

# 10-1 溫度與熱平衡

100101 

## 基本觀念

|   | 概 念                                                                                    | 意 義                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 熱 平 衡                                                                                  | 將兩塊冷熱不同的物體接觸在一起，使兩者均不與外界接觸，則經過一段長時間後， <b>兩物體達到相同的冷熱程度，兩物體的熱能無淨損失與淨增加</b> ，這種狀況，稱為兩物體形成「熱平衡」。                                                                                                                                                                                         |
| 2 | 溫 度                                                                                    | 兩物體達到熱平衡，不論質量、大小、材料，其所具有的相同性質，即稱為「 <b>溫度</b> 」                                                                                                                                                                                                                                       |
| 3 | 熱力學第零定律—溫度量測的基礎                                                                        | 考慮 A、B、C 三個物體，若 A、B 形成熱平衡，B、C 也形成熱平衡，則 A、C 亦會形成熱平衡<br>即， $T_A=T_B$ 且 $T_B=T_C$ 則 $T_A=T_C$ ( <b>溫度的遞移律</b> )<br>(The zeroth law of thermodynamics: If bodies A and B are each in thermal equilibrium with a third body C, then A and B are in thermal equilibrium with each other. ) |
|   | <b>【進階思考】</b> ：如果溫度不具有遞移律，即 A 與 B 達成熱平衡，B 與 C 達成熱平衡，但 A 與 C 不達成熱平衡，則溫度的概念即無從產生。熱力學第零定律 |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 4 | 熱平衡與溫度                                                                                 | 當兩溫度不相等的物體接觸時， <b>「淨」</b> 熱流由溫度高者流向溫度低者。                                                                                                                                                                                                                                             |



沒有知識也要有常識 1

人類雖然很早就認識並利用了熱。但是將熱力學變成一門成熟且定量的科學，卻是相當晚近的事，一方面是對於熱的本質的爭論，另一方面要等到溫度計製作的成熟，才真正開啓了熱力學的研究。功能互換及能量守恆的概念在 1845 年左右才形成。1850 年，Clausius 所發表論文中熱力學第一定律的數學式才產生。Kelvin 重新表述為系統內能  $U$  = 熱能  $Q$  - 對外作功  $W$ 。

熱力學第二定律的發明與提高蒸汽機的使用效率有密切的關係。

- (1) [Clausius 敘述 1854 年]在自然狀態下，淨熱一定是由高溫向低溫傳遞。
- (2) [Clausius 敘述 1865 年]在一個孤立系統中，熵  $S$  遵守  $dS > 0$ 。只有在系統中的所有過程皆為可逆時， $dS = 0$ ，否則  $S$  務必是增加的。
- (2)[Kelvin 敘述 1866 年]—熱機在一個循環的操作當中，不可能完全將熱能 100% 用來作轉換成功的形式。

德國物理學家能斯特 (Walther Hermann Nernst, 1864/6/25~1941/11/18)，在 1906 年提出了熱力學第三定律，簡單的說，在絕對零度以上，所有的物質都傾向散亂的型態，達到絕對零度是不可能的，他也獲得 1920 年諾貝爾化學獎。第零定律的概念在 1930 年代才完全清楚，而溫度的概念應該比前幾個定律基本，因此命名為第零定律。

## 範例 01

100102

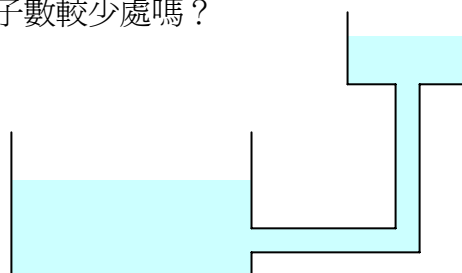
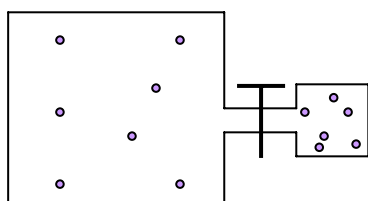


