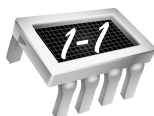


第一章 1-1	電之基本概念
第二章 2-1	電阻
第三章 3-1	直流迴路分析
第四章 4-1	電容與電場
第五章 5-1	電感與電磁
第六章 6-1	直流暫態
第七章 7-1	交流電
第八章 8-1	交流電路
第九章 9-1	交流功率
第十章 10-1	諧振電路
第十一章 11-1	三相電路





SI (System of International Unit) 制單位

一、單位系統

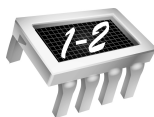
單位系統	長度	質量	時間
M K S 單位制	公尺 (m)	公斤 (kg)	秒 (s)
C G S 單位制	公分 (cm)	公克 (g)	秒 (s)
國際單位系統 (國際 MKS 單位系統)	公尺 (m)	公斤 (kg)	秒 (s)

* 國際單位系統 (SI) : 包含 7 個基本量 :

- (1) 長度 (m)。
- (2) 質量 (kg)。
- (3) 時間 (s)。
- (4) 電流 (A)。
- (5) 溫度 (K)。
- (6) 光度 (cd)。
- (7) 粒子數 (mol)。

二、SI 制電學實用單位

名詞	名詞符號	單位名稱	單位符號
能量	W	焦耳	J
功率	P	瓦特	W
電壓	V (E)	伏特	V
電荷	Q	庫倫	C
電流	I	安培	A
電阻	R	歐姆	Ω
電容	C	法拉	F
電感	L	亨利	H



科學記號法與工程標示法

一、科學記號法

10 乘冪的乘數寫為小數點左邊一位數稱之。

例 ▶ 6.24×10^3

二、工程標示法

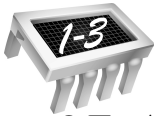
以字首 (Prefixes) 表示固定的 10 乘冪之表示法。

例 ▶ $6240 = 6.24 \times 10^3 = 6.24\text{k}$

$0.045 = 45 \times 10^{-3} = 45\text{m}$

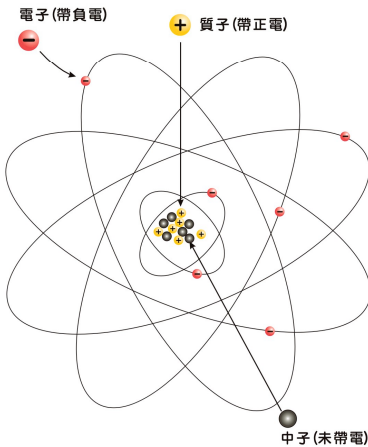
● 常用字首 ●

10 的幕次	字	首符	號
10^{18}	百萬兆 (exa)		E
10^{15}	千兆 (peta)		P
10^{12}	兆 (tera)		T
10^9	十億 (giga)		G
10^6	百萬 (mega)		M
10^3	千 (kilo)		K
10^{-3}	毫 (milli)		m
10^{-6}	微 (micro)		μ
10^{-9}	毫微 (nano)		n
10^{-12}	微微 (pico)		p



原子理論

➔ 原子的組成：原子的基本結構包含由質子及中子所組成之原子核，與一群圍繞環繞軌道的電子，其結構模型如圖所示：

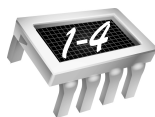


原子 { 原子核 { 質子 (帶正電)
 { 中子 (不帶電)
 { 電子 (帶負電)

