

化工原理講義

第一回

50351B-1



社團法 人 考友社 出版發行

化工原理講義第一回 目錄

第一回 (1/2)

第一講 單位，因次及基本定律.....	1
壹、單位與因次.....	1
貳、單位換算.....	8
參、質量守恆定律.....	10
肆、能量守恆定律.....	18
伍、氣體定律.....	21
◆精選試題◆	25

第一回 (2/2)

第二講 熱力學基本定律.....	1
壹、熱力學基本概念.....	1
貳、熱力學第一定律.....	4
參、熱力學第二定律.....	6
肆、熱力學第三定律.....	7
伍、內能與焓.....	8
陸、熱容量.....	10
柒、熔解熱與汽化熱.....	13
捌、絕熱過程.....	16
玖、循環過程.....	19
拾、卡諾循環與熱機效率.....	22
拾壹、熵.....	25
拾貳、熱力學第二定律與熵.....	32
拾參、化學反應之熵變化.....	35
◆精選試題◆	37

第一講 單位、因次及基本定律

❖ 命題重點 ❖

壹、單位與因次

1. “因次”是量度的基本觀念，而表達因次的工具為“單位”。
 - (1)測量物理量時表達方式為“數值部份”+“單位部份”。
 - (2)同一物理量，若選用單位不同，則其數值部份也不同。
- 2.單位系統可分類為：
 - (1)公制系統：
 - ①M.K.S 制
 - ②C.G.S 制
 - (2)英制系統： F.P.S 制
 - (3)國際系統： S.I 制—國際上推廣使用，1960年國際會議制定。
以上各系統物理量之轉換因素(conversion factor)稱單位換算。
- 3.基本量與導出量：
 - (1)基本量：各單位系統所選用為測量之基礎，直接定義之物理量，稱基本量，有長度、質量、時間、溫度四基本量。
 - (2)導出量：藉一些基本物理定律所推導出來，由基本量所組成之物理量稱導出量，如面積、體積、密度、力、加速度、速度等。
 - (3)基本因次：基本量之大小與單位名稱均因系統不同而異，為求方便，以〔L〕表長度，〔M〕表質量，〔 θ 〕表時間，〔T〕表溫度，〔L〕〔M〕〔 θ 〕〔T〕稱基本因次。
 - (4)導出因次：導出量中因次，皆由基本因次分別所組成，如面積〔 L^2 〕、體積〔 L^3 〕、密度〔 ML^{-3} 〕、加速度〔 $L\theta^{-2}$ 〕、速度〔 $L\theta^{-1}$ 〕稱為導出因次。
〔註〕科學研究上以質量為基本量，工程應用上以力為基本量。

50351B-1 (1/2)

4. 公制單位系統:

公制系統分 C.G.S 制與 M.K.S 制, 每一種中又細分絕對單位與重力單位

(1) C.G.S 制絕對單位:

① 基本量:

量	名稱	符號	因次
長度	公分	cm	L
質量	公克	g	M
時間	秒	sec	θ

② 導出量:

(a) 力: 達因(dyne) $[ML\theta^{-2}]$

(b) 功: 耳格(erg) $[ML^2\theta^{-2}]$

③ 達因: 使 1 克物質產生每秒平方 1 公分加速度之力稱 1 達因。
 $1 \text{ dyne} \equiv 1 \text{ g} \cdot \text{cm}/\text{sec}^2$

④ 由牛頓第二運動定律, $F=ma/g_c$ 式中 g_c 稱轉換因子。

$$\text{則 } 1 \text{ dyne} = \frac{1 \text{ g} \times 1 \text{ cm}/\text{sec}^2}{g_c} \quad \therefore g_c = \frac{\text{g} \cdot \text{cm}}{\text{dyne} \cdot \text{sec}^2}$$

⑤ 耳格: 1 達因的力作用產生 1 公分位移所作的功稱 1 耳格。
 $1 \text{ erg} \equiv 1 \text{ dyne} \times 1 \text{ cm}$

(2) M.K.S 制絕對單位:

① 基本量:

量	名稱	符號	因次
長度	公尺	m	L
質量	公斤	kg	M
時間	秒	sec	θ

② 導出量:

