

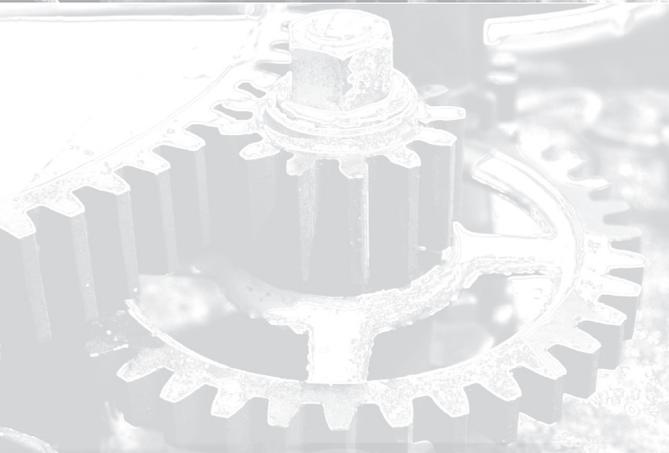
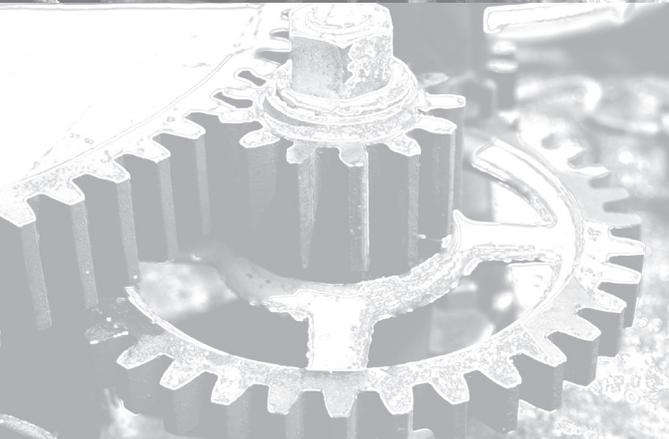


第一部份

重點整理暨精選題庫



第一章 電的基本概要



重點整理

1.1 物質的基本構造

(一)(1)所有物質均由元素構成，元素由原子所構成。原子由質子、中子、電子所構成。

(2)原子的基本構造：

①中央部份的原子核：包括質子和中子。

②軌道部份的電子。

(3)質子數目等於電子數目，質子帶正電荷，電子帶負電荷，中子不帶電，原子於一般時候正電荷等於負電荷。

(4)同性電荷相斥，異性電荷相吸。

(5)原子

原子核（中心）	質子（帶正電）
	中子（不帶電）
核外：電子（帶負電）	

(6)質量大小：中子 > 質子 > 電子。

(7)原子量 = 質子數 + 中子數。

(8)電子、質子、中子帶電量及質量。

名稱	電荷量（庫侖/個）	質量（千克/個）
電子	-1.602×10^{-19}	9.11×10^{-31}
中子	0	1.68×10^{-27}
質子	$+1.602 \times 10^{-19}$	1.67×10^{-27}

(9)質子質量約為電子1840倍。($\frac{\text{質子}}{\text{電子}} = \frac{1.67 \times 10^{-27}}{9.11 \times 10^{-31}} \approx 1840$)

(二)電工單位，電工率：

分類	長度	質量	時間
M.K.S.制	公尺 (m)	公斤 (kg)	秒 (s)
C.G.S.制	公分 (cm)	公克 (g)	秒 (s)

	仟	毫	微	奈	微微
符號	K	m	μ	n	p
大小	10^3	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}

1.2 庫侖定律

(1)兩帶電物質，若其半徑與兩帶電體間的距離比較，半徑可以忽略時，則兩物體之相互作用力與兩電荷的帶電量 Q_1 與 Q_2 的乘積成正比，與其間距離平方成反比，其公式如下：

$$F = \frac{kQ_1Q_2}{d^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{Q_1Q_2}{d^2}$$

