

第一章 物理量及其單位

一、物理量之量度與標準

1. 一量測值包含了數值和單位兩部份。

2. 凡是在物理學上所量度的量，統稱為物理量。可分為基本量與導出量：

(1) 基本量：可直接量出之量。（長度、質量、時間、溫度、電流、光度、物量）

物理量	單位	單位符號	因次
長度	公尺	m	L
質量	公斤	Kg	M
時間	秒	sec	T
溫度	凱耳文	K	
電流	安培	A	
光度	燭光	cd	
物量	莫耳	mol	

(2) 導出量：由基本量所導出之量。（基本量以外之量）

3. 時間的單位：

(1) 太陽日：太陽連續兩次在天空中高度角相同之位置時，所經歷的時間稱為一個太陽日。

（一年中各太陽日的長短並不一致）

(2) 平均太陽日：一年中各太陽日的平均值，稱為一個平均太陽日，就是平時所說的一天。

（一年 = $365\frac{1}{4}$ 平均太陽日）

(3) 1 平均太陽日 = 24 小時 = 1440 分 = 86400 秒

4. 時間的量測：

(1) 凡具有規律性振動的物體，均可用來量測時間。

(2) 日晷、沙漏、單擺等均可作為計時的工具。

5. 質量（m）：

(1) 物體內所含物質之多寡稱為質量。

(2) 單位：公斤（kg）、公克（g）

(3) 量測方法：天平

(4) 質量不隨地理位置之不同而改變。

6. 重量（W）：

(1) 物體所受引力之大小稱為重量。

(2) 單位：公斤重（kgw）、公克重（gw）、牛頓（N）、達因（dy）

(3)量測方法：彈簧秤

(4)同一地點（引力相同）處，物體之重量與質量成正比。

(5)沒有引力的地方沒有重量，但仍有質量。

(6)重量隨地理位置不同而改變。

*在地球表面或表面以上之物重與其質量成正比與距地心距離平方成反比。

*物體在高山之重量比在平地小、在兩極之重量比在赤道大（北極較接近地心所受地球引力較大）。

7.基本單位的標準定義：

(1)長度—公尺（米、m）

一公尺為光在真空中傳播 $1/299792458$ 秒所行的距離。

*一公尺最初的標準為取北極經巴黎至赤道子午線長度的一千萬分之一為1公尺。

*科學上長度單位曾經以氙（Kr-86）發光波長之 1650763.73 倍為1米。

(2)質量—公斤（千克、Kg）

在2018年第26屆國際度量衡會議中，通過以普朗克常數來重新定義公斤。我國工研院國家度量衡標準實驗室，採用矽晶球法來實現以普朗克常數定義公斤。

*一公斤的定義曾經以置於巴黎國際度量衡局之鉑銥合金公斤原器的質量為一公斤。

*18世紀前，1公斤為1公升純水的質量。

(3)時間—秒（sec）：

一秒為銫-133（Cs-133）原子振動 9192631770 次所需時間。

8.國際上常用之分數與倍數符號：

分數	符號	字首	倍數	符號	字首
10^{-2}	c（厘）	centi	10^3	K	kilo
10^{-3}	m（毫）	milli	10^6	M	mega
10^{-6}	μ （微）	micro	10^9	G	giga
10^{-9}	n（奈）	nano	10^{12}	T	tera

9.基本量單位制度：

(1) C.G.S 制：公分、公克、秒。

(2) M.K.S 制（SI 制）：公尺、公斤、秒。

(3) F.P.S 制：呎、磅、秒。

10.常用之單位及單位換算：

(1) 1 米（m）= 100 厘米（cm）= 1000 毫米（mm）。

(2) 1 \AA （埃）= $10^{-10}\text{m} = 10^{-8}\text{cm}$ 。

(3) 1 光年 = $9.46 \times 10^{15}\text{m}$ （光走一年之距離）。

(4) 1AU（天文單位）= $1.5 \times 10^{11}\text{m}$ （地球繞太陽軌道之平均半徑）。

- (5) 1 公斤 (Kg) = 1000 公克 (g)。
(6) 1 哩 = 5280 呎 = 1.6Km。
(7) 1 呎 (ft) = 12 吋 (in) = 0.3048 公尺。
(8) 1 磅 (lb) = 0.4536 公斤。