將甲乙兩物接觸時，熱由甲物流至乙物。這表示甲物一定具有  
(A)較多的熱量 (B)較大的熱容量 (C)較大的質量 (D)較高的溫度  
(E)較大的比熱

**舉一反三：**

➤例一：水會從水量較多處流向水量較少處嗎？

➤例二：氣體會從分子數較多處流向分子數較少處嗎？



**追根究柢：**從平均能量較高，流向平均能量較低處。

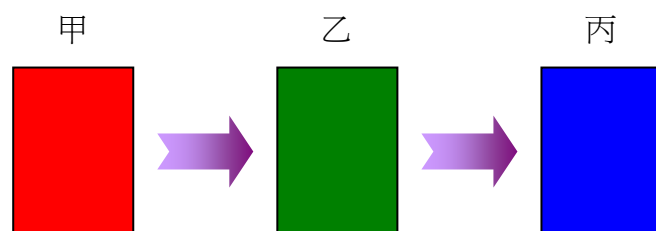
## 範例 02

100103



(88推甄)有甲、乙、丙三個物體。當甲和乙接觸時，(淨)熱由甲流向乙，而當乙和丙接觸時，熱由乙流向丙，則下列敘述何者正確？

- (A) 甲所含熱量一定比乙多 (B) 甲所含熱量一定比乙少  
(C) 乙的溫度一定比丙高 (D) 甲的溫度一定比丙低  
(E) 若將甲和丙接觸，則熱必由丙流向甲



## 溫度計基本觀念

- 1、溫度計：可以測量物體冷熱程度的儀器
- 2、適合作為溫度計，必須具備下面幾個條件

| 條件 | 簡 述       | 意 義                                |
|----|-----------|------------------------------------|
| 1  | 靈敏度高      | 它因冷熱所產生的效應，須相當明顯，換言之，靈敏度須大         |
| 2  | 影響原溫度的程度小 | 它的質量或容積不可太大，以免當其與物體接觸時，大幅改變物體原有的溫度 |
| 3  | 平衡時間短     | 當它與其他物體接觸後，能在短時間達到熱平衡              |

3.溫度計的種類：

(1) **固體**溫度計：利用固體熱脹冷縮的性質

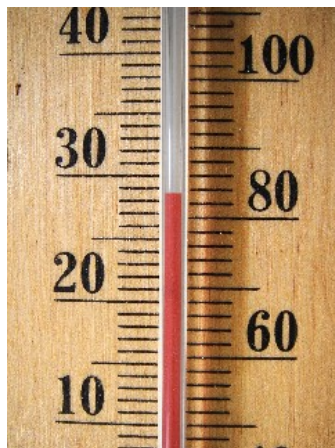


(2) **液體**溫度計：利用液體熱脹冷縮的性質

①水銀溫度計：宜測高溫( $-39^{\circ}\text{C}$ ~ $357^{\circ}\text{C}$ )



②酒精溫度計：宜測低溫( $-115^{\circ}\text{C}\sim 78^{\circ}\text{C}$ )



(3)氣體溫度計：[下一章會詳述]

①定壓氣體溫度計：定壓下，氣體的體積，隨溫度而增加

②定容氣體溫度計：定容下，氣體的壓力，隨溫度而增加

(4)電阻溫度計：利用金屬的電阻與溫度有關的性質

(5)紅外線溫度計：利用物體發出的電磁波(輻射)與溫度有關的性質

[此外尚有半導體溫度計(半導體的電阻)、轉動式溫度計(利用雙金屬片的長度差)、熱電偶溫度計(熱電偶的電位差)、液晶溫度計(液晶的顏色)、...]



