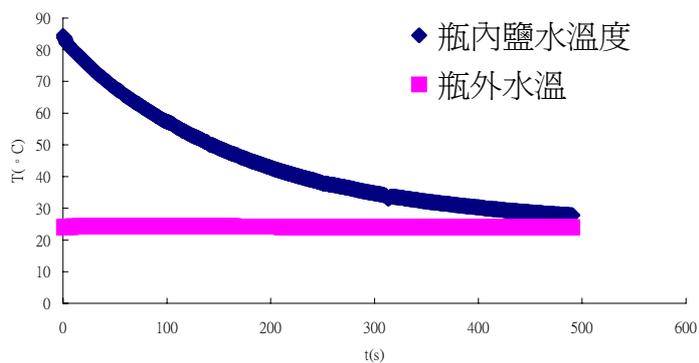
$\frac{\Delta H_{散熱}}{\Delta t} - t$ 的關係曲線如圖十九-2，吻合的曲線方程式為

$$y = 6 \times 10^{-10} t^4 - 9 \times 10^{-7} t^3 + 0.0006 t^2 - 0.2236 t + 38.835$$

積分得此時段 0~390s 內的總散熱  $\Delta H_{散熱} = 5921.12(\text{cal})$

(6)代入(5) 式得鹽比熱  $s=0.2039\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ ，鹽比熱正確值為

$0.204\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ ，誤差為-0.05%。



圖十九-1：熱水和鹽塊的降溫  $T(^{\circ}\text{C})-t(\text{s})$ 曲線

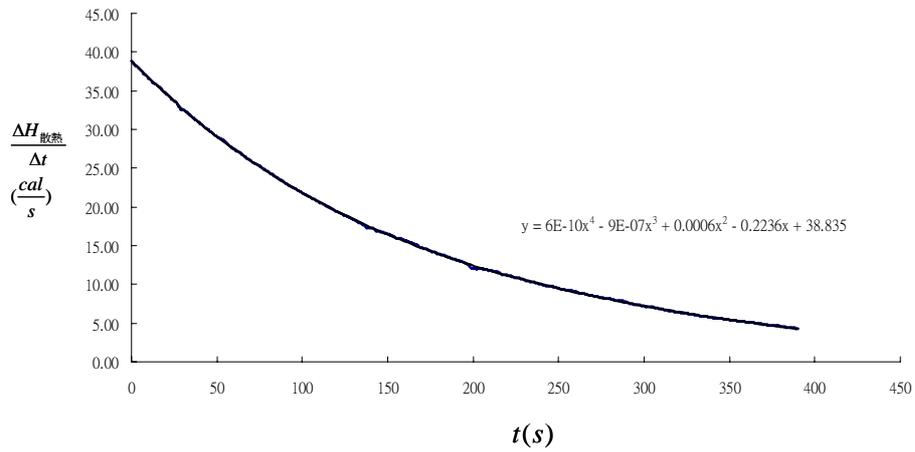


圖 十九-2：熱水和鹽的降溫時的  $\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t} - t$  的關係曲線

#### 四、利用吸熱速率和溫度差的關係求冰融化熱

##### (一)第一組實驗

##### 1.求吸熱速率和溫度差的關係曲線：

$m_{\text{水(冰+冷水)}}=215.43\text{g}$ 、 $m_{\text{瓶}}=193.00\text{g}$ 、 $m_{\text{玻}}=10\text{g}$ ， $T_{\text{外}}=25.91^{\circ}\text{C}$ ：

(1)冷水的升溫曲線為圖二十-1 最低溫以後。

(2)求每一小段溫度差的溫度差隨時間變化率  $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ ，數據如附錄

表三，並代入(6)式得  $\frac{\Delta H_{\text{吸熱}}}{\Delta t}$ 。

(3)得  $\frac{\Delta H_{\text{吸熱}}}{\Delta t}$  和  $\Delta T_{\text{內外}}$  的關係為成正比，如圖二十-2，線性回歸