精選範例

例 1. 透過操作型定義量化的物理概念，稱為物理量；它可分為基本量和導出量兩種。下列哪一組物理量只包含基本量？ (A) 力量、動量、動能 (B) 長度、速度、加速度 (C) 質量、長度、時間 (D) 功、能量、熱量。

答：(C)

基本量：長度、質量、時間、溫度、電流、物量、光度

例 2. 密度是： (A) 基本量 (B) 長度的導出量 (C) 質量和時間的導出量 (D) 質量和長度的導出量。

答：(D)

密度 = $\frac{\text{質量}}{\text{體積}}$ ($\frac{kg}{m^3}$), 為質量與長度之導出量

例 3. 有時候在單位前面會加上一些字首來建構新的單位，下列有關字首換算何者正確？ (A) 全球平均每人每年接受的輻射劑量約 2.0 毫西弗 = 2.0×10^{-3} 微西弗 (B) 某電磁波的頻率為 $4.0GHz = 4.0 \times 10^{12}$ Hz (C) 某廣播電台的頻道為 $100.7MHz = 1.007 \times 10^6$ Hz (D) 某病毒的直徑為 $18nm = 1.8 \times 10^{-8}$ m。

答：(D)

例 4. 在 S.I 制中，物理基本量的單位是？ (A) 厘米、公克、秒 (B) 公尺、公斤、秒 (C) 呎、磅、秒 (D) 公里、公噸、小時。

答：(B)

M.K.S 制 (SI 制)：公尺、公斤、秒。

例 5. 試估算直徑約為 0.1 毫米的一粒細砂中，可含有直徑約為 100 奈米的『奈米顆粒』多少個？ (A) 10^5 (B) 10^9 (C) 10^{12} (D) 10^{15} 個。

答：(B)

$$N = \frac{\frac{4}{3}\pi\left(\frac{10^{-4}}{2}\right)^3}{\frac{4}{3}\pi\left(\frac{10^{-7}}{2}\right)^3} = 10^9$$

例 6. 物理量必須同時包含： (A) 長度與時間 (B) 長度與質量 (C) 數字與大小 (D) 數值與單位。

答：(D)

一量測值包含了數值和單位兩部份

例 7. 關於 SI 單位系統，下列敘述何者不正確？ (A) 共有七個基本單位 (B) 以光速作為制定長度標準的依據 (C) 溫度的單位為℃ (D) 安培為基本單位。

答：(C)

SI 單位系統，溫度的單位為 K

例 8. 目前國際單位制 (SI) 中，長度的基準是依照下列哪一種性質來訂定的？ (A) 單擺的等時性 (B) 光速的不變性 (C) 地球形狀的對稱性 (D) 鉑銥合金棒的標準性。〔103 警專 33 期〕

答：(B)

二、有效數字

1. 有效數字為精確數加上一位估計數。
2. 有效數字可記錄至量具最小刻度之 $\frac{1}{10}$ 。

精選範例

例 1. 若有一木工用皮尺測量一桌面的長度為 1.293 公尺，則該皮尺的最小刻度為： (A) 公尺 (B) 公寸 (C) 公分 (D) 公釐。

答：(C)

最後一位為估計數，故該尺的最小刻度為 0.01 公尺 (1 公分)。

例 2.以最小刻度 0.1 公分的直尺量一物體的長度正好是 9 公分，則應記為下列何者較合理？

(A) 9 公分 (B) 9.0 公分 (C) 9.00 公分 (D) 9.000 公分。

答：(C)

精確數為 9.0 公分，加上一位估計數，故應記為 9.00 公分。

三、密度

1.單位體積內所含的質量，稱為該物質的密度。

$$\text{密度} = \frac{\text{質量}}{\text{體積}} \quad D = \frac{M}{V}$$

單位：g/cm³、kg/m³

(1)在一定溫度與壓力時，同一物質的密度為定值。

(2)一般物質在溫度上升時，體積膨脹，密度變小。

(3)水在 4°C 時，密度最大、體積最小，其值為 1 g/cm³ 或 1000 kg/m³，故水在 4°C 時，熱脹冷亦脹。

精選範例

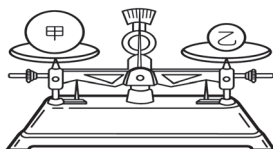
例 1.某合金是由質量 m_1 、密度 d_1 的 A 金屬及質量 m_2 、密度 d_2 的 B 金屬熔鍊而成，則此合金

