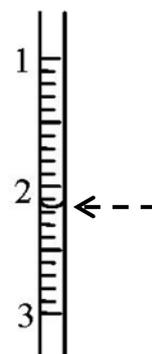


## 附錄 有效數字

### 一、有效數字 (significant figures, 簡記為 s.f.)

以儀器進行各項量測時，數據紀錄應包含數值及單位二部分。以滴定管進行滴定為例，右圖滴定管的最小刻度 (scale division) 是 0.1 mL，讀記體積為「2.18 mL」。其中「2.1」是可準確讀到的二位數字，稱為確定數值 (certain digit)；「1」右方的數字「8」則為一位有誤差的不確定數值 (uncertain digit)，這估計值隨各人判讀而不同。因此準確讀到的確定數值加上一位估計值，這所有數字稱為有效數字，如「2.18 mL」為三位有效數字。



以實驗室常用的電子天平為例，同一物品若用兩種不同精密度 (precision) 的天平稱量，電子螢幕上出現「1.10 g」及「1.0725 g」二組數據，這表示兩台天平的精密度分別為  $\pm 0.01$  g 及  $\pm 0.0001$  g (圖 A-1)。螢幕上的最後一位數字是有誤差的不確定數值，記錄重量時要將螢幕上的所有數字抄寫下來，這些均為有效數字，分別記為「1.10 g」及「1.0725 g」。數據紀錄「1.10 g」中的 0 很重要，不得略寫為「1.1 g」，這會誤以為天平的稱重誤差為  $\pm 0.1$  g。因此記錄實驗測量數據時，要特別注意有效數字，即記錄準確量測到的確定數值再加一位估計值。

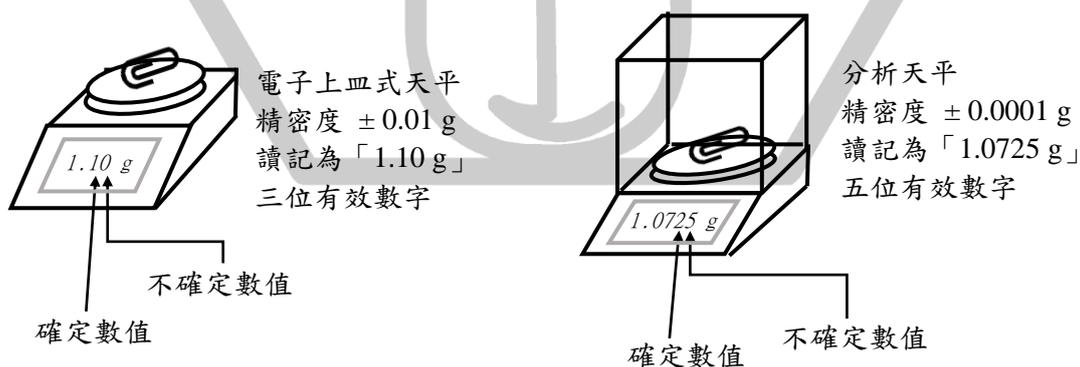


圖 A-1 電子天平及精密度

「0」這個數字的出現常會令有效位數有些困擾，其原則為：夾在數字中間的「0」均為有效數字，如「1.0725」為五位有效數字；所有非零數值前的「0」均不是有效數字，如「0.011」為二位有效數字；小數點後面非零數值後的「0」

均為有效數字，如「1.10」為三位有效數字。然而在整數中的尾數若為「0」時，易產生混淆，如「1500 mL」可能是二位有效數字，但也可能為三位或四位有效數字，這與測量工具的不準度（uncertainty）有關。為正確表示「1500 mL」測量值的有效數字，可根據最小測量單位，以科學記數法表示。例如：

$1.5 \times 10^3$  mL      二位有效數字，表示精密度為  $\pm 100$  mL

$1.50 \times 10^3$  mL      三位有效數字，表示精密度為  $\pm 10$  mL

$1.500 \times 10^3$  mL      四位有效數字，表示精密度為  $\pm 1$  mL

此外，定義值及計數則為無限多位有效數字。

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa} = 760 \text{ torr} \doteq 760 \text{ mmHg} \doteq 76 \text{ cmHg}$$

$$0^\circ\text{C} = 273.15 \text{ K}$$

$$0.2786 \text{ g} \times 8 = 2.229 \text{ g}$$

## 二、有效數字的運算

當進行四則運算時，計算後的最後答案須依四捨五入規則正確表示其有效位數，舉例說明如下。

### 1. 加減運算

$$\begin{array}{r} 1.75 \\ + 9.1 \\ \hline 10.85 \end{array}$$

保留第一個不確定數值 8，  
該位之後的 5 四捨五入進位  
答案：10.9

$$\begin{array}{r} 172.62 \\ - 1.3 \\ \hline 171.32 \end{array}$$

保留第一個不確定數值 3，  
該位之後的 2 四捨五入捨去  
答案：171.3

### 2. 乘除運算

若為乘除運算，所得答案與有效位數最少的數值相同。

$$\text{例 1: } 200.5 \times 3.21 = 643.605 \xrightarrow{3 \text{ s.f.}} 644$$

4 s.f.   3 s.f.

$$\text{例 2: } 222 \div 11 = 20.1818 \xrightarrow{2 \text{ s.f.}} 20$$

3 s.f.   2 s.f.

例 3：以下列算式為例

$$\frac{\begin{array}{ccc} 3 \text{ s.f.} & 5 \text{ s.f.} & 5 \text{ s.f.} \\ (452.37 - 211) \times 0.26514 \times 273.05 \end{array}}{\begin{array}{ccc} 2.6 \times 10^2 & 0.0103 & 298 \\ 2 \text{ s.f.} & 3 \text{ s.f.} & 3 \text{ s.f.} \end{array}} = 21.89645 \xrightarrow{2 \text{ s.f.}} 22$$

### 3. 對數 (log) 運算

對數運算時，保留答案小數點右邊的位數與原數值的有效數字位數相同。

例 1： $3.77 \times 10^4$  為三位有效數字，取對數時

$$\begin{aligned} \log(3.77 \times 10^4) &= \log(10^4) + \log(3.77) \\ &= 4 + 0.576341 \\ &= 4.576 \end{aligned}$$

答案中的個位數字「4」代表此數值中 10 的冪次方 ( $10^4$ )，小數點後的數值「.576」是三位有效數字「3.77」取對數所得到之數值，答案應表示為「4.576」，三位有效數字。對數值之小數點後面的數字位數即是該對數值的有效數字位數。

例 2：再以化學運算過程中之 pH 值計算為例

若  $[H^+] = 2.5 \times 10^{-12} M$  為二位有效數字

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log[H^+] \\ &= -\log(2.5 \times 10^{-12}) \\ &= 12 - \log(2.5) \\ &= 11.60206 \\ &= 11.60 \quad \text{取對數後，小數點後保留二位有效數字「.60」} \end{aligned}$$

### 4. 反對數 (antilog) 運算

取一個數值的反對數時，答案的有效數字位數應與原數值小數點右邊之有效數字位數相同。

例：pH 8.74 為二位有效數字， $[H^+]$  應表示為  $1.8 \times 10^{-9} M$ ，二位有效數字。

$$\begin{aligned} [H^+] &= \text{antilog}(-8.74) M \\ &= 10^{-8.74} M \\ &= 1.8197 \times 10^{-9} M \\ &= 1.8 \times 10^{-9} M \end{aligned}$$