包爾的原子模型

● 質子、中子、電子之帶電量及質量 ●

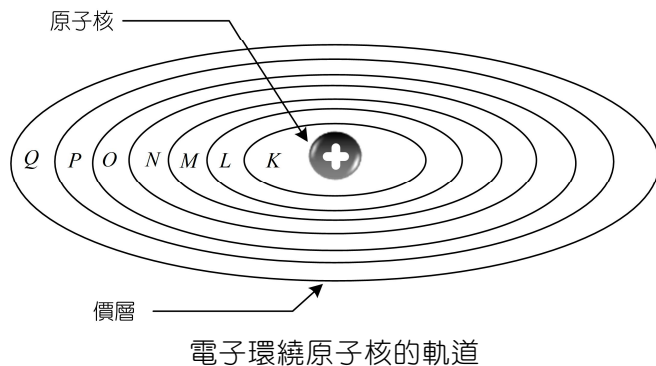
	質	子	中	子	電	子
帶電量 (庫倫)	$+1.6 \times 10^{-19}$		0			-1.6×10^{-19}
質量 (KG)	1.673×10^{-27}		1.675×10^{-27}			9.107×10^{-31}



電子分布

一、層

電子環繞原子核的軌道稱為層 (shell)，因電子與質子異性相吸的特性使得電子保持於軌道上，而層數依其所含之電子數而定但最多只有七層，由內而外依序稱為 K、L、M、N、O、P、Q。各層之電子數為 $2 \times n^2$ 個。架構如圖所示：



二、價層

環繞原子核最外層的軌道稱為價層。

三、價電子

價層上的電子稱為價電子。

四、自由電子

價電子受外力影響脫離原子核束縛而可自由活動稱為自由電子。

五、離子

中性原子得到或失去電子而成為帶電原子稱為離子。區分為正離子與負

離子。

六、導體、絕緣體、半導體

- (一)導體：物質具有大量可輕易移動的自由電子稱為導體。例：銀、銅…
…等。
- (二)絕緣體：不能導電的物質。例：塑膠、玻璃……等。
- (三)半導體：介於導體與絕緣體間的物質。例：矽、鎳……等。

◎ 依價電子數判斷導體、絕緣體、半導體 ◎

	導 體	半 導 體	絕 緣 體
價 電 子 數	1~3 個	4 個	5~8 個

補充

八隅體學說：

任何一原子之最外層價
電子數等於 8 時，則會
是穩定狀態，稱之為惰
性元素或安定元素。

EX

1

【104 台水】

在電子主軌道層中的 N 層，所能容納的
最大電子數為多少？

- (A) 2 個 (B) 8 個 (C) 18 個 (D) 32 個

解：∵ N 為第 4 層

∴ 共 $2 \times 4^2 = 32$ (個)

→(D)

EX

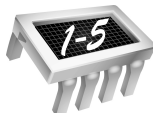
2

【103 中油】

有關自由電子的敘述，下列何者正確？

- (A)自由電子又可稱為價電子
(B)自由電子是原子最外層的電子受到光、熱、輻射影響而脫離軌道的電子
(C)自由電子是原子最外層軌道上的電子
(D)每個自由電子的帶電量為 6.25×10^{-19} 庫倫

→(B)



電荷與電流

一、電荷

當一物質有增加或失去電子時，則稱該一物質帶電。如果原子失去電子稱該原子帶有正電荷，若原子獲得電子則原子帶有負電荷。帶電物體內所含電荷的總數稱為電量。

- 電子 = 1.6×10^{-19} 庫倫
 —庫倫 = 6.25×10^{18} 個電子

名稱	名稱符號	單位	單位符號
電量	Q	庫倫	C

EX 1

設一個電荷有 5×10^{19} 個電子，則該電荷具有多少電量？

解： $1.6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^{19}$
 $= 8 \text{ (C)}$

EX 2

一原為中性之物質被移去 -1.7 微庫倫之電荷，後來再加 18.7×10^{11} 個電子，此物質最後電量為何？

→(B)

(A) 1.2 微庫倫 (B) 1.4 微庫倫 (C) 0.8 微庫倫 (D) 0.6 微庫倫

解： 物質原為中性，被移去 -1.7 微庫倫之電荷後，而形成帶正電荷 1.7 微庫倫，再加入 18.7×10^{11} 個電子之電量為 $1.6 \times 10^{-19} \times 18.7 \times 10^{11} = 0.3 \text{ (}\mu\text{C)}$ ，故最後總電量為 $1.7\mu\text{C} - 0.3\mu\text{C} = 1.4\mu\text{C}$