(ϵ 為誘電係數，在空氣或真空中 $\epsilon = \epsilon_0$ ，其它介質中 $\epsilon = \epsilon_0\epsilon_r$ ， ϵ_r 為相對介電係數)

其中 k 為庫侖靜電力常數 $= \frac{1}{4\pi\epsilon}$ ，在真空中或空氣中而於M.K.S.制時 $k = 9 \times 10^9$ 牛頓·米² / (庫侖)²。在真空或空氣中誘電係數 $\epsilon = \epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \times 10^{-12}$ 庫侖² / 牛頓·米²。

(2)電荷：電量之基本單位稱為電荷。

- 電荷特性
- 1. 同性電荷相斥，異性電荷相吸。
 - 2. 正電荷可感應相鄰物質之近端產生負電荷。
 - 3. 失去電子者為正電荷，獲得電子為負電荷。

(3) 在C.G.S.制下， $k=1$ （必須在真空或空氣中）。

(4) $1\text{牛頓}=10^5\text{達因}$ 。

1.3 電流

(1) 電子為最基本之電荷，其電量根據實測為 1.602×10^{-19} 庫侖（※必記憶數據），電荷流動形成電流。

(2) 電流的基本定義為：任一導體截面積內，單位時間所通過的電荷數。

即公式：
$$I(\text{安培}) = \frac{Q(\text{庫倫})}{t(\text{秒})}$$

(3) 慣用的電流方向和電子流方向相反。

(4) 一安培的電流表示每秒鐘通過 6.25×10^{18} 個電子（※必記憶數據）。

(5) 電子流方向為負到正，電流方向為正到負。

(6) 電子流速度較電流慢（電流速度近光速）。

1.4 電壓

(1) 電動勢：在導體中驅動電子運動的能力。

(2) 電位：電量所含的位能。

(3) 電壓：又稱電位差，為電場中兩點電位之差。當兩點間電位差為1伏特，即指當1庫侖之電荷由電路內之一點移至另一點所獲取或釋出的能

量為1焦耳，即： $V = \frac{W}{Q}$

(4)電壓降：當電流流經電阻時，電位往下降，稱為電壓降。

1.5 電阻

(1)電阻：電子在導體線中運動時，所受到的阻力稱為電阻。

(2)根據實驗結果，導線之電阻與其截面積成反比，而與長度成正比，得

到公式如下： $R = \rho \frac{L}{A}$

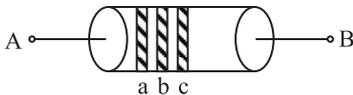
其中，L代表導線之長度，A代表導線之截面積，比例常數 ρ 稱為電阻係數，單位為歐姆·釐米。

(3)若將同材質均勻導線拉長y倍，則其電阻變為原來的的 y^2 倍。

1.6 色碼電阻表示法

(1)三色碼電阻表示法：（誤差百分率恆為 $\pm 20\%$ ）

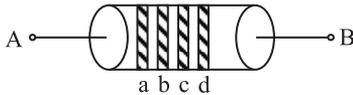
圖示：



公式： $R_{AB} = (10a + b) \times c \pm 20\% (\Omega)$

(2)四色碼電阻表示法：

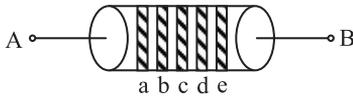
圖示：



公式： $R_{AB} = (10a + b) \times c \pm 20\% (\Omega)$

(3)五色碼電阻表示法：（精密電阻器）

圖示：



公式： $R_{AB} = [100 \times a + (10 \times b) + c] \times d \pm e$

其中：a表第一位數（百位數）；

b表第二位數（十位數）；

c表第三位數（個位數）；

d表乘方數（或10的次方數）；

e表示誤差百分率。

(4)色碼電阻之最大值 R_{\max} 、最小值 R_{\min} 、平均值 R_{av} 的表示法：

若 $R_1 = (10a + b) \times c + d (\Omega)$

則 $R_{\max} = [(10a + b) \times c][1 + d] (\Omega)$

$R_{\min} = [(10a + b) \times c][1 - d] (\Omega)$

$R_{\text{av}} = \frac{R_{\max} + R_{\min}}{2} = (10a + b) \times c (\Omega) \circ$

