

電的基本概念

低重要

高重要

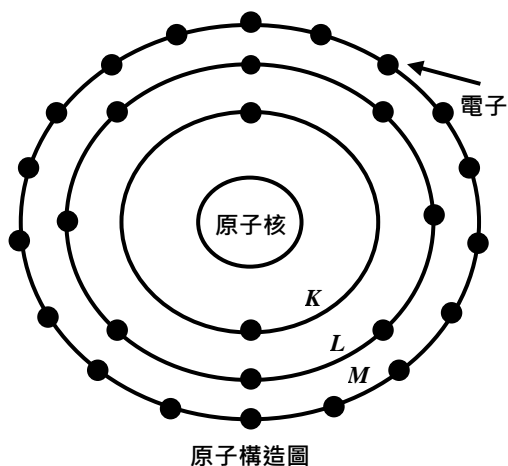
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
重	要	程	度	指	示	條			

許多人不了解電，最主要的原因是電沒有實體的形態，也就是說電是無色、無聲、無味及無形的。在經過了許多年的科學研究，知道電是由許多微小的電子活動所組成的，當這些電子不動時，我們得到的靜止的電，稱為靜電。當電子被迫移動時，電子就處於運動的狀態，稱為動電。在工廠中、各學校中、家庭及許多任何場所所應用的就是這種動電，其功能無窮，因此，要了解電的本質與特性，我們可以從接下來的各單位來探討。

1-1 電的本質

將物質以物理方法分割，而未改變其原有物質特性之最小微粒稱為分子。若再將分子以化學方法分解，使其失去原來物質特性之最小微粒者稱之為原子。

基本原子構造如右圖所示：它是由中子及質子所組成的原子核與一群環繞在外圍軌道之電子所組成。電子為帶負的電荷，質子為帶正的電荷，且每個原子之電子與質子數量相同。





各層最大電子數 = $2N^2$

N：代表層數，及 $K=1$ 、 $L=2$ 、 $M=3$ 、...

一個質子帶電量 = 1.6×10^{-19} 庫侖；一個電子帶電量 = -1.6×10^{-19} 庫侖；

一個中子帶電量 = 0 庫侖。

原子正常狀態時，質子與電子數相同且帶電量亦相同，故呈電中性。電子受到原子核吸引，以極快之速度在其軌道環繞原子核運轉，而最外層軌道電子，受到原子核之束縛力較弱，易受外面能量之影響，使其脫離原子，此脫離軌道而自由活動之電子即稱為**自由電子**。導體就是靠此大量的自由電子移動而形成電流。

若外加一能量，使其質子與電子之平衡狀態破壞，若原子中之電子逸出其軌道，則此原子失去電子，遂成為帶正電。此原子失去電子，而使原子呈現出正電荷，則稱為**陽離子**；若此原子獲得電子，則原子便呈現帶負電，稱為**陰離子**。



範例練習

原子構造包括：____、____、____。

解析

電子、質子、中子



1-2 常用單位

目前世界最常用的單位系統是「國際單位系統」，簡稱為 SI 制。

下表為電學常用之國際單位系統(SI制)：

名稱	符號	單位	單位符號
電荷	Q	庫侖	C
電流	I	安培	A
電壓	V	伏特	V
電阻	R	歐姆	Ω
電功率	P	瓦特	W
電感	L	亨利	H
電容	C	法拉	F
磁通量	ϕ	韋伯	Wb
電能	W	焦耳	J

下表為常用字首之十進數值：

字首名稱	符號	十的乘幂
兆	T	10^{12}
十億	G	10^9
百萬	M	10^6
仟	k	10^3
佰	H	10^2
十	Da	10
分	d	10^{-1}
厘	c	10^{-2}
毫	m	10^{-3}
微	μ	10^{-6}
奈·毫微	n	10^{-9}
漠·微微	p	10^{-12}

其中以 M、k、m、 μ 、p 最常用。



範例練習

將下列各題改用字首表示：(1) $I=0.004\text{A}=\underline{\quad}\text{A}$ ；(2) $V=3\times 10^6=\underline{\quad}\text{V}$ ；
(3) $R=3\times 10^3=\underline{\quad}\Omega$ ；(4) $L=6\times 10^{-6}=\underline{\quad}\text{H}$