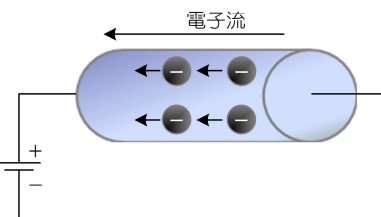
EX 3

有一物質，具有 4 個質子，8 個電子，試問此物質帶有多少電量？

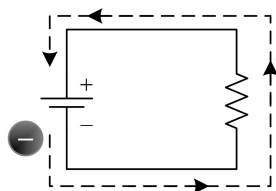
解： $(1.6 \times 10^{-19} \times 4) + (-1.6 \times 10^{-19} \times 8) = -6.4 \times 10^{-19} \text{ (C)}$

二、電流

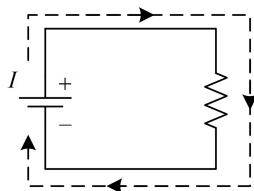
(一)自由電子朝同一方向移動稱為電流，如下圖(a)；因電子受正電吸引、負電排斥，而由低電位往高電位移動稱為電子流，如下圖(b)；但一般分析電路時，所使用的電流方向與電子流相反稱之為傳統電流，如下圖(c)。



圖(a) 導體內電子流



圖(b) 電子流



圖(c) 傳統電流

(二)電流大小：單位時間內通過一庫倫的電量定義為一安培。

$$I = \frac{Q}{t} \quad \text{安培 (A)}$$

$$\text{又 } Q = A l n e$$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{A l n e}{t} = A v n e$$

$$\text{得電子移動速度 } v = \frac{I}{A n e} \quad (\text{m/s})$$

名 稱	名 稱 符 號	單 位	單 位 符 號
電 流	I	安培	A
電 荷	Q	庫倫	C
時 間	t	秒	s
截面積	A	平方公尺	m ²
電子移動速度	v	公尺/秒	m/s
電子數量	n	電子數/立方公尺	電子數/m ³
電子帶電量	e = 1.6 × 10 ⁻¹⁹	庫倫	C

EX

4

【108 台菸酒】

→(A)

某導體在 3 秒內通過 6×10^{20} 個電子，則其電流值應為多少安培？

- (A) 32A (B) 20A (C) 18A (D) 10A

$$\text{解：} I = \frac{Q}{t} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 6 \times 10^{20}}{3} = 32 \text{ (A)}$$

EX

5

某一蓄電池內部原有 50 庫倫電量，充電 2 分鐘後，蓄電池之電量增加到 410 庫倫，則其平均充電電流為多少安培？

$$\text{解：} I = \frac{Q}{t} = \frac{410 - 50}{60 \times 2} = 3 \text{ (A)}$$

EX

6

【93 初等】

→(C)

讓 4×10^{18} 個電子流過截面積為 0.1 cm^2 的金屬銅線，若電流為 5 mA ，則所需的時間為多少秒？

- (A) 12.82 (B) 15.38 (C) 128.2 (D) 153.8

解： $Q = I \cdot t$

$\Rightarrow 1.6 \times 10^{-19} \times 4 \times 10^{18} = 5m \cdot t \Rightarrow t = 128 \text{ (s)}$

EX

7

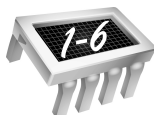
【101.國安五】

⊙(B)

有一導線其電流 $I = 12$ 安培， $n = 10^{25}$ 個自由電子，導線截面積 $A = 3$ 平方毫米，則導線內電子移動速率約為每秒多少公尺 (m/s)？

- (A) 1.25 (B) 2.5 (C) 5 (D) 10

解： $v = \frac{I}{Ane} = \frac{12}{3 \times 10^{-6} \times 10^{25} \times 1.6 \times 10^{-19}} = 2.5 \text{ (m/s)}$