之密度為？ (A) $d_1 + d_2$ (B) $d_1 - d_2$ (C) $\frac{d_1 + d_2}{m_1 + m_2}$ (D) $\frac{(m_1 + m_2)d_1 d_2}{m_1 d_2 + m_2 d_1}$ 。

答：(D)

$$D_{\text{合金}} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} = \frac{m_1 + m_2}{\frac{m_1}{d_1} + \frac{m_2}{d_2}} = \frac{m_1 + m_2}{\frac{m_1 d_2 + m_2 d_1}{d_1 d_2}} = \frac{(m_1 + m_2)d_1 d_2}{m_1 d_2 + m_2 d_1}$$

例 2.如圖，甲、乙兩個組織均勻的圓心球體置於已歸零的等臂天平左右兩秤盤中，天平兩臂呈現水平，則甲、乙兩球體密度何者較大？ (A)甲 (B)乙 (C)兩者相等 (D)無法判斷。

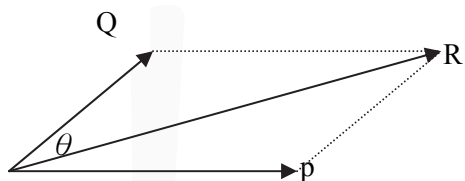


答：(B)

甲、乙質量相同，乙體積較小，乙密度較大

四、純量與向量

- 1.純量：僅有大小而無方向之量。（路徑、距離、速率、功、功率、能量、體積、密度、溫度、熱量、電位等）
- 2.向量：同時具有大小及方向之量。（位移、速度、加速度、角速度、力、動量、電場等）
- 3.向量三要素：
(1)大小 (2)方向 (3)作用點
- 4.向量的合成：設兩向量 P 、 Q 夾 θ 角，合向量 R



- (1) $R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ \cdot \cos \theta}$
 - (2) $\theta = 0^\circ$ ，有最大值 $R = P + Q$
 - (3) $\theta = 180^\circ$ ，有最小值 $R = P - Q$
 - (4) $\theta = 90^\circ$ ， $R = \sqrt{P^2 + Q^2}$
- 5.向量的內積與外積：
- (1)向量的內積： $A \cdot B = |A||B|\cos \theta$
 - (2)向量的外積： $A \times B = |A||B|\sin \theta \hat{n}$
- 6.單位向量：
- * $|i| = 1$ 、 $|j| = 1$ 、 $|k| = 1$

精選範例

例 1. 向量 A 與 B 之和為 R ，已知 $R = 5i - 3j$ $A = 2i + 4j$ ，則 B 為？ (A) $10i - 12j$ (B) $2.5i - 0.75j$ (C) $3i - 7j$ (D) $7i + j$ 。

答：(C)

$$B = R - A = (5i - 3j) - (2i + 4j) = 3i - 7j;$$

$$|B| = \sqrt{3^2 + (-7)^2} = \sqrt{58}$$

例 2. 向量 A 與 B 之和，最大為 13，最小為 5，則 A 、 B 之大小可能為？ (A) 9、4 (B) 13、8 (C) 10、5 (D) 6、7。

答：(A)

當 $\theta=0^\circ$ 時，A與B之和有最大值， $A+B=13\dots(1)$ ；

當 $\theta=180^\circ$ 時，A與B之和有最小值， $A-B=5\dots(2)$ ；

(1)+(2)； $2A=18$ ， $A=9$ ， $B=4$

例 3. \vec{A} 、 \vec{B} 之值各為 3、4 且夾 60° ，則 $\vec{A} + \vec{B} =$ (A) 5 (B) $\sqrt{31}$ (C) $\sqrt{37}$ (D) 12。

答：(C)

$$A+B = \sqrt{3^2 + 4^2 + 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot \cos 60} = \sqrt{37}$$

五、數量級

1. 以 10^n 次方來表示某數之約略大小，謂之數量級。

2. 設一科學記號 $a \times 10^n$ ， $1 \leq a < 10$

(1) $a \geq 3.16$ ，則其數量級為 10^{n+1} 次方。

(2) $a < 3.16$ ，則其數量級為 10^n 次方。

精選範例

例 1. 4.16×10^{12} 的數量級為： (A) 10^{11} (B) 10^{12} (C) 10^{13} (D) 10^{14} 。

答：(C)

因 $4.16 > 3.16$ ，故次方數進一位

例 2. 3.15×10^{12} 的數量級為： (A) 10^{11} (B) 10^{12} (C) 10^{13} (D) 10^{14} 。

答：(B)