得  $\frac{\Delta H_{\text{吸熱}}}{\Delta t} = 1.3323\Delta T_{\text{內外}}$ 。

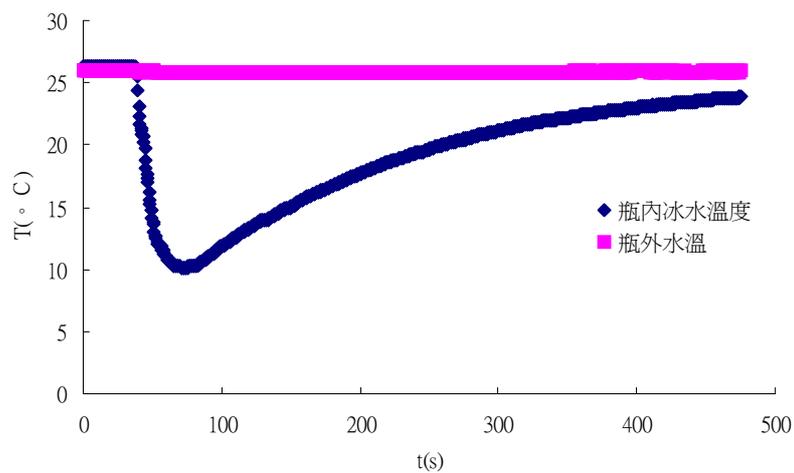
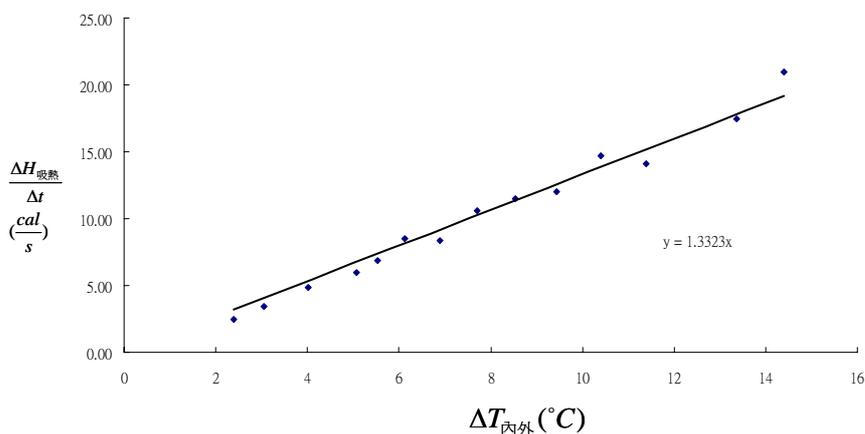


圖 二十：冰塊置於冷水內融化降溫和升溫  $T(^{\circ}\text{C})-t(\text{s})$  曲線



圖二十-2：\$\frac{\Delta H\_{\text{吸熱}}}{\Delta t}\$ 對 \$\Delta T\_{\text{內外}}\$ 的關係曲線

2. 求冰水降溫的過程的總吸熱，並求冰的熔化熱：

$m_{\text{冰}}=39.50\text{g}$ 、 $T_{\text{冰}}=0.50^{\circ}\text{C}$ ， $m_{\text{水}}=176.13\text{g}$  水從  $T_0=25.53^{\circ}\text{C}$  降溫到  $T_f=10.06^{\circ}\text{C}$

(1) 冰塊置於冷水內熔化降溫曲線為圖二十-1 最低溫以前。

(2) 將  $\Delta T_{\text{內外}}$  代入  $\frac{\Delta H_{\text{吸熱}}}{\Delta t} = 1.3323\Delta T_{\text{內外}}$  得數據如附錄表四，畫成  $\frac{\Delta H_{\text{吸熱}}}{\Delta t} - t$

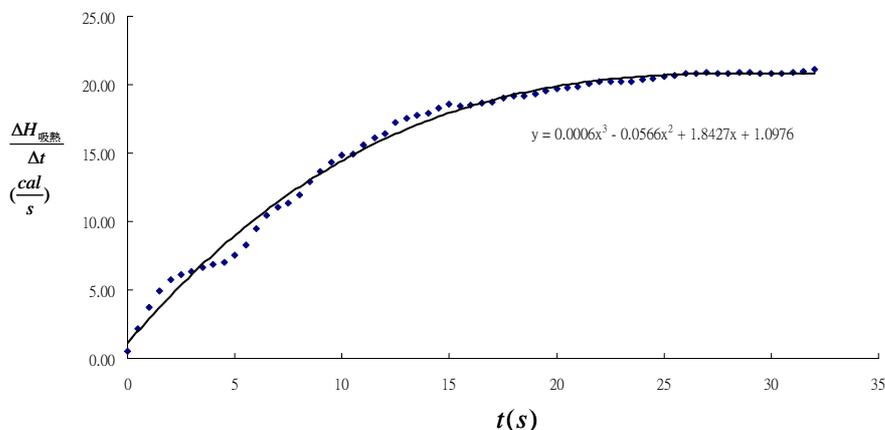
的關係曲線如圖二十-3，吻合的曲線方程式為

$y = 0.0006t^3 - 0.0566t^2 + 1.8427t + 1.0976$ ，積分得此時段 0~32s 內的總吸熱  $\Delta H_{\text{吸熱}} = 447.4(\text{cal})$ 。