👉 沒有知識也要有常識 2

所有物體均會由表面放射出紅外線能量，越熱的物體就會放射出越強的能量。由於耳鼓、耳膜位於頭骨內接近體溫控制中樞「腦下垂體」位置，且充分得到頸動脈血流供應，若人體核心溫度有任何變動，可立即由鼓膜溫度表現出來，耳溫槍就是以紅外線測量自鼓膜釋出的熱能，獲得溫度。



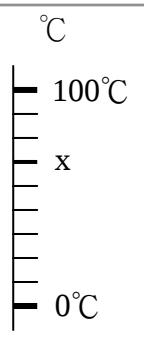
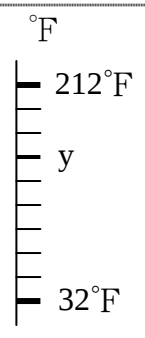
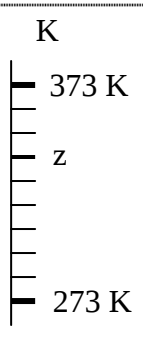
## 常用溫標

## 1、溫度比較的基準——溫標：

(1) 冰點：1 大氣壓下，純淨的冰與水共存時的溫度

(2) 沸點：1 大氣壓下，純淨的水沸騰時的溫度

## 2、三種常用的溫標

|      | 攝氏 °C                                                                              | 華氏 °F                                                                              | 凱氏 K                                                                                 |
|------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 冰點   | 0 °C                                                                               | 32 °F                                                                              | 273.15K                                                                              |
| 沸點   | 100 °C                                                                             | 212 °F                                                                             | 373.15K                                                                              |
| 冰沸點差 | 100 °C                                                                             | 180 °F                                                                             | 100K                                                                                 |
| 圖示   |  |  |  |
| 換算原理 | 利用成比例的性質，不要死記 $\frac{x-0}{100-0} = \frac{y-32}{212-32} = \frac{z-273}{373-273}$    |                                                                                    |                                                                                      |

備 註：①物質的熔、沸點與壓力有關(三相圖)

②若非純物質，則會有凝固點下降、沸點上升的現象發生。



## 沒有知識也要有常識 3

液態的水、固態的冰、氣態的水蒸氣，只有在特定的壓力與溫度下，在熱平衡的狀態下三者共存。水的三相點 $T_3=273.16\text{K}$  (3 的下標，表示三相點) 凱氏溫標的刻度大小，是絕對零度到水的三相點間溫度差異的

$\frac{1}{273.16}$ 。嚴格而言，水的沸點溫度是  $99.975^\circ\text{C}$ ，冰點是  $0.00^\circ\text{C}$ ，因此沸點

與冰點的距離略小於  $100^\circ\text{C}$ 。



## 沒有知識也要有常識 4

克爾文爵士( Lord Kelvin ； 1824~1907)

William Thomson 1866 年受封為騎士，1892 年受封為克爾文男爵 (Baron Kelvin of Largs)，表彰他對英國科學、工程學與海底電纜鋪設的貢獻，1890~1895 擔任皇家學會會長，但因克爾文爵士無子嗣，死後，爵位因此斷絕，否則今天英國還會有「克爾文男爵」。

## 沒有知識也要有常識 5

歷史上第一支溫度計是伽利略約在 1592A.D 製造出來。構造就是長玻璃管中裝一小段水，利用空氣熱脹冷縮的特性，簡易判斷溫度的高低。

之後的科學家已用水的冰點與沸點當做溫標，但製作技術無法達到高精確度。德國的科學家華蘭海特( Gabriel Daniel Fahrenheit ,1686-1736 )1714 年利用水銀的熱膨脹來測量溫度， 因其容易傳熱且量度較準確。原先以冰水中加入食鹽，所產生的溫度定為華氏零度 ( $0^{\circ}\text{F}$ )，而把人體的體溫定為華氏一百度 ( $100^{\circ}\text{F}$ )，後來改以水的冰點溫度定為華氏 32 度，把水沸騰的溫度定為華氏 212 度。

1730 年法國人 Réaumur 以水的冰點為 0 度，沸點為 80 度，稱為列式溫標。1742 年瑞典天文學家 Anders Celsius (1701~1744)提出了攝氏溫標，但是他是把沸點定義成零度，冰點定義成 100 度。但他的同事以實用性考量，將 0 與 100 度的定義對調，就成了現在常用的溫攝氏溫標。

## 沒有知識也要有常識 6

溫度  $78^{\circ}\text{C}$  唸為 seventy-eight degree Celsius

溫度  $78^{\circ}\text{F}$  唸為 seventy-eight degree Fahrenheit

溫度 78 K 唸為 seventy-eight Kelvin

1967 年開始並正式使用 K(凱爾文， kelvin) 取代 (degree Kelvin)

