

### 活動

# 9

## 金屬的比熱



重點歸納

1. 在本實驗介紹前，先了解熱容量與比熱的基本概念，以及量熱計的介紹：
  - (1) **熱容量  $C$** ：一般來說，物體所吸收或放出的熱量  $\Delta Q$ ，與其溫度上升或下降的變化量  $\Delta T$  成一正比關係，所以物體的熱容量可表示為：
$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$
。同樣材質的物體，若其質量較大，則熱容量也較大。
  - (2) **比熱  $s$** ：若某一物體的質量為  $m$ ，則定義此物質一個單位質量的熱容量，稱為比熱，可以表示為：
$$s = \frac{C}{m}$$
。此物理量與物體的質量大小無關，而只與物體本身的材質有關。

- ❑ 活動1 摩擦力的觀察
- ❑ 活動2 載流導線的磁效應
- ❑ 活動3 電磁感應
- ❑ 活動4 楊氏雙狹縫干涉
- ❑ 活動5 測量與誤差
- ❑ 活動6 靜力平衡
- ❑ 活動7 自由落體與物體在斜面上的運動
- ❑ 活動8 牛頓第二運動定律
- ❑ 活動9 **金屬的比熱**
- ❑ 活動10 水波槽實驗
- ❑ 活動11 氣柱的共鳴
- ❑ 活動12 折射率的測定與薄透鏡的成像
- ❑ 活動13 干涉與繞射
- ❑ 活動14 等電位線與電場
- ❑ 活動15 歐姆定律及惠司同電橋
- ❑ 活動16 電流天平
- ❑ 活動17 電子的荷質比認識

(3) **量熱計**：是一種用來測量物體比熱的裝置，其主要由外筒、內筒、隔熱蓋、溫度計、攪拌棒所構成，內筒與外筒間為隔熱材料，溫度計可以測量內筒中原本所裝冷水的溫度，當加入待測溫度的物體後，利用攪拌棒使內筒中的水與物體快速達到熱平衡，之後再利用溫度計測量達熱平衡時的溫度，藉以利用已知條件代入計算式的方式，來推得物體的比熱。

### 2. 量熱計比熱的測定：

設量熱計的隔熱效果良好，達到熱平衡期間沒有熱能損失，則所加入熱水所失去的熱量，即為量熱計內冷水與量熱計所獲得的熱量：

$$m_{\text{熱}}s_{\text{水}}(t_{\text{熱}} - t_{\text{平衡}}) = m_{\text{冷}}s_{\text{水}}(t_{\text{平衡}} - t_{\text{冷}}) + C(t_{\text{平衡}} - t_{\text{冷}})$$

$$\Rightarrow \text{量熱計的熱容量 } C = \frac{m_{\text{熱}}s_{\text{水}}(t_{\text{熱}} - t_{\text{平衡}})}{(t_{\text{平衡}} - t_{\text{冷}})} - m_{\text{冷}}s_{\text{水}}$$

### 3. 金屬比熱的測定：

利用量熱計，我們可以藉由實驗以及計算的方式，來得到金屬的比熱。將高溫的金屬塊投入量熱計內筒的冷水中，設量熱計的隔熱效果良好，達到熱平衡期間沒有熱能損失，則所加入高溫金屬塊所失去的熱量，即為量熱計內冷水與量熱計所獲得的熱量：

- ❑ 活動1 摩擦力的觀察
- ❑ 活動2 載流導線的磁效應
- ❑ 活動3 電磁感應
- ❑ 活動4 楊氏雙狹縫干涉
- ❑ 活動5 測量與誤差
- ❑ 活動6 靜力平衡
- ❑ 活動7 自由落體與物體在斜面上的運動
- ❑ 活動8 牛頓第二運動定律
- ❑ 活動9 **金屬的比熱**
- ❑ 活動10 水波槽實驗
- ❑ 活動11 氣柱的共鳴
- ❑ 活動12 折射率的測定與薄透鏡的成像
- ❑ 活動13 干涉與繞射
- ❑ 活動14 等電位線與電場
- ❑ 活動15 歐姆定律及惠司同電橋
- ❑ 活動16 電流天平
- ❑ 活動17 電子的荷質比認識



$$m_{\text{金}} s_{\text{金}} (t_{\text{金}} - t_{\text{平衡}}) = m_{\text{冷}} s_{\text{水}} (t_{\text{平衡}} - t_{\text{冷}}) + C(t_{\text{平衡}} - t_{\text{冷}})$$

$$\Rightarrow \text{金屬的比熱 } s_{\text{金}} = \frac{(m_{\text{冷}} s_{\text{水}} + C)(t_{\text{平衡}} - t_{\text{冷}})}{m_{\text{金}} (t_{\text{金}} - t_{\text{平衡}})}$$