(3)  $T_0 - T_f = 25.53 - 10.06 = 15.47^{\circ}\text{C}$  代入(7)式

$$39.5 \times L + 39.5 \times 1 \times (10.06 - 0.5) = 176.13 \times 1 \times 15.47 + 193 \times 0.2 \times 15.47 \times \frac{1}{2} + 10 \times 0.2 \times 15.47 + 447.4$$

求得冰的熔化熱  $L=79.54 \text{ cal/g}$ ，冰熔化熱正確值為  $80\text{cal/g}$ ，誤差為  $-0.58\%$ 。



圖二十-3：冰塊熔化時的  $\frac{\Delta H_{\text{吸熱}}}{\Delta t} - t$  關係曲線

(二)第二組實驗

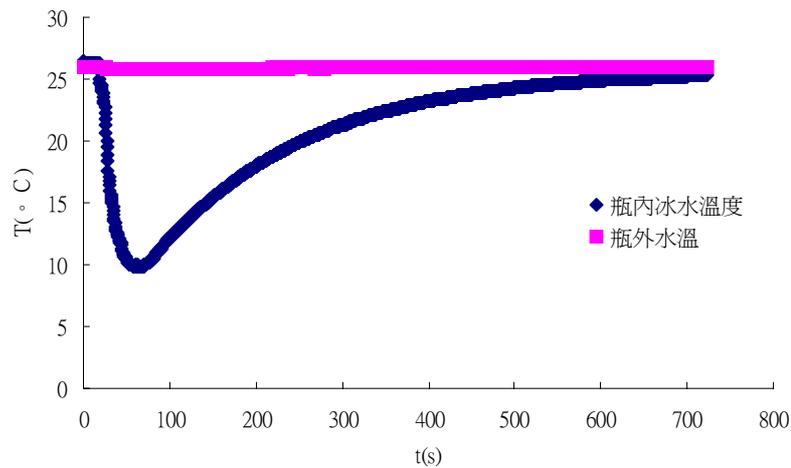
1.求吸熱速率和溫度差的關係曲線：

$m_{\text{水(冰+冷水)}}=224.06\text{g}$ 、 $m_{\text{瓶}}=193.00\text{g}$ 、 $m_{\text{玻}}=10\text{g}$ ， $T_{\text{外}}=25.95^{\circ}\text{C}$ ：

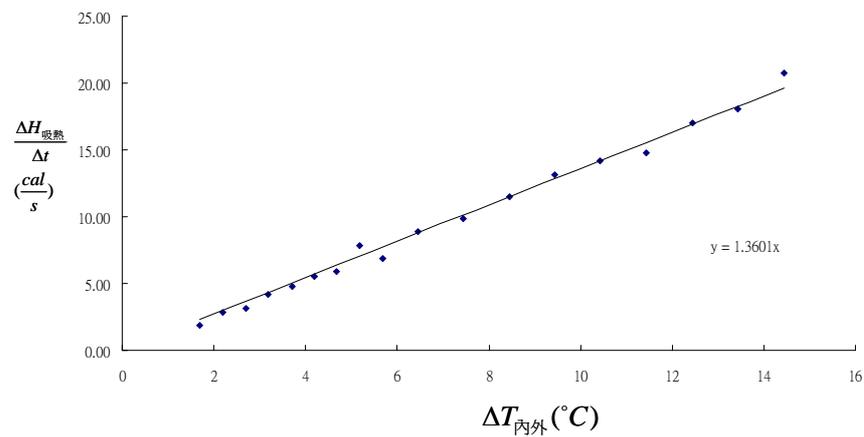
(1)實驗溫度曲線為圖二十一-1。

(2)同上，可得  $\frac{\Delta H_{\text{吸熱}}}{\Delta t}$  和  $\Delta T_{\text{內外}}$  的關係為成正比，如圖二十一-2，