1.7 電阻的溫度係數

- (1)金屬物質的電阻，隨溫度上升而增大。
- (2)絕緣體或半導體的電阻，隨溫度的上升而減少。
- (3)電阻溫度係數：溫度每上升 1°C ，導線所增加的電阻與原來電阻之比，稱為原來溫度的電阻溫度係數。
- (4)公式： $R_2 = R_1[1 + \alpha_1(t_2 - t_1)]$

其中 R_2 為 $t_2^{\circ}\text{C}$ 時的電阻值， R_1 為 $t_1^{\circ}\text{C}$ 時的電阻值， α_1 為 $t_1^{\circ}\text{C}$ 時的電阻溫度係數。

$$(5) 0^{\circ}\text{C}\text{時之電阻溫度係數} \Rightarrow \alpha_0 = \frac{1}{|T_0|}$$

$$(6) t^{\circ}\text{C}\text{時之電阻溫度係數} \Rightarrow \alpha = \frac{1}{|T_0| + t}$$

1.8 歐姆定律

歐姆定律：在一穩定的電路中，總電流與總電壓成反比，總電流與總電阻成反比，公式如下： $I = \frac{E}{R}$

其中 I 為電流， R 為電阻， E 為電壓。

1.9 電功率

(1)電功率 (Power)：單位時間內所作的功，即 $P = \frac{W}{t}$

其中 P 代表電功率，單位為瓦特 (W)； W 表示功或能量，單位為焦

耳；t代表時間，單位為秒。

(2)公式轉換：
$$P = \frac{W}{t} = IV = I^2R = \frac{V^2}{R}$$

(3)單位轉換：

①1瓦特=1焦耳/秒=0.74呎磅/秒。

②1馬力（HP）=746瓦特（※必記憶數據）。

1.10 電能及電度

(1)電能：指在某段時間內所消耗的電功率，即 $W = P \cdot t$

其中，P為電功率，t代表時間，W代表電能，其單位為瓦特·秒（J，焦耳）。

(2)一仟瓦·小時稱為1度電，簡稱度，是電力公司收費所根據之電能單位。仟瓦·小時與瓦特·秒的關係為一仟瓦·小時=3,600,000瓦特·秒（J=瓦特·秒=10⁷爾格）。

(3)1電子·伏特（ev）=1.602×10⁻¹⁹（J）。

1.11 焦耳熱功率定律

(1)焦耳定律：電流通過導體時，其所生之熱量與電流的平方、導體的電阻、及所通電流的時間成正比。

公式如下：
$$H = 0.24IRt = 0.24IVt = 0.24Pt = 0.24W$$

(2)熱量單位：

①克·卡：使1克的水升高1°C所需的熱量。

②一焦耳=0.24卡（※必記憶數據）。

- ③BTU：使一磅水升高1°F所需的熱量。
- ④1BTU=778呎·磅。
- (3)熱功當量之定義：每產生一單位熱量所需之能量。

1.12 損失效率

(1)電源供給的電能 = 負載接受的電能 + 導線損失之電能。

(2)效率 (Efficiency) $\eta = \frac{\text{輸出之電功率}}{\text{輸入之電功率}} = \frac{\text{輸出}}{\text{輸出} + \text{損失}}$