電壓

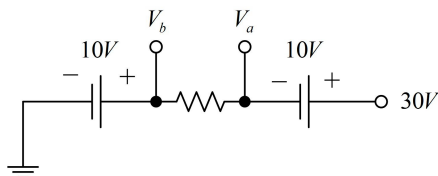
電壓為位能差；電位、電位差、電動勢、端電壓及電壓降之通稱。電壓大小以一焦耳能量移動一庫倫電荷由 a 點移至 b 點，定義為此兩點之間的電壓為 1 伏特。電壓定義於兩點間，故電壓並不存在於一點，而是相對於其他點。電位較高者為正端，較低者為負端。

$$V_{ba} = \frac{W}{Q} \text{ 伏特 (V)}$$

(一)絕對電位：單位正電荷由無窮遠處移至某一點所作之功；如右圖中之

$$V_a = -10 + 30 = 20 \text{ (V)}$$

$$V_b = 10V$$



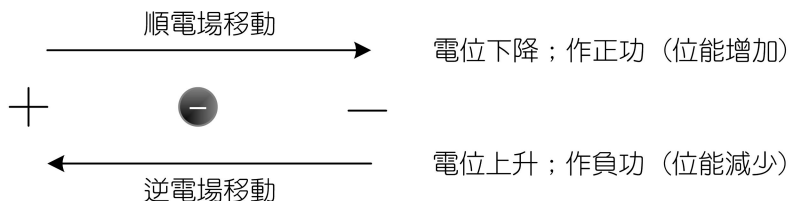
(二)相對電位：單位正電荷由 b 點移至

相對電位與絕對電位

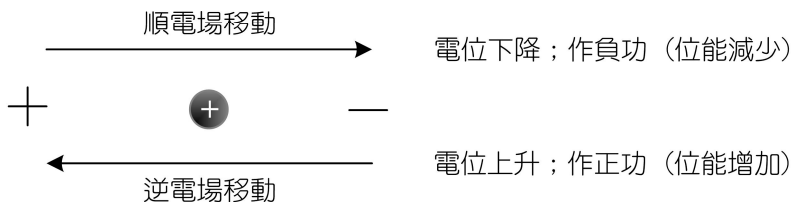
a 點所作之功；如右圖中之 $V_{ab} = V_a - V_b = 20 - 10 = 10 \text{ (V)}$

(三)電荷在電場中移動之電位與位能變化如下：

1. 負電荷如下圖所示：



2. 正電荷如下圖所示：



EX

1

【104 中油】

→(A)

將 5 庫倫正電荷由 B 點移至 A 點，作功 60 焦耳，若 A 點對地電位為 20 伏特，則 B 點對地電位為多少伏特？

(A) 8 (B) 12 (C) 24 (D) 32

$$\begin{aligned} \text{解：} V_{AB} &= \frac{60}{5} = 12 \text{ (V)} \\ V_{AB} &= V_A - V_B \\ \Rightarrow 12 &= 20 - V_B \\ &= 8 \text{ (V)} \end{aligned}$$

EX

2

【101 初等】

→(A)

有一帶電量 10 庫倫的正電荷，由無窮遠處移動至 a 點需作功 100 焦耳，而由無窮遠處移動至 b 點需作功 50 焦耳，則 a、b 二點間之電位差 V_{ab} 為多少伏特？

(A) 5 (B) 10 (C) 25 (D) 50

$$\begin{aligned} \text{解：} V_a &= \frac{100}{10} = 10 \text{ (V)} \\ V_b &= \frac{50}{10} = 5 \text{ (V)} \\ V_{ab} &= V_a - V_b = 10 - 5 \\ &= 5 \text{ (V)} \end{aligned}$$

EX

3

【104 台水】

→(B)