(a) 力: 牛頓(NT) $[ML\theta^{-2}]$

(b) 功: 焦耳(J) $[ML^2\theta^{-2}]$

③牛頓：使 1 公斤物質產生每秒平方 1 公尺加速度之力稱 1 牛頓。

$$1\text{NT} \equiv 1\text{kg} \times 1\text{m} / \text{sec}^2$$

④由牛頓第二運動定律 $F=ma / g_c$ 得 $1\text{NT} = \frac{1\text{kg} \times 1\text{m} / \text{sec}^2}{g_c}$

$$\therefore g_c = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{NT} \cdot \text{sec}^2}$$

⑤焦耳(J)：1 牛頓的力作用產生 1 公尺位移所作的功稱 1 焦耳。

$$1\text{Joule} \equiv 1\text{NT} \times 1\text{m}$$

(3)C.G.S 制重力單位：

①基本量：

量	名稱	符號	因次
長度	公分	cm	L
質量	公克	g	M
時間	秒	sec	θ
力	公克重	gw	F

②1 公克重為 1 公克質量物質在緯度 45° 之海平面受重力加速度作用產生之力。

$$1\text{gw} = 1\text{g} \times 980\text{cm} / \text{sec}^2$$

③由牛頓第二運動定律 $F=mg/g_c$ 得 $1\text{gw} = \frac{1\text{g} \times 980\text{cm} / \text{sec}^2}{g_c}$

$$\therefore g_c = 980 \frac{\text{g} \cdot \text{cm}}{\text{gw} \cdot \text{sec}^2}$$

(4)M.K.S 制重力單位：

①基本量：

量	名稱	符號	因次
長度	公尺	m	L
質量	公斤	kg	M
時間	秒	sec	θ
力	公斤重	kgw	F

50351B-1 (1/2)

② 1 公斤重為 1 公斤質量物質在緯度 45° 之海平面受重力加速度作用產生之力。

$$1\text{kgw} \equiv 1\text{kg} \times 9.8\text{m} / \text{sec}^2$$

③ 由牛頓第二運動定律 $F = mg / g_c$ 得 $1\text{kgw} = \frac{1\text{kg} \times 9.8\text{m} / \text{sec}^2}{g_c}$

$$\therefore g_c = 9.8 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{kgw} \cdot \text{sec}^2}$$

5. 英制單位系統：

(1) 英國絕對單位：

① 基本量：

量	名稱	符號	因次
長度	呎	ft	L
質量	磅質量	lbm	M
時間	秒	sec	θ

② 導出量：

力：磅達(poundal) [$ML \theta^{-2}$]

③ 磅達：使 1 磅物質產生每秒平方 1 呎加速度之力，稱 1 磅達。

$$1\text{poundal} \equiv 1\text{lbm} \times 1\text{ft} / \text{sec}^2$$

④ 由牛頓第二運動定律 $F = ma / g_c$ 得 $1\text{poundal} = \frac{1\text{lbm} \times 1\text{ft} / \text{sec}^2}{g_c}$

$$\therefore g_c = 1 \frac{\text{lbm} \times \text{ft}}{\text{poundal} \cdot \text{sec}^2}$$

(2) 英國重力單位：

① 基本量：

量	名稱	符號	因次
長度	呎	ft	L
時間	秒	sec	θ
力	磅力	lbf	F

②導出量：

質量：斯拉格(slug) [$F \theta^2 L^{-1}$]

③斯拉格：用 1 磅力作用一物體，使產生每秒平方 1 呎加速度的質量，稱 1 斯拉格。

$$1\text{ lbf} \equiv 1\text{ slug} \times 1\text{ ft}/\text{sec}^2$$

$$\text{或 } 1\text{ slug} \equiv 1\text{ lbf}\cdot\text{sec}^2/\text{ft}$$

④由牛頓第二運動定律 $F=ma/g_c$ 得 $1\text{ lbf} = \frac{1\text{ slug} \times 1\text{ ft}/\text{sec}^2}{g_c}$

$$\therefore g_c = 1 \frac{\text{slug} \cdot \text{ft}}{\text{lbf} \cdot \text{sec}^2}$$

(3)英國工程單位：

①基本量：

量	名稱	符號	因次
長度	呎	ft	L
質量	磅質量	lbm	M
時間	秒	sec	θ
力	磅力	lbf	F

②1 磅力為 1 磅物質在緯度 45° 海平面上受重力加速度作用產生之力。

$$1\text{ lbf} \equiv 1\text{ lbm} \times 32.174\text{ ft}/\text{sec}^2$$

③由牛頓第二運動定律 $F=mg/g_c$ 得 $1\text{ lbf} = \frac{1\text{ lbm} \times 32.174\text{ ft}/\text{sec}^2}{g_c}$

$$\therefore g_c = 32.174 \frac{\text{lbm} \times \text{ft}}{\text{lbf} \cdot \text{sec}^2}$$