$$= \frac{\text{輸入} - \text{損失}}{\text{輸入}} = 1 - \frac{\text{損失}}{\text{輸入}}$$



精選範例

一、問答・計算題：

1. 若流過導線之電流為1安培，則每秒有若干電子流動？

解：一個電子所帶電量為 1.602×10^{-19} （庫倫）

因此一庫倫等於 6.25×10^{18} 個電子的電量

即1（安培）= 6.25×10^{18} （電子／秒）。

2. 若電場中某兩點電位差為3伏特，則將10庫倫的電荷由低電位移至高電位，需作功若干？

解： $W = qV = 3 \times 10 = 30$ （焦耳）。

3. 兩帶電體相距25公分，若 Q_1 帶有+25庫倫的電量， Q_2 帶有+3庫倫的電量，試求斥力為若干？

解： $F = k \frac{Q_1 Q_2}{d^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{25 \times 3}{(0.25)^2} = 1.08 \times 10^{13}$ （牛頓）。

4. 若有10庫倫的電量在5秒內通過導體截面積，求電流多少？

解： $I = \frac{Q}{t} = \frac{10 \text{庫倫}}{5 \text{秒}} = 2$ （安培）。

5. 直徑2毫米，長1500米的硬銅線電阻為8.5歐姆，如果同樣的硬銅線直徑4毫米，長1000米之電阻為若干？

解： $\frac{R_2}{R_1} = \frac{L_2}{L_1} \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2$

其中L為管線長度，D為管線半徑

$\therefore R_2 = \frac{1000}{1500} \times \left(\frac{2}{4} \right)^2 \times 8.5 = 1.41$ （歐姆）。

6.5伏特之直流電壓加於 10Ω 電阻器兩端，求電流之大小。

$$\text{解：} I = \frac{V}{R} = \frac{5}{10} = 0.5 \text{ (安培) 。}$$

7.設有一電燈泡使用110伏特電壓時為500瓦特，其鎢絲為10公分長，如以相同質料之鎢絲作220伏特，500瓦特之電燈泡時，鎢絲長度應為若干？

$$\text{解：} P = \frac{V^2}{R}, \text{ 可得 } R = \frac{V^2}{P}$$

$$\Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{\frac{V_1^2}{P_1}}{\frac{V_2^2}{P_2}} = \frac{110^2}{\frac{220^2}{500}} = \frac{1}{4} \dots\dots \textcircled{1}$$

$$\text{又 } R = \rho \frac{L}{A} \quad \therefore R \propto L$$

$$\text{即 } \frac{R_1}{R_2} = \frac{L_1}{L_2} \dots\dots \textcircled{2}$$

$$\text{由 } \textcircled{1}\textcircled{2} \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{L_1}{L_2} = \frac{1}{4}$$

$$\therefore L_2 = 4L_1 = 4 \times 10 = 40 \text{ (公分) 。}$$

8.某直流馬達外加電壓為18伏特，電流為1安培，其效率為75%，則輸出之電功率為何？

$$\text{解：} \text{輸出電功率 } P = 18 \times 1 \times 0.75 = 13.5 \text{ (瓦特) 。} \blacklozenge$$

二、是非題：

(\times) 1.兩電荷間之作用力與兩者所帶電量之乘積成反比。

$$\text{【註： } F = \frac{kQ_1Q_2}{d^2} \Rightarrow F \propto Q_1Q_2 \text{。】}$$

- (○) 2.1庫侖 $=3 \times 10^9$ 靜電庫侖。
- (○) 3.電流是否通過電路須視其有無電位差而定。
- (○) 4. $F = k \frac{Q_1Q_2}{d^2}$ 為庫侖靜電定律。
- (○) 5.金屬中以銀的導電率最大。
- (×) 6.電流的方向是指負電荷移動的方向。