因 $3.15 < 3.16$ ，故次方數不進位

六、物理量的因次與因次分析

公分、公尺、奈米、英吋…等的單位不同，但其本質都是長度單位，都是相同的物理量，所以相同的物理量雖然本質相同，確可能因為使用了不同的單位系統而難以分辨。我們可以藉由因次分析來分辨物理量的本質，因次相同的物理量才可以相加減，利用因次分析，也可以找出推導或運算過程中的錯誤。

力學基本量	S.I 單位	因次符號
長度	公尺 (m)	L
質量	公斤 (kg)	M
時間	秒 (s)	T

精選範例

例 1.密度的定義為單位體積內物質含量的多寡，則密度的因次為？

$$\text{答：密度} = \frac{\text{質量}}{\text{體積}} = \frac{\text{質量}}{\text{長度}^3} = \frac{M}{L^3} = ML^{-3}$$

鼎文公職
試閱講義

實力養成區

- (D) 1. 要將能儲存 1200 公升石油的圓球形儲槽表面塗漆需用 3 桶油漆，則要將能儲存 9600 公升石油的圓球形儲槽表面塗以相同厚度的油漆，需多少桶油漆才夠？（假設兩儲槽的壁之厚度均遠小於其半徑，故不需列入考慮） (A) 6 (B) 8 (C) 10 (D) 12。
- (B) 2. 請問 0.1 微米等於多少奈米？（1 奈米 = 10^{-9} m） (A) 1000 (B) 100 (C) 10 (D) 1。
- (C) 3. 下列何者為力學上的三個基本量？ (A) 力、速度、質量 (B) 動量、力、時間 (C) 長度、質量、時間 (D) 加速度、質量、時間。
- (C) 4. 有一綠色光，其波長為 555 奈米，等於多少 m？ (A) 5.55×10^{-9} (B) 5.55×10^{-8} (C) 5.55×10^{-7} (D) 5.55×10^{-6} 。
- (C) 5. 若光速的大小為 3×10^8 公尺 / 秒，則其又可寫成下列何者？ (A) 3×10^6 公分 / 秒 (B) 3×10^4 公里 / 秒 (C) 3×10^{14} 微米 / 秒 (D) 3×10^{16} 埃 / 秒
- (B) 6. 以一直尺測量物體之長度值為 0.31 公尺，則該直尺之最小刻度為： (A) 公尺 (B) 公分 (C) 公分 (D) 公厘。
- (C) 7. 透過操作型定義量化的物理概念，稱為物理量，它可分為基本量和導出量兩種。下列哪一組物理量只包含基本量？ (A) 力量、動量、動能 (B) 長度、速度、加速度 (C) 質量、長度、時間 (D) 功、能量、熱量。
- (D) 8. 1km 等於多少埃？ (A) 10^3 (B) 10^6 (C) 10^{10} (D) 10^{13} 。
- (A) 9. 下列物理量，何者非為基本物理量？ (A) 重量 (B) 長度 (C) 時間 (D) 溫度。
- (C) 10. 一直尺之最小刻度為 1 毫米，今量得書本長度為 16 厘米，則此量測值應記為若干厘米？ (A) 16 (B) 16.0 (C) 16.00 (D) 16.000。
- (A) 11. 下列物理量，何者為基本量？ (A) 時間 (B) 面積 (C) 密度 (D) 速度。
- (D) 12. 關於單位，下列何者正確？ (A) 公尺、公克、秒為 MKS 制的單位 (B) 呎、公斤、秒為 FPS 制的單位 (C) 公尺、磅、秒為 MKS 制的單位 (D) 公分、公克、秒為 CGS 制的單位。
- (D) 13. 向量 P 與 Q 交於一點，其夾角為 α ，則此兩向量之和的大小為？ (A) $\sqrt{P^2 + Q^2}$ (B) $\sqrt{P^2 + (Q \sin \alpha)^2}$ (C) $\sqrt{(P \cos \alpha)^2 + (Q \sin \alpha)^2}$ (D) $\sqrt{(P + Q \cos \alpha)^2 + (Q \sin \alpha)^2}$ 。
- (B) 14. A、B 之值皆為 6 且 $\theta = 60^\circ$ ，則 A+B 與 A-B 為？ (A) 12、0 (B) $6\sqrt{3}$ 、6 (C) 6、 $6\sqrt{3}$ (D) 12、 $6\sqrt{3}$ 。
- (B) 15. 在 XY 直角座標平面上，一向量的大小為 2.0 cm，若此向量與 X 軸的夾角為 60 度，則此向量之 X 分量的大小為多少 cm？ (A) 0.5 (B) 1.0 (C) 1.5 (D) 2.0。