線性回歸得  $\frac{\Delta H_{\text{吸熱}}}{\Delta t} = 1.3602\Delta T_{\text{內外}}$ 。



圖二十一-1：冰塊置於冷水內熔化降溫和升溫  $T(^{\circ}\text{C})-t(\text{s})$  曲線



圖二十一-2： $\frac{\Delta H_{\text{吸熱}}}{\Delta t}$  對  $\Delta T_{\text{內外}}$  的關係曲線

2.求冰水降溫的過程的總吸熱，並求冰的熔化熱：

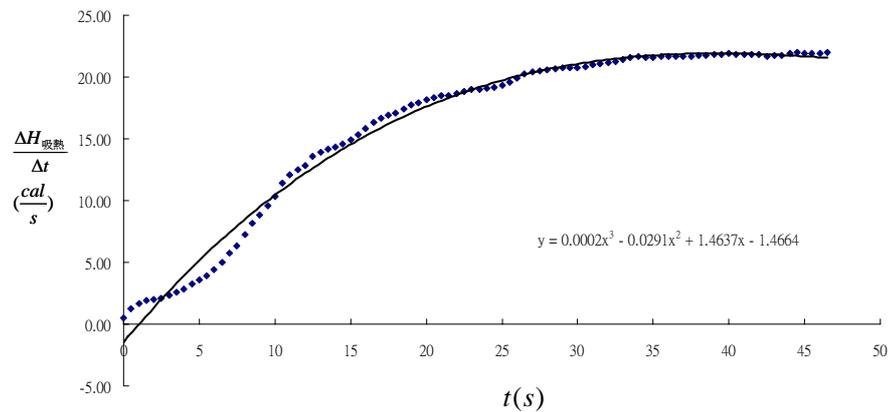
$m_{\text{冰}}=44.4\text{g}$ 、 $T_{\text{冰}}=0.50^{\circ}\text{C}$ ， $m_{\text{水}}=179.66\text{g}$  水從  $T_0=25.60^{\circ}\text{C}$  降溫到  $T_f=9.80^{\circ}\text{C}$

(1)同上處理，但將 $\Delta T_{\text{內外}}$ 代入 $\frac{\Delta H_{\text{吸熱}}}{\Delta t} = 1.3602\Delta T_{\text{內外}}$ ，所得數據畫成

$\frac{\Delta H_{\text{吸熱}}}{\Delta t} - t$ 的關係曲線如圖二十一-3，吻合的曲線方程式為

$y = 0.0002t^3 - 0.0291t^2 + 1.4637t - 1.4664$ ，積分得此時段 0~46.5s 內的總吸熱 $\Delta H_{\text{吸熱}} = 772.74(\text{cal})$ 。

(2)代入(7)式，求得冰的熔化熱  $L=79.62 \text{ cal/g}$ ，冰熔化熱正確值為  $80\text{cal/g}$ ，誤差為  $-0.48\%$ 。



圖二十一-3：冰塊熔化時的 $\frac{\Delta H_{\text{吸熱}}}{\Delta t} - t$ 關係曲線

## 柒、討論與結論：

- 一、利用高二下實驗儀器量熱器，測量金屬的比熱和冰熔化熱是作為對照組，比較我們設計的實驗量出來的值是否比較準確。結果是比較準確。
- 二、由富立葉熱傳導定律 $\frac{\Delta H}{\Delta t} = -k \frac{A\Delta T_{\text{內外}}}{\Delta x}$ ，厚度 $\Delta x$ 、熱傳導係數 $k$ ，知若 $A$ 、 $\Delta x$ 、 $k$ 都為一樣則傳熱速率 $\frac{\Delta H}{\Delta t}$ 與內外溫差 $\Delta T_{\text{內外}}$ 成正比。我們由實驗得到散熱率和吸熱率皆和溫差成正比，如圖六、十二、十八，並求得本實驗儀器的高溫廣口瓶散熱率約 $=1.26\text{cal/s}$ ，低溫吸熱率約 $=1.36$ 、 $1.33 \text{ cal/s}$ ，皆不是很大是因為我們用的容器為玻璃材質的廣口瓶，熱傳導係數較小。
- 三、實驗時儘量讓每次水面等高以期同內外溫差的散熱速率維持一定。並用溫度計隨時量測外水溫，盡量在自來水水溫一定時完成每次實驗，若變動太大則重新做實驗。