6.國際系統(S.I 制)：

(1)基本量：

50351B-1 (1/2)

量	名稱	符號	因次
長度	公尺 meter	m	L
質量	公斤 kilogram	kg	M
時間	秒 second	sec	θ
電流	安培 amper	A	I
溫度	凱氏 Kelvin	K	T
物質質量	莫耳 mole	mol	n
光度	燭光 candela	cd	I_v

(2) 導出量:

量	名稱	符號	因次
力	牛頓 Newton	NT	$ML \theta^{-2}$
壓力	巴斯卡 Pascal	Pa	$ML^{-1} \theta^{-2}$
能(功)	焦耳 Joule	J	$ML^2 \theta^{-2}$
功率	瓦特 Watt	Watt	$ML^2 \theta^{-3}$
熱傳導度		$W/m \cdot K$	$ML \theta^{-3} T^{-1}$
熱傳導係數		$W/m^2 \cdot K$	$M \theta^{-3} T^{-1}$
比熱		$J/kg \cdot K$	$QM^{-1} T^{-1}$
黏度		$kg/m \cdot sec$	$ML^{-1} \theta^{-1}$

(3) 功率: 單位時間所作的功稱功率。由公式 $P = \frac{W}{t}$ 。

瓦特(Watt): 每秒作 1 焦耳的功稱 1 瓦特。

$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ Joule/sec}$$

(4) 壓力: 單位面積所受的力稱壓力。由公式 $P = \frac{F}{A}$

巴斯卡: 每平方公尺面積受 1 牛頓的力稱 1 巴斯卡。

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ NT/m}^2$$

(5) 由牛頓第二運動定律 $F = ma/g_c$ 得 $1 \text{ NT} = \frac{1 \text{ kg} \times 1 \text{ m}}{g_c \cdot \text{sec}^2}$

$$\therefore g_c = 1 \frac{\text{kg} \times \text{m}}{\text{NT} \cdot \text{sec}^2}$$

- (6) 對太大或太小的數值，SI制單位經常用10的冪次來表示，以求簡明，如下表。

中 文	英 文	符 號	倍 數
萬 億	tera	T	10^{12}
十 億	giga	G	10^9
百 萬	mega	M	10^6
千	kilo	K	10^3
百	hecto	h	10^2
十	deca	da	10^1
分	deci	d	10^{-1}
厘	centi	c	10^{-2}
毫	milli	m	10^{-3}
微	micro	μ	10^{-6}
塵	nano	n	10^{-9}
漠	pico	p	10^{-12}

7. 熱量單位：

- (1) 熱量為能量形式一種，不同系統有不同單位。

- ① C.G.S 制：卡(cal) ② M.K.S 制：仟卡(kcal)
 ③ F.P.S 制：英熱單位(BTU) ④ S.I 制：焦耳(J)

- (2) 比熱為導出單位：

- ① C.G.S 制：卡/公克 $^{\circ}$ C cal/g $^{\circ}$ C
 ② M.K.S 制：仟卡/公斤 $^{\circ}$ C kcal/kg $^{\circ}$ C
 ③ F.P.S 制：BTU/lbm $^{\circ}$ F
 ④ S.I 制：J/kg \cdot K

