

## 量 測 (補充)

失之毫釐，差以千里！差以毫釐，謬以千里！

## §1 計數與測量：準度與精度 (Counting and Measuring)

最簡易定量方法為

1. 計數(count)：原則上是一“正確的”定量過程，如銅板數，西瓜數量。

大數目：如人口數，一莫耳分子數，在某些可接受之不準確下就可。

2. 測量(measure)：測量儀器有“精確度”(precision)限制；

不管如何仔細測量，絕對無法得到比儀器限制還精確的結果。

一般直尺  $\pm 0.05$  cm (最小刻度 0.1 cm)；千分錶 0.01 mm

游標尺 0.01 cm (1/100 cm) or 1/500 (= 0.002) cm

⇒ 一測量儀器之精度限制為最小刻度之一半；

⇒ a limit on how many digits in the result are known with certainty, the digits that are known with certainty called **significant digits** (有效數字).

誤差來源：(1)人為(粗疏)，(2)系統(儀器本身或設計上)

(3)隨機或統計：因溫度，電壓，氣壓等因素造成的擾動

⇒ **多次量測，求平均值。**

## §2 測量之因次與單位 (Dimensions and Units in Measurement)

測量之對象的性質，這些性質稱為“因次”(dimension)，各“因次”對應一“單位”(unit)

基本量(單位)：14th 國際度量衡大會(1971) 7 個“基本量”，作為國際單位系統的基礎 ⇒ the International System of Unit, SI or metric system (公制).

導出量(單位)：藉“基本量”定義的量及對應的單位；如速率(m/s)，加速度(m/s<sup>2</sup>)，動量(kg·m/s)，角動量，力，動能...等

## 7 個基本量及因次

因次 dimension	長度 length	質量 mass	時間 time	溫度 temperature	電流 current	輝(光)度 luminous intensity	物質量 quantity
單位 unit	m meter	kg kilogram	s second	K Kelvin	A Ampere	cd candela 坎德拉	mol mole

**時間**：銫(Cs)133 原子發出某特定波長的光振動 9,192,631,770 次所需的時間為 1 s (秒)

**長度**：光在真空中於 299,792,458 分之 1 秒內行進的距離為 1 m (公尺)。

**電流**：於真空中兩平行長直極細圓柱導線載相等的電流當相距 1 m 時，互施予對方每單位長度  $2 \times 10^{-7}$  N 之力，其電流定義為 1 A (安培)。

**光速**： $c = 2.99792458 \times 10^8$  m/s;

**亞佛伽厥數**(Avogadro constant)： $N_A = 6.022\ 141\ 99 \times 10^8$  mol<sup>-1</sup>;

**莫耳氣體常數**(Molar gas constant)： $R = 8.314\ 472$  J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>;

### §3 帶單位之計算與單位系統之轉換

(Calculating with Units and Converting between Systems of Units)

加、減之對象須具相同單位之量；乘、除時 -- 單位之乘除運算如同代數之運算

(1). 2.00 hr 行進 180 km  $\Rightarrow$  時速  $S/t = (180 \text{ km})/(2.00 \text{ h}) = 90.0 \text{ km/h}$ ;

(2).  $p = mv = (3.0 \text{ kg})(12 \text{ m/s}) = 36 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ ; (3).  $(1.00 \text{ in})/(2.54 \text{ cm}) = 1$  or  $(2.54 \text{ cm})/(1.00 \text{ in}) = 1$ ;  $50.0 \text{ cm} = (50.0 \text{ cm})\times(1.0 \text{ in})/(2.54 \text{ cm}) = 19.7 \text{ in}$ .

### §4 計算之有效位數 (Significant Digits in Calculations)

有效數字 Significant figure

3.1 cm — 2 位 // 4.36 m/s — 3 位 // 5.003 — 4 位 // 0.00875 kg — 3 位;

4500 ft / 2, 3, 4 位(不定);  $4.5\times 10^3 \text{ ft}$  — 2 位;  $4.500\times 10^3$  — 4 位;

科學記數法  $a \times 10^n$ ,  $1 \leq |a| < 10$ ,  $n = \text{integer}$ .

$$0.00123 \Rightarrow 1.23 \times 10^{-3}; 1230000 \Rightarrow 1.23 \times 10^6.$$

(1) 加減運算 其結果之精確度由最小精確度的數決定

〈例〉 3.76 cm	3.765	3.0755
46.855	46.8555	46.8545
+ 0.2	0.25	0.15
50.815	50.8705	50.7595
50.8 (Ans.)	可能最大值	可能最小值

(2) 乘除運算 其結果之有效位數通常最大為乘除數中有效位數最少者。

〈例〉 Box : 長 31.3 cm, 寬 28 cm, 高 51.85 cm,

$$\text{Volume} = (31.3)(28)(51.85) = 45,441.34 \text{ (cm}^3\text{)},$$

$$3 \text{ 位} / 2 \text{ 位} / 4 \text{ 位} \rightarrow 4.5 \times 10^4 \text{ cm}^3 \text{ (Ans., 2 位)};$$

$$\text{max } V = (31.35)(28.5)(51.855) = 46,300 \text{ cm}^3;$$

$$\text{min } V = (31.25)(27.5)(51.845) = 44,600 \text{ cm}^3.$$

〈例 1〉  $1/3 = 0.333333333\dots$ (無窮多位)  $\Rightarrow$  Ans. **0.3**(無窮多位).

〈例 2〉  $1.0/3.0$  (2 位/2 位) = 0.333... (先取 3 位)  $\Rightarrow$  Ans. **0.33** (最後 2 位).

〈例 3〉  $2.0/3.0$  (2 位/2 位) = 0.666... (先取 3 位)  $\Rightarrow$  Ans. **0.67** (最後 2 位).

〈例 4〉  $2.0/3.00$  (2 位/3 位) = 0.666... (先取 3 位)  $\Rightarrow$  Ans. **0.67** (最後 2 位).

〈例 5〉 2009 柏林世界田徑賽 Bolt 以 9.58 s (19.19 s) 破 100 m (200 m) 世界記錄, 試計算其平均速率. Sol.  $v_{\text{av}}(100) = 100/9.58 = 10.43 \Rightarrow$  Ans. **10.4** m/s.

$v_{\text{av}}(200) = 200/19.19 = 10.42 \Rightarrow$  Ans. **10.4** m/s; 若 200 m 之有效位數大於 3, 則

$v_{\text{av}}(200) = 200/19.19 = 10.422 \Rightarrow$  Ans. **10.42** m/s.

最後, 書寫答案時, 務必注意“有效位數”及“單位”

\* 1 ft = 30.48 cm, 1 in = 2.54 cm, 1 mi = 1.6093 km, 1 nautical mile = 1.852 km.

\* 1 G = 10 億, 1 M = 1 百萬.