- 四、實驗得到的  $\frac{\Delta H_{散熱}}{\Delta t} - t$  和  $\frac{\Delta H_{吸熱}}{\Delta t} - t$  關係曲線，我們利用 excel 試算表多項式去吻合得曲線方程式，目的是要利用積分得到曲線下面積，即得到此段時間內的總散熱  $\Delta H_{散熱}$  或吸熱  $\Delta H_{吸熱}$ ，實驗發現可用銅、鋁、糖、鹽的  $\frac{\Delta H_{散熱}}{\Delta t} - t$  曲線可用四次函數吻合，冰的  $\frac{\Delta H_{吸熱}}{\Delta t} - t$  曲線可用三次函數吻合，再用多項式積分公式得到各實驗所考慮時段內的總散熱  $\Delta H_{散熱}$  和總吸熱  $\Delta H_{吸熱}$ 。
- 五、我們用此實驗設計測得到的銅、鋁、糖、鹽比熱和冰的熔化熱誤差小於 2%，比實驗室用量熱器測量得到的(對照組)更準確。
- 六、我們用此實驗設計可準確測得導熱性較好的銅、鋁比熱和溶於水的糖、鹽的比熱，可推廣量其他金屬和其他溶於水的物質，導熱性不好的物體，可以研磨成小顆粒，再進行量測。
- 七、我們學習到用感測器連接到電腦，自動化控制讀取數據，短時間內可讀得多組數據，亦可接四個感測器，同時測 4 組溫度。

## 捌、檢討與改進：

- 一、利用玻棒攪拌，雖可使瓶內水溫各處儘快相同，但玻棒的散熱或吸熱不易全考慮到，造成誤差。
- 二、廣口瓶上方會散熱，造成誤差，儘量做好隔熱以減少誤差。

## 玖、參考資料：

- 一、林明瑞 南一版高中物質科學物理篇下 台灣 南一書局 民國 九十二年。
- 二、黃國昌、柯天騏：突破熱學實驗的障礙，二十九屆中小學科學展覽作品。

附錄：其中一組實驗數據表：(其他組數據於補充說明文件內)

表一：水降溫數據

T(°C)	t(s)	$\frac{\Delta T}{\Delta t}$ (°C/s)	$\Delta T_{\text{內外}}$ (°C)	$\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$ (cal/s)
55.06	0			
52.04	22	0.137	28.39	35.87
49.05	46	0.125	25.39	32.56
47.07	64.5	0.107	22.90	27.97
45.01	84.5	0.103	20.88	26.92
42.02	117.5	0.091	18.36	23.68
40.04	144	0.075	15.87	19.53
38.02	173.5	0.068	13.87	17.89
36.49	200	0.058	12.10	15.09
34.48	240	0.050	10.33	13.13
32.89	280	0.040	8.53	10.39
31.48	320	0.035	7.03	9.21
30.36	360	0.028	5.76	7.32
29.5	398	0.023	4.77	5.91
55.06	0	0.137	28.39	35.87