【註：電流方向為正電荷移動的方向。】

- (×) 7.若幾個系統串接，則其總效率等於各個效率之和。

【註：為各個效率之「積」。】

- (○) 8.將4庫侖之電量由3V處移至6V處所作之功為12焦耳。
- (○) 9.規格相同之兩電熱器並聯使用時所消耗之功率為串聯時的1/2倍。
- (×) 10.200伏特100瓦特之白熾燈，若連接於100伏特電源時，其消耗電功率為400瓦特。

$$\text{【註： } P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow 100 = \frac{40000}{R} \Rightarrow R = 400$$

$$\text{當連接於100伏特時， } P = \frac{1000}{400} = 25 \text{ (瓦特)。】$$

三、選擇題：

- (B) 1.電子的質量是質子的 (A)1840 (B)1/1840 (C)1 (D)2 倍。

$$\text{【註： } \frac{\text{電子}}{\text{質子}} = \frac{9.11 \times 10^{-31}}{1.67 \times 10^{-27}} \doteq \frac{1}{1840} \text{。】}$$

- (D) 2.庫侖是 (A)電壓 (B)電流 (C)電容 (D)電量 單位。
- (B) 3.一 30Ω 電阻跨接於100V之電源，則其電流為 (A)0 (B)3.33 (C)3000 (D)1500 安培。

$$\text{【註： } I = \frac{V}{R} = \frac{100}{30} = 3.33 \text{。】}$$

- (D) 4. 將4庫倫的電荷自無窮遠處移至某點所作的功為20焦耳，則該點的電位為 (A)20 (B)15 (C)10 (D)5 伏特。

$$\text{【註： } W = Q \cdot V \Rightarrow 20 = 4 \cdot V \Rightarrow V = 5 \text{。】}$$

- (A) 5. 有一4庫倫的正電荷從遠處移至A、B兩點分別作功20焦耳及16焦耳，則此兩點之電位差為 (A)1 (B)2 (C)3 (D)4 伏特。

$$\text{【註： } W = Q \cdot V \quad 20 = 4 \cdot V_1, V_1 = 5$$

$$16 = 4 \cdot V_2, V_2 = 4 \quad \therefore V_1 - V_2 = 1 \text{。】}$$

- (C) 6. 兩帶電體相距30公分，若 Q_1 與 Q_2 各帶有 12.5×10^{16} 個電子，則作用力的大小為 (A) 2×10^7 (B) 2×10^9 (C) 4×10^7 (D) 4×10^9 牛頓。

$$\text{【註： } F = k \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$$

$$1 \text{庫倫} = 6.25 \times 10^{18} \text{電子}$$

$$\therefore Q_1 = Q_2 = \frac{12.5 \times 10^{16}}{6.25 \times 10^{18}} = 0.02$$

$$\therefore F = 9 \times 10^9 \times \frac{(0.02)^2}{(0.3)^2} = 4 \times 10^7 \text{。】}$$

- (D) 7. 2安培之電流通過一電阻為 50Ω 之電阻器，則電阻器兩端之電壓降為 (A) 25 (B)33 (C)75 (D)100 伏特。

$$\text{【註： } V = IR = 2 \times 50 = 100 \text{。】}$$

- (C) 8. 一電熨斗連接100伏特電源時，產生500瓦特電功率，則此熨斗之電阻為 (A)3.3 (B)10 (C)20 (D)33.3 歐姆。

$$\text{【註： } P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow R = \frac{V^2}{P} = \frac{100^2}{500} = 20 \text{。】}$$