上式中， $C$  即為先前所測定量熱計的熱容量，將各項已知的條件代入上式，即可計算得到金屬的比熱。



# 名師學院™

[www.kut.com.tw](http://www.kut.com.tw)

- ❑ 活動1 摩擦力的觀察
- ❑ 活動2 載流導線的磁效應
- ❑ 活動3 電磁感應
- ❑ 活動4 楊氏雙狹縫干涉
- ❑ 活動5 測量與誤差
- ❑ 活動6 靜力平衡
- ❑ 活動7 自由落體與物體在斜面上的運動
- ❑ 活動8 牛頓第二運動定律
- ❑ 活動9 金屬的比熱
- ❑ 活動10 水波槽實驗
- ❑ 活動11 氣柱的共鳴
- ❑ 活動12 折射率的測定與薄透鏡的成像
- ❑ 活動13 干涉與繞射
- ❑ 活動14 等電位線與電場
- ❑ 活動15 歐姆定律及惠司同電橋
- ❑ 活動16 電流天平
- ❑ 活動17 電子的荷質比認識



### 精選範例

#### 範例 1

用量熱計測量固體的比熱時，量熱計中所裝的冷水不宜太少，應以能完全淹沒待測固體為原則，但卻不需要加入太多的水量；下列有關實驗中水不宜加太多或太少的敘述，哪些是正確的？ **【92 指考】**

- (A) 水量不宜太少，可減少固體透過輻射的過程散失熱量
- (B) 水量不宜太多，可促使固體和水透過水的熱傳導過程，迅速達到熱平衡
- (C) 水量不宜太多，可使固體與水較快達到熱平衡，以減少熱量的散失
- (D) 水量不宜太多，以免水溫變化太小
- (E) 水量不宜太少，可方便測量水的質量

**答** (A)(C)(D)

- 解** (A) 水量不宜太少，否則不能完全將待測固體浸沒，在水面以上的固體部分會透過輻射而散失熱量，導致實驗誤差；
- (B) 量熱計附有攪拌器，可使待測固體與水藉由熱對流方式，更快速達到熱平衡，而不是利用熱傳導方式；

- ❑ 活動1 摩擦力的觀察
- ❑ 活動2 載流導線的磁效應
- ❑ 活動3 電磁感應
- ❑ 活動4 楊氏雙狹縫干涉
- ❑ 活動5 測量與誤差
- ❑ 活動6 靜力平衡
- ❑ 活動7 自由落體與物體在斜面上的運動
- ❑ 活動8 牛頓第二運動定律
- ❑ 活動9 金屬的比熱
- ❑ 活動10 水波槽實驗
- ❑ 活動11 氣柱的共鳴
- ❑ 活動12 折射率的測定與薄透鏡的成像
- ❑ 活動13 干涉與繞射
- ❑ 活動14 等電位線與電場
- ❑ 活動15 歐姆定律及惠司同電橋
- ❑ 活動16 電流天平
- ❑ 活動17 電子的荷質比認識

- (C) 水量通常在可完全浸沒待測固體即可，不宜太多，此可使整體實驗裝置更快速達到熱平衡；
- (D) 水量太多會使量熱計內冷水溫度變化太小，影響測量的準確度；
- (E) 水量的多寡會影響到實驗的結果，但不會影響水質量的測量。

### 範例 2

甲、乙、丙三個相同材質的金屬球，質量比為  $1:1:2$ ，初始溫度分別為  $50^{\circ}\text{C}$ 、 $30^{\circ}\text{C}$ 、 $10^{\circ}\text{C}$ 。今先將甲和乙接觸達熱平衡後分開，再將乙和丙接觸達熱平衡後分開，若僅考慮三個金屬球間的熱傳導，且無其他熱量流失，則以下敘述哪些是正確的？

【95 指考】

- (A) 甲的最終溫度為  $30^{\circ}\text{C}$
- (B) 乙的最終溫度為  $20^{\circ}\text{C}$
- (C) 甲、乙、丙三者的最終攝氏溫度比值為  $2:1:1$
- (D) 甲、乙、丙三者的熱容量比值為  $1:1:2$
- (E) 甲、乙、丙三者的熱容量比值為  $1:1:1$

答 (B)(C)(D)