表二：銅和熱水降溫過程各值

t(s)	T(°C)	$\Delta T_{\text{內外}}$ (°C)	$\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$ (cal/s)	t(s)	T(°C)	$\Delta T_{\text{內外}}$ (°C)	$\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$ (cal/s)	t(s)	T(°C)	$\Delta T_{\text{內外}}$ (°C)	$\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$ (cal/s)	t(s)	T(°C)	$\Delta T_{\text{內外}}$ (°C)	$\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$ (cal/s)
0	53.93	27.53	34.70	80	44.55	18.15	22.88	160	38.36	11.96	15.07	240	34.35	7.95	10.02
2	53.61	27.21	34.30	82	44.39	17.99	22.67	162	38.25	11.85	14.94	242	34.29	7.89	9.94
4	53.33	26.93	33.94	84	44.2	17.8	22.44	164	38.11	11.71	14.76	244	34.18	7.78	9.81
6	53.07	26.67	33.61	86	44.03	17.63	22.22	166	37.97	11.57	14.58	246	34.1	7.7	9.71
8	52.81	26.41	33.29	88	43.85	17.45	21.99	168	37.83	11.43	14.41	248	34.03	7.63	9.62
10	52.6	26.2	33.02	90	43.67	17.27	21.77	170	37.71	11.31	14.26	250	33.91	7.51	9.47
12	52.28	25.88	32.62	92	43.52	17.12	21.58	172	37.59	11.19	14.10	252	33.8	7.4	9.33
14	52.1	25.7	32.39	94	43.32	16.92	21.33	174	37.48	11.08	13.97	254	33.73	7.33	9.24
16	51.76	25.36	31.96	96	43.12	16.72	21.07	176	37.38	10.98	13.84	256	33.64	7.24	9.13
18	51.49	25.09	31.62	98	42.9	16.5	20.80	178	37.27	10.87	13.70	258	33.55	7.15	9.01
20	51.13	24.73	31.17	100	42.71	16.31	20.56	180	37.16	10.76	13.56	260	33.47	7.07	8.91
22	50.9	24.5	30.88	102	42.55	16.15	20.36	182	37.07	10.67	13.45	262	33.37	6.97	8.78
24	50.66	24.26	30.58	104	42.38	15.98	20.14	184	36.99	10.59	13.35	264	33.3	6.9	8.70
26	50.41	24.01	30.26	106	42.24	15.84	19.96	186	36.82	10.42	13.13	266	33.23	6.83	8.61
28	50.2	23.8	30.00	108	42.11	15.71	19.80	188	36.69	10.29	12.97	268	33.16	6.76	8.52
30	49.99	23.59	29.73	110	41.98	15.58	19.64	190	36.57	10.17	12.82	270	33.11	6.71	8.46
32	49.73	23.33	29.41	112	41.91	15.51	19.55	192	36.48	10.08	12.70	272	33.05	6.65	8.38
34	49.48	23.08	29.09	114	41.75	15.35	19.35	194	36.41	10.01	12.62	274	32.97	6.57	8.28
36	49.18	22.78	28.71	116	41.56	15.16	19.11	196	36.36	9.96	12.55	276	32.93	6.53	8.23
38	48.94	22.54	28.41	118	41.38	14.98	18.88	198	36.27	9.87	12.44	278	32.84	6.44	8.12
40	48.7	22.3	28.11	120	41.19	14.79	18.64	200	36.15	9.75	12.29	280	32.8	6.4	8.07
42	48.48	22.08	27.83	122	41.02	14.62	18.43	202	36.02	9.62	12.13	282	32.74	6.34	7.99
44	48.27	21.87	27.56	124	40.86	14.46	18.23	204	35.93	9.53	12.01	284	32.67	6.27	7.90
46	48.04	21.64	27.28	126	40.72	14.32	18.05	206	35.82	9.42	11.87	286	32.64	6.24	7.86
48	47.81	21.41	26.99	128	40.57	14.17	17.86	208	35.72	9.32	11.75	288	32.55	6.15	7.75
50	47.62	21.22	26.75	130	40.43	14.03	17.68	210	35.64	9.24	11.65	290	32.48	6.08	7.66
52	47.41	21.01	26.48	132	40.31	13.91	17.53	212	35.51	9.11	11.48	292	32.46	6.06	7.64
54	47.19	20.79	26.20	134	40.2	13.8	17.39	214	35.44	9.04	11.39	294	32.45	6.05	7.63
56	46.93	20.53	25.88	136	40.06	13.66	17.22	216	35.36	8.96	11.29	296	32.39	5.99	7.55
58	46.74	20.34	25.64	138	39.94	13.54	17.07	218	35.28	8.88	11.19	298	32.33	5.93	7.47
60	46.52	20.12	25.36	140	39.81	13.41	16.90	220	35.19	8.79	11.08	300	32.25	5.85	7.37
62	46.28	19.88	25.06	142	39.63	13.23	16.68	222	35.09	8.69	10.95				
64	46.05	19.65	24.77	144	39.44	13.04	16.44	224	34.99	8.59	10.83				
66	45.88	19.48	24.55	146	39.29	12.89	16.25	226	34.9	8.5	10.71				
68	45.69	19.29	24.31	148	39.14	12.74	16.06	228	34.8	8.4	10.59				
70	45.49	19.09	24.06	150	38.99	12.59	15.87	230	34.71	8.31	10.47				
72	45.3	18.9	23.82	152	38.87	12.47	15.72	232	34.66	8.26	10.41				
74	45.07	18.67	23.53	154	38.72	12.32	15.53	234	34.62	8.22	10.36				
76	44.86	18.46	23.27	156	38.63	12.23	15.41	236	34.59	8.19	10.32				
78	44.69	18.29	23.05	158	38.52	12.12	15.28	238	34.45	8.05	10.15				