- (A) 16. 二向量分別為 $A=2i + j$ 及 $B=i + 3j$ ，則此二向量的和的大小為？ (A) 5 (B) 7 (C) 15 (D) 25。
- (C) 17. 向量 $A=5$ 、 $B=8$ ，且兩向量夾 60° ，則 $A+B$ 及 $A-B$ 之大小分別為？ (A) $\sqrt{129}$ 、 $\sqrt{89}$ (B) $\sqrt{89}$ 、7 (C) $\sqrt{129}$ 、7 (D) 13、3。
- (C) 18. 使用天平測量物體的質量，測量結果為 12.450 公克，則天平使用的最小砝碼為多少公克？ (A) 1 公克 (B) 0.1 公克 (C) 0.01 公克 (D) 0.001 公克。
- (D) 19. 小強使用一支直尺，測量一個物體長度為 6.150 公尺，請問其中那一個數字是估計而得？ (A) 6 (B) 1 (C) 5 (D) 0。
- (B) 20. 一晶片的面積為 100 平方微米，相當於多少平方公尺？ (A) 10^{-16} (B) 10^{-10} (C) 10^9 (D) 10^{11} 。
- (A) 21. 氫原子半徑約為 0.53 \AA ，相當於多少奈米？ (A) 0.053 (B) 5.3 (C) 530 (D) 53000。
- (B) 22. 下列那一個不是距離的單位？ (A) 埃 (B) 盎司 (C) 光年 (D) 奈米。
- (D) 23. 容積 1 公升相當於 (A) 100 ml (B) 100 c.c. (C) 100^{-2} m^3 (D) 1000 cm^3 。
- (C) 24. 由重量百分比 90% 的金與 10% 的銀打造而成的皇冠，重量為 500 克。將它全部浸入水中時，可排開水的體積為多少立方公分？ (A) 17.6 (B) 22.6 (C) 28.1 (D) 30.0。(金的密度 19.3 g/cm^3 、銀的密度 10.5 g/cm^3)。
- (C) 25. 古夫金字塔是用大約 230 萬塊巨石建成的，塔尖高度約為 146 公尺，塔底寬度約為 230 公尺，故其體積約為 257 萬立方公尺。利用以上數據來估計，此金字塔每塊巨石的平均質量，與下列何者最為接近？(石頭的密度約在 2.5×10^3 公斤/公尺³) (A) 500 (B) 1000 (C) 2500 (D) 6000 公斤。
- (B) 26. 假設一外星人使用的質量單位為 \odot ，長度單位為 \oplus 。當該外星人來到地球時，發現和地球的單位比較， $1\odot = 4.0 \text{ kg}$ ， $1\oplus = 0.50 \text{ m}$ 。若此外星人身體的質量為 $8\odot$ ，體積為 $0.8\oplus^3$ ，則此外星人身體的平均密度相當於多少 kg/m^3 ？ (A) 2.0×10^3 (B) 3.2×10^2 (C) 8.0×10^1 (D) 4.0×10^1 。
- (B) 27. 右圖為一水庫與兩座山的鉛直截面示意圖，底部的長方形凹槽代表水庫，而兩側的等腰三角形則代表山。為估計山區豪雨對水庫水位的影響，假設沿垂直於紙面的方向延伸時，水庫與兩山的鉛直截面都不變，因此水庫兩側的山坡可視為傾斜角 θ 為 45° 的平面斜坡。若山區降雨量為 400 公厘，山高 H 為 500 公尺，水庫寬度 W 為 100 公尺且下降於水庫兩側山坡的雨水全部流入並蓄積於水庫中，則水庫的水位會因而增高多少公尺？ (A) 2 (B) 4 (C) $4\sqrt{2}$ (D) 20。
- (A) 28. 使用歸零後的等臂天平來測量物體的質量，當達平衡時，右盤中有一個 10 克的砝碼，三個 2 克的砝碼，且騎碼在天平橫梁的第十五個刻度線上。假設天平的橫梁上每一刻度代表 0.1 克，則左盤待測物體的質量為多少克？ (A) 17.50 (B) 17.55 (C) 15.50 (D) 15.55。