## 沒有知識也要有常識 7

宇宙剛開始的溫度  $10^{39}\text{ K}$ ，今日宇宙背景輻射= $2.73\text{ K}/3\text{K}$ 。

日冕的溫度是攝氏一百萬度以上，而太陽表面的"光球層"(photosphere)，溫度祇是攝氏六千度左右。滿月時地表平均升溫  $0.02$  攝氏度。水星及金星表面，估計在攝氏  $316\text{--}427$  度。冥王星的溫度只有攝氏零下  $230$  度。太陽系中最冷的地方是海王星的衛星 Triton，其表面溫度  $-235^{\circ}\text{C}$ ，或  $38\text{K}$ 。氮的沸點為  $4.2\text{ K}$ 。目前在地球上所紀錄的最低溫為南極的  $-89^{\circ}\text{C}$ 。目前全球氣溫將比 1860 年高出  $4^{\circ}\text{C}$ ，陸地氣溫上升  $5.5^{\circ}\text{C}$

## 沒有知識也要有常識 8

倫敦醫生奧爾巴特於 1867 年時，製作出體積輕巧的體溫計，體溫計在小圓球和細管連接的部份，做得特別細，測量體溫之後，雖然離開身體，其中的水銀也不會馬上縮回小圓球裡，讓我們方便觀測讀數。但是看完溫度，要用力把水銀甩回圓球裡，以方便下次使用。



### 範例 03

1. (83 推甄)溫度代表冷熱的程度，以下有關溫度的敘述，何者錯誤？
- (A)一大氣壓下，冰及水共處達熱平衡的溫度為  $0^{\circ}\text{C}$   
 (B)一大氣壓下，水沸騰的溫度為  $100^{\circ}\text{C}$   
 (C)愈冷溫度愈低，可以低到  $-100^{\circ}\text{C}$ 、 $-1000^{\circ}\text{C}$  等  
 (D)愈熱溫度愈高，可以高到  $100^{\circ}\text{C}$ 、 $1000^{\circ}\text{C}$  等
2. (90 日大)溫度計所用測量溫度的物質應具備之條件為
- (A)它必須是液體或氣體  
 (B)它因冷熱而改變的特性要有重複性  
 (C)它因冷熱所產生的效應須相當明顯  
 (D)它的熱容量愈小愈好  
 (E)當它與其他物體接觸後，能在短時間內達到熱平衡？

解題思路

溫度無(理論)上限，但溫度有下限。



### 範例 04

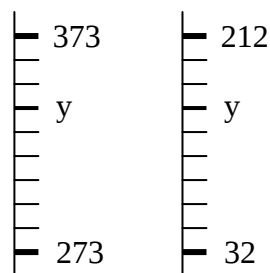
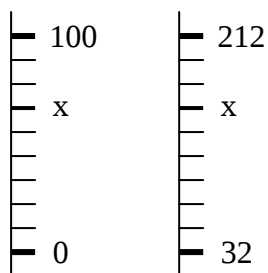
在什麼溫度下：

- (1)華氏 $^{\circ}\text{F}$ 溫度與攝氏 $^{\circ}\text{C}$ 溫度會有相同之讀數？ (2)華氏 $^{\circ}\text{F}$ 溫度是攝氏 $^{\circ}\text{C}$ 的2倍？  
 (3)華氏 $^{\circ}\text{F}$ 溫度與凱氏 $\text{K}$ 溫度會有相同之讀數？ (4)攝氏與凱氏會有相同的讀數？

解題思路

利用「比例」之觀念求解

解答：(1) $-40^{\circ}\text{C}(^{\circ}\text{F})$  (2) $160^{\circ}\text{C}=320^{\circ}\text{F}$  (3) $574.25\text{K}(^{\circ}\text{F})$  (4)\_\_\_\_\_



### 範例 05

【南一】1730 年法國人 Réaumur 以水的冰點為 0 度，沸點為 80 度，稱為列式溫標。則人的體溫  $37^{\circ}\text{C}$ ，相當於列式幾度？ (29.60)