- (3) 機械能與熱能同屬能量，其間可互相轉換。其轉換因子為Je(熱功當量)。

- ① 熱功當量：提供單位熱量可轉變為機械能的量。
 ② 公制：提供 1cal 熱量可作 4.18Joule 的功。

$$J_e = 4.18 \text{ J/cal}$$

✦ 精選試題 ✦

- (E) 1. 下列何者是時間的因次符號? (A)M (B)T (C)I (D)L
(E) θ 。
- (B) 2. 壓力單位在 SI 系統為 (A)lbf/ft² (B)Pa (C)kgf/m² (D)cmHg
(E)torr。
- (A) 3. M.K.S 制中 g_c 等於 (A)9.8kg · m/kgw · s² (B)9.8m/s²
(C)32.2lb · ft/lbf · s² (D)32.2ft/s² (E)1。
- (C) 4. 1 焦耳等於: (A)1(牛頓)(公尺)⁻¹ (B)1(牛頓)(公尺)⁻²
(C)1(牛頓)(公尺) (D)1(牛頓)(公尺)² (E)1(牛頓)(秒)⁻¹。
- (D) 5. 下列何者為基本之物理量? (A)功 (B)壓力 (C)速度
(D)時間。
- (C) 6. 國際度量總會決議認定的公制絕對單位是 (A)C.G.S (B)F.P.S
(C)S.I (D)M.K.S (E)M.G.S 單位制。
- (A) 7. 下列何者是導出單位? (A)焦耳 (B)仟克 (C)米 (D)秒
(E)莫耳。
- (D) 8. 下列何者是長度的因次符號? (A)M (B)T (C)I (D)L
(E) θ 。
- (E) 9. 物料比重的單位為: (A)g/cm³ (B)cm³/g (C)泊 (D)磅
(E)無。
- (C) 10. 下列何者為導出之物理量? (A)長度 (B)時間 (C)速度
(D)質量。
- (B) 11. 密度之因次為: (其中 [L], [M], [θ] 分別表示長度, 質量, 時間之因次) (A)[LM³] (B)[ML⁻³]
(C)[L θ ⁻³] (D)[M θ ⁻³] (E)[θ L⁻³]。
- (C) 12. 下列何者是基本單位? (A)黏度 (B)速度 (C)質量 (D)密度
(E)比熱。
- (A) 13. 下列何者是導出單位? (A)N (B)K (C)m (D)mole (E)kg。
- (B) 14. 能量與功的單位皆相同, 故具有相同的因次為 (A)ML θ ⁻¹
(B)ML² θ ⁻² (C)ML θ ⁻² (D)ML⁻² θ ⁻² (E)ML² θ ⁻³。

50351B-1 (1/2)

- (B) 15. 機械能及熱能同屬能量，可相互轉換，故定義熱功當量(J)為機械能與熱能之比值，當單位為焦耳/卡路里，J值為何？
(A)4.8 (B)4.18 (C)3.8 (D)3.18 (E)2.8。
- (E) 16. 下列何者為基本量？(A)密度 (B)速度 (C)比容 (D)壓力 (E)質量。
- (B) 17. 在SI制中， g_c 應為若干 $\frac{(kg)}{(N)} \frac{(m)}{(sec^2)}$ ？(A)9.8 (B)1 (C)32.174 (D)980 (E)0。
- (B) 18. (甲)力之因次為 $ML \theta^{-2}$ (乙)黏度之因次為 $ML^{-1} \theta^{-2}$ (丙)功率之因次為 $ML^2 \theta^{-3}$ ，以上敘述正確者為 (A)甲乙丙 (B)甲丙 (C)甲乙 (D)乙丙。
- (C) 19. 下列何者為導出單位(Derived units)或誘導量 (A)質量 (B)時間 (C)速度 (D)溫度 (E)長度。
- (C) 20. 某流體其體積流率為 $V=150\text{gal/min}$ ，試問將其轉換成 m^3/sec ，其轉換係數為何？(A)4.25 (B)0.568 (C) 9.46×10^{-3} (D) 4.25×10^{-4} (E) 6.53×10^{-5} 。
- (C) 21. 攝氏溫度 80°C ，在華氏溫標為多少度($^\circ\text{F}$)？(A)25 (B)96 (C)176 (D)313 (E)540。
- (D) 22. 20°C 相當於若干 $^\circ\text{F}$ ？(A)17 (B)34 (C)51 (D)68
- (C) 23. 下列關於單位之敘述，何者錯誤？(A) $\text{N}=\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$ (B) $\text{J}=\text{N} \cdot \text{m}$ (C) $\text{psi}=\text{kg}/\text{cm}^2$ (D) $\text{Pa}=\text{N}/\text{m}^2$ 。
- (C) 24. 某反應器操作溫度為 180°F ，相當於若干 $^\circ\text{C}$ ？(A)132 (B)100 (C)82 (D)68。
- (D) 25. 在溫度換算關係中下列何者錯誤？(A) $^\circ\text{C}=\frac{5}{9}(\text{F}-32)$ (B) $\text{K}=\text{C}+273.15$ (C) $^\circ\text{R}=\text{F}+459.67$ (D) $^\circ\text{F}=\frac{5}{9}\text{C}+32$ (E) $^\circ\text{F}=\frac{9}{5}\text{C}+32$ 。