- ❑ 活動1 摩擦力的觀察
- ❑ 活動2 載流導線的磁效應
- ❑ 活動3 電磁感應
- ❑ 活動4 楊氏雙狹縫干涉
- ❑ 活動5 測量與誤差
- ❑ 活動6 靜力平衡
- ❑ 活動7 自由落體與物體在斜面上的運動
- ❑ 活動8 牛頓第二運動定律
- ❑ 活動9 金屬的比熱
- ❑ 活動10 水波槽實驗
- ❑ 活動11 氣柱的共鳴
- ❑ 活動12 折射率的測定與薄透鏡的成像
- ❑ 活動13 干涉與繞射
- ❑ 活動14 等電位線與電場
- ❑ 活動15 歐姆定律及惠司同電橋
- ❑ 活動16 電流天平
- ❑ 活動17 電子的荷質比認識

**解** (A) 甲、乙兩金屬球的質量相等、比熱相同，

$$\text{故接觸後的平衡溫度} = \frac{50^{\circ}\text{C} + 30^{\circ}\text{C}}{2} = 40^{\circ}\text{C} ;$$

(B)  $40^{\circ}\text{C}$  的乙金屬球與  $10^{\circ}\text{C}$  的丙金屬球接觸後，設達熱平衡時溫度為  $T$ ，

$$\text{由 } \Delta H = m \times s \times \Delta T \text{ 可得： } m \times s \times (40 - T) = 2m \times s \times (T - 10) \Rightarrow T = 20^{\circ}\text{C} ;$$

(C) 甲、乙、丙三者的最終攝氏溫度比值 =  $40 : 20 : 20 = 2 : 1 : 1$ ；

(D)(E) 熱容量 = 質量  $\times$  比熱，而甲、乙、丙三者為相同材料的金屬球，  
所以其比熱  $s$  皆相同，故可得熱容量比 = 質量比 =  $1 : 1 : 2$ 。

### 範例 3

在「金屬的比熱」實驗中，加熱的試樣金屬投入量熱計內的冷水中後，若量熱計的絕熱效果不佳而放出熱能，則測定的比熱值會較實際值高或低？理由為何？為提高絕熱效果，可採用何種方法？

**答** 見詳解

**解** (1) 若量熱計的絕熱效果不佳，則測定的比熱值會較實際值低；

(2) 由於試樣金屬所放出的熱量有部分損失，也就是所放出的熱量並沒有全部被冷水及容器所吸收，若我們在這樣的條件下測量熱平衡溫度，而去

- ❑ 活動1 摩擦力的觀察
- ❑ 活動2 載流導線的磁效應
- ❑ 活動3 電磁感應
- ❑ 活動4 楊氏雙狹縫干涉
- ❑ 活動5 測量與誤差
- ❑ 活動6 靜力平衡
- ❑ 活動7 自由落體與物體在斜面上的運動
- ❑ 活動8 牛頓第二運動定律
- ❑ 活動9 金屬的比熱
- ❑ 活動10 水波槽實驗
- ❑ 活動11 氣柱的共鳴
- ❑ 活動12 折射率的測定與薄透鏡的成像
- ❑ 活動13 干涉與繞射
- ❑ 活動14 等電位線與電場
- ❑ 活動15 歐姆定律及惠司同電橋
- ❑ 活動16 電流天平
- ❑ 活動17 電子的荷質比認識



計算金屬的比熱，便會低估了試樣金屬的放熱效果，所計算得到的金屬比熱，自然就會比實際值低；

- (3) 可將量熱計置於保麗龍材質的盒子內，上面覆蓋絕熱效果良好的厚橡膠蓋，如此可以提高絕熱效果，減少熱的散失。

### 範例 4

把 200 公克的冷金屬塊，投入質量為 100 公克、溫度為  $10^{\circ}\text{C}$  的水中，平衡後整個系統的溫度為  $0^{\circ}\text{C}$ ，且金屬塊上附了一層 10 公克的冰，已知該金屬的比熱為  $0.10 \text{ 卡}/\text{公克}\cdot^{\circ}\text{C}$ ，水的凝固熱為  $80 \text{ 卡}/\text{公克}$ ，設整個系統沒有流失熱量，也沒有從外界獲得熱量，則該金屬塊原來的溫度為何？

- (A)  $-20^{\circ}\text{C}$  (B)  $-35^{\circ}\text{C}$  (C)  $-50^{\circ}\text{C}$  (D)  $-85^{\circ}\text{C}$  (E)  $-90^{\circ}\text{C}$