電荷 $Q = -20$ 庫倫，由 A 點移動到 B 點須作功 100 焦耳，則 $V_{AB} = ?$

(A) $-5V$ (B) $+5V$ (C) $-0.2V$ (D) $+0.2V$

$$\begin{aligned} \text{解：} &\text{移動負電荷作正功表示} \\ &V_A > V_B \\ V_{AB} &= \frac{100}{20} = 5 \text{ (V)} \end{aligned}$$

EX

4

【105 台菸酒】

→(A)

一個正電荷逆著電場方向移動，則下列敘述何者正確？

- (A) 電位上升、位能增加 (B) 電位上升、位能減少
(C) 電位下降、位能增加 (D) 電位下降、位能減少

解：正電荷逆著電場方向移動，則電位上升、位能增加。



功與功率

一、功

通過元件之電荷與元件兩端電位差的乘積，即：

$$W = Q \cdot V \quad \text{焦耳 (J)}$$

二、功率

單位時間所作的功，即：

$$P = \frac{W}{t} \quad \text{瓦特 (W)}$$

$$\text{又 } P = \frac{W}{t} = \frac{QV}{t} = I \cdot V \quad \text{瓦特 (W)}$$

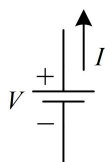
三、功率方向

可由電流方向與電壓極性的相對關係表示，如下圖(a)為電壓升，是提供功率或儲存功率；而下圖(b)為電壓降，是消耗功率。

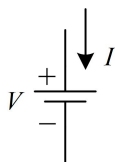
四、機械功率

常以馬力 (HP) 為單位。

$$1\text{HP} = 746\text{W}$$



圖(a) 提供功率



圖(b) 消耗功率

EX

1

【102 鐵佐】

⊙(C)

已知電場中有 A、B 兩點，其電位分別為 $V_A = 120$ 伏特， $V_B = 320$ 伏特，若將一只 $+8 \times 10^{-3}$ 庫倫之電荷自 A 點移至 B 點，試求需作功多少焦耳？

- (A) 0.8 (B) 0.96 (C) 1.6 (D) 3.2

解： $W = Q(V_B - V_A) = +8 \times 10^{-3} (320 - 120) = 1.6 \text{ (J)}$

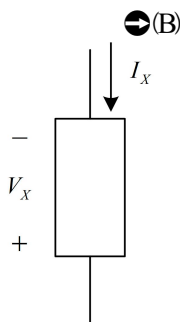
EX 2 【105 初等】

如圖所示，設 $V_x = 3V$ ， $I_x = -2A$ ，試問這個電路元件會獲得能量或是消耗能量？

- (A)獲得能量 (B)消耗能量
(C)既不獲得也不消耗能量 (D)會自我產生能量

解：∵圖示為電壓降

∴電路元件會消耗能量



1-8 能量

一、能量的定義

能量為作功的能力，即：

$$W = P \times t \quad \text{焦耳 (J)}$$

●爾格 (Erg)：為 CGS 制之能量的單位。定義為一達因的力使物體移動一公分所作的功。

$$1\text{Erg} = 1 \times 10^{-7} \text{J}$$

二、仟瓦小時 (kWh)

$$\text{kWh} = \frac{P}{1000} \times t$$

定義一仟瓦小時為一度電。

一度電 = $1\text{kWh} = 1000\text{W} \times 60 \times 60 = 3.6 \times 10^6 \text{瓦-秒} = 3.6 \times 10^6 \text{焦耳}$

一度電 = $3.6 \times 10^6 \times 0.24 = 8.64 \times 10^5 \text{卡}$

名稱	名稱符號	單位	單位符號
一度電	kWh	度	
功率	P	瓦特	W
時間	t	小時	h

三、電子伏特

為能量的單位；一電子伏特為一個電子通過電位差一伏特所作的功。

$$1\text{eV} = \text{一個電子電量} \times \text{一伏特}$$

$$= 1.6 \times 10^{-19} \times 1 = 1.6 \times 10^{-19} \text{焦耳}$$