- (B) 9. 有一電燈泡60瓦特，若使用10小時，則消耗多少度電？(A)0.06 (B)0.6 (C)6 (D)600 度。

【註：1度=千瓦·小時 $\Rightarrow 60 \times 10^3 \cdot 10 = 0.6$ 度。】

- (A) 10.有一5馬力220V的電動機，若效率為74.6%，求輸入電流為多少？
 (A) 22.7 (B)7.5 (C)3.75 (D)12.5 安培。

【註：5hp=5×746瓦特=3730瓦特

$$P=IV \cdot 74.6\%$$

$$3730=I \cdot 220 \cdot 74.6\% \Rightarrow I=22.7 \text{ (A) 。}】$$

- (D) 11.一銅質導線在25°C時電阻為50Ω，則在50°C之電阻可能為 (A)45.5
 (B)44.7 (C)50 (D)54.8 Ω。

【註： $R_2=R_1 [1+\alpha_1 (t_2-t_1)]$
 $=50 [1+\alpha_1 \cdot 25]$

\therefore 金屬的電阻隨溫度的上升而增大，故只有(D)可能。】

- (A) 12.某電動機的輸入電壓、電流分別為120V及8A，效率為80%，則其輸出馬力應為 (A)1.03 (B)1.6 (C)768 (D)484 HP。

【註： $P=IV=8 \cdot 120=960$ (瓦特)

\therefore 效率=80%

$\therefore P'=960 \times 80\%=768$ (瓦特)

又1hp=746瓦特

$\therefore 768 \text{ 瓦特} = \frac{768}{746} \text{ (HP)} = 1.03 \text{ (HP) 。}】$

- (B) 13.5Ω電阻上有10伏特的電壓降，則通過5Ω的電流為 (A)0.5 (B)2
 (C)1 (D)4 A。

【註： $I = \frac{10}{5} = 2$ 。】

- (D) 14.一電鍋的電功率為1200W，煮一頓需20分鐘，若一度電費1.5元，則所須電費為 (A)36 (B)60 (C)3.6 (D)0.6 元。

【註： $1.2 \times \frac{20}{60} \times 1.5 = 0.6$ （元）。】

- (D) 15. 一電阻器 10Ω ，通過此電阻器的電流為 $2A$ ，則功率消耗為 (A) $100W$ (B) $20W$ (C) $5W$ (D) $40W$ 。

【註： $P = I^2 R = 2^2 \cdot 10 = 40$ 。】

- (D) 16. 兩帶電體置於真空中，一帶電為 $+2 \times 10^{-8}$ 庫侖，另一為 -5×10^{-7} 庫侖，相距 1 米，二者之作用力為 (A) 1×10^{-5} 達因 (B) 9×10^{-5} 達因 (C) 1×10^{-5} 牛頓 (D) 9×10^{-5} 牛頓。

【註： $F = k \frac{Q_1 Q_2}{d^2} = \frac{9 \times 10^9 \times (2 \times 10^{-8})(-5 \times 10^{-7})}{1^2}$
 $= -9 \times 10^{-5}$ （牛頓）。】

- (A) 17. 一導線在 $0^\circ C$ 時，其電阻值為 32 歐姆，而 $100^\circ C$ 時其電阻為 48 歐姆，則 $0^\circ C$ 之電阻溫度係數為 (A) 0.005 (B) 0.0048 (C) 0.0032 (D) 0.0016 。

【註： $R_2 = R_1 [1 + \alpha_1 (t_2 - t_1)]$
 $\Rightarrow 48 = 32 [1 + \alpha_1 (100 - 0)]$
 $\Rightarrow \alpha_1 = 0.005$ 。】

- (C) 18. 1 庫侖等於 (A) 6.25×10^{19} 個電子 (B) 1.602×10^{18} 個電子 (C) 6.25×10^{18} 個電子 (D) 1.602×10^{19} 個電子。

- (C) 19. 220 伏 200 瓦之燈泡，其電阻為 110 伏 100 瓦之 (A) 0.25 (B) 0.5 (C) 2 (D) 4 倍。

【註： $P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow R = \frac{V^2}{P}$

$\Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{\frac{V_1^2}{P_1}}{\frac{V_2^2}{P_2}} = \frac{220^2}{110^2} \cdot \frac{100}{200} = 2$ 。】

(A) 20.1克·卡等於 (A)4.2焦耳 (B)0.24焦耳 (C) 1.6×10^{-19} 焦耳 (D) 3.6×10^6 焦耳。

【註：1焦耳=0.24克·卡 \Rightarrow 1克·卡=4.2焦耳。】