**答** (E)

**解** 設冷金屬塊的溫度為  $t^{\circ}\text{C}$ ，而與水達到熱平衡後，溫度為  $0^{\circ}\text{C}$ ，且在達到熱平衡時，金屬塊外層附上了一層 10 公克的冰，故也需將水變成冰所放出的熱量考量進去，所以可列式得

$$200 \times 0.1 \times (0 - t) = 100 \times 1 \times (10 - 0) + 10 \times 80 \Rightarrow t = -90^{\circ}\text{C}$$

- ❑ 活動1 摩擦力的觀察
- ❑ 活動2 載流導線的磁效應
- ❑ 活動3 電磁感應
- ❑ 活動4 楊氏雙狹縫干涉
- ❑ 活動5 測量與誤差
- ❑ 活動6 靜力平衡
- ❑ 活動7 自由落體與物體在斜面上的運動
- ❑ 活動8 牛頓第二運動定律
- ❑ 活動9 金屬的比熱
- ❑ 活動10 水波槽實驗
- ❑ 活動11 氣柱的共鳴
- ❑ 活動12 折射率的測定與薄透鏡的成像
- ❑ 活動13 干涉與繞射
- ❑ 活動14 等電位線與電場
- ❑ 活動15 歐姆定律及惠司同電橋
- ❑ 活動16 電流天平
- ❑ 活動17 電子的荷質比認識

### 範例 5

- (1) 有一質量為 600 公克的量熱計，內筒裝入 15°C 的冷水後，重量變為 700 公克，加入 100°C 的熱水後，整個系統的重量變為 900 公克；若平衡時的溫度為 65°C，且整個系統沒有熱量散失，則量熱計的熱容量為多少卡/°C？
- (2) 若以(1)中的量熱計進行「金屬的比熱」實驗，在量熱計內筒裝入質量 100 公克、溫度 20°C 的冷水，而試樣金屬的質量為 50 公克，溫度為 120°C，整個系統達到平衡時的溫度為 40°C，則此試樣金屬的比熱為何？

**答** (1) 40 cal/°C (2) 0.7 cal/g · °C

**解** (1) 假設量熱計的熱容量為  $C$ ，

冷水的質量 = 700 - 600 = 100 [g]，熱水的質量 = 900 - 700 = 200 [g]，

則  $m_{\text{熱水}}(t_{\text{熱}} - t_{\text{平衡}}) = m_{\text{冷水}}(t_{\text{平衡}} - t_{\text{冷}}) + C(t_{\text{平衡}} - t_{\text{冷}})$

$$C = \frac{m_{\text{熱水}}(t_{\text{熱}} - t_{\text{平衡}})}{(t_{\text{平衡}} - t_{\text{冷}})} - m_{\text{冷水}} = \frac{200 \times 1 \times (100 - 65)}{(65 - 15)} - 100 \times 1 = 40 \text{ [cal/°C]}$$

(2) 由(1)的結果可知，此量熱計的熱容量  $C = 40 \text{ [cal/°C]}$ ，

而  $m_{\text{金}}s_{\text{金}}(t_{\text{金}} - t_{\text{平衡}}) = m_{\text{冷水}}(t_{\text{平衡}} - t_{\text{冷}}) + C(t_{\text{平衡}} - t_{\text{冷}})$ ，

$$\text{故 } s_{\text{金}} = \frac{(m_{\text{冷水}}s_{\text{水}} + C)(t_{\text{平衡}} - t_{\text{冷}})}{m_{\text{金}}(t_{\text{金}} - t_{\text{平衡}})} = \frac{(100 \times 1 + 40)(40 - 20)}{50 \times (120 - 40)} = 0.7 \text{ [cal/g · °C]}$$

- ❑ 活動1 摩擦力的觀察
- ❑ 活動2 載流導線的磁效應
- ❑ 活動3 電磁感應
- ❑ 活動4 楊氏雙狹縫干涉
- ❑ 活動5 測量與誤差
- ❑ 活動6 靜力平衡
- ❑ 活動7 自由落體與物體在斜面上的運動
- ❑ 活動8 牛頓第二運動定律
- ❑ 活動9 金屬的比熱
- ❑ 活動10 水波槽實驗
- ❑ 活動11 氣柱的共鳴
- ❑ 活動12 折射率的測定與薄透鏡的成像
- ❑ 活動13 干涉與繞射
- ❑ 活動14 等電位線與電場
- ❑ 活動15 歐姆定律及惠司同電橋
- ❑ 活動16 電流天平
- ❑ 活動17 電子的荷質比認識