表七：冷水升溫數據

T(°C)	t(s)	$\frac{\Delta T}{\Delta t}$ (°C/s)	$\Delta T_{\text{內外}}$ (°C)	$\frac{\Delta H_{\text{吸熱}}}{\Delta t}$ (cal/s)
11.03	0			
12	11	0.088	14.395	25.48
13.1	26	0.073	13.36	39.43
14.01	42	0.057	12.355	54.41
15.02	59	0.059	11.395	70.45
16.01	75	0.062	10.395	85.46
16.94	93.5	0.050	9.435	102.99
17.81	111.5	0.048	8.535	120.08
18.59	129	0.045	7.71	136.75
19.45	153.5	0.035	6.89	160.43
20.11	172	0.036	6.13	178.17
20.63	190	0.029	5.54	195.57
21.07	207.5	0.025	5.06	212.59
22.72	289	0.020	4.015	293.04
23.01	309	0.015	3.045	312.06
24.01	405	0.010	2.4	407.41

表八：冰融化降溫過程各值

t(s)	T(°C)	$\Delta T_{\text{內外}}$ (°C)	$\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$ (cal/s)	t(s)	T(°C)	$\Delta T_{\text{內外}}$ (°C)	$\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$ (cal/s)	t(s)	T(°C)	$\Delta T_{\text{內外}}$ (°C)	$\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$ (cal/s)	t(s)	T(°C)	$\Delta T_{\text{內外}}$ (°C)	$\frac{\Delta H_{\text{散熱}}}{\Delta t}$ (cal/s)
0	25.53	0.38	0.51	8.5	16.22	9.69	12.91	17	11.86	14.05	18.72	25.5	10.38	15.53	20.69
0.5	24.31	1.6	2.13	9	15.64	10.27	13.68	17.5	11.62	14.29	19.04	26	10.27	15.64	20.84
1	23.09	2.82	3.76	9.5	15.17	10.74	14.31	18	11.51	14.4	19.19	26.5	10.27	15.64	20.84
1.5	22.22	3.69	4.92	10	14.78	11.13	14.83	18.5	11.49	14.42	19.21	27	10.25	15.66	20.86
2	21.62	4.29	5.72	10.5	14.72	11.19	14.91	19	11.4	14.51	19.33	27.5	10.26	15.65	20.85
2.5	21.31	4.6	6.13	11	14.19	11.72	15.61	19.5	11.21	14.7	19.58	28	10.26	15.65	20.85
3	21.17	4.74	6.32	11.5	13.82	12.09	16.11	20	11.11	14.8	19.72	28.5	10.21	15.7	20.92
3.5	20.9	5.01	6.67	12	13.56	12.35	16.45	20.5	11.07	14.84	19.77	29	10.25	15.66	20.86
4	20.76	5.15	6.86	12.5	12.96	12.95	17.25	21	11.01	14.9	19.85	29.5	10.28	15.63	20.82
4.5	20.63	5.28	7.03	13	12.74	13.17	17.55	21.5	10.84	15.07	20.08	30	10.3	15.61	20.80
5	20.25	5.66	7.54	13.5	12.6	13.31	17.73	22	10.74	15.17	20.21	30.5	10.26	15.65	20.85
5.5	19.69	6.22	8.29	14	12.48	13.43	17.89	22.5	10.75	15.16	20.20	31	10.23	15.68	20.89
6	18.77	7.14	9.51	14.5	12.2	13.71	18.27	23	10.74	15.17	20.21	31.5	10.18	15.73	20.96
6.5	18.05	7.86	10.47	15	11.97	13.94	18.57	23.5	10.71	15.2	20.25	32	10.06	15.85	21.12
7	17.6	8.31	11.07	15.5	12.06	13.85	18.45	24	10.63	15.28	20.36				
7.5	17.37	8.54	11.38	16	12.03	13.88	18.49	24.5	10.55	15.36	20.46				
8	16.94	8.97	11.95	16.5	11.9	14.01	18.67	25	10.43	15.48	20.62				

【評語】 040107

1. 以簡易器材，測量傳導為主的散熱率，測量金屬比熱及冰的熔化熱，獲得極精確的結果。實驗內容與資料分析完全與高中物理教材配合。
2. 對輻射散使未加以討論(雖然分析資料時能揚棄高溫部分)，亦未作資料之誤差分析，而係多次實驗取結果最佳之一組數據呈現為其不完善處。