解析

(1)4m (2)3M (3)3k (4)6 μ

1-3 能量

能量是物質做功的能力，意指任何能夠做功的物質，都可以說它具備了能量。宇宙間之能量是不滅的，我們不能毀滅能，亦不能產生能。

『功』是什麼？在有力作用的地方，就有功。功是施給物體一定的力 (F)，使物體沿力的方向移動，其移動距離為 S，則不變的力乘以力在作用期間所移動之距離，稱為功。

$$W = F \times S$$

功與能量的符號為 W，而在 S I 單位制之單位為焦耳，等於牛頓-公尺

$$1\text{J} = 1\text{NT} \cdot \text{m} = \frac{1}{9.8} \text{kg} \cdot \text{m} \quad (\because 1\text{kg} = 9.8\text{NT})$$

在電工方面，實用的電能單位是瓦特小時或**仟瓦小時**，在工廠用電或家庭用電，是跟據電能計算的。



1-4 電荷

帶電體內所含電荷的數量稱為電量，符號為 Q ，以庫侖(C)為單位。

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

$$\Rightarrow 1 \text{ 個電子} = \frac{1}{6.25 \times 10^{18}} \approx 1.6 \times 10^{-19} \text{ 庫侖}$$

電荷之特性如下：

1. 電荷有分兩種，即正電荷與負電荷。
2. 電荷間具有同性相斥，異性相吸。
3. 任何兩種不同材料摩擦後，其中一為正電荷，另一必為同電量之負電荷。

1-5 電壓

電壓為電位、電位差、電動勢及電壓降之通稱，其單位為伏特(V)。

電位是以大地為參考點，在各處地面之電位差為該點之電位。電位用一個註字表示，例如 V_A 表示 A 點之電位。而電位差為任兩點電位之差，電位差用二個註字表示，例如 AB 兩點之電位差用 V_{AB} 表示，即 $V_A - V_B$ 。

電壓定義為：將一庫侖之電荷，自一元件端移至另一端時所做的功。

$$V = \frac{W}{Q}$$

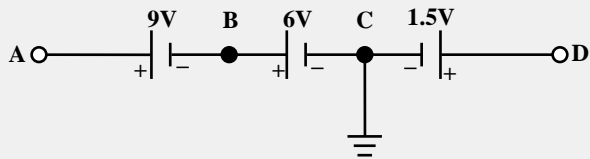


範例練習

如下圖所示，求

(1) 電位 V_A 及 V_D ?

(2) 電位差 V_{AD} = ?





解析

(1) C 為參考點，由圖可知， $V_D = 1.5V$ ， $V_B = 6V$ 。但 A 比 B 高 9V，所以
 $V_A = 15V$

(2) $V_{AD} = V_A - V_D = 15 - 1.5 = 13.5V$

1-6 電流

電流之本質是電荷移動所形成的，而其電流值之大小與移動之電荷多寡及速率均有關係。電流大小定義為：在單位時間內，通過導體截面積之電荷量。

$$I = \frac{Q}{t}$$

由上式可知在 1 秒鐘有 1 庫侖之電荷通過導體截面積，則電流為 1 安培。



範例練習

一、有一導線，其電流為 1mA，求(1)每秒通過導線截面積之電子數？(2)每分鐘通過導線截面積之電量為多少？

解析

(1) $Q = It = 1 \times 10^{-3} \times 1 = 10^{-3}$ 庫侖
 $= 10^{-3} \times 6.25 \times 10^{18} = 6.25 \times 10^{15}$ 個電子

(2) $Q = It = 1 \times 10^{-3} \times 60 = 6 \times 10^{-2}$ 庫侖

二、有一導線在 5 秒鐘有 12.5×10^{10} 自由電子通過，則 $I = \underline{\quad} A = \underline{\quad} \mu A$ 。

解析

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{12.5 \times 10^{10} \times 1.6 \times 10^{-19}}{5} = 0.4 \times 10^{-8} A = 0.4 \times 10^{-2} \mu A$$



1-7 功率

單位時間所做的功或消耗電能量的比率，稱為電功率。1 瓦特即表示每秒做功 1 焦耳。

$$P = \frac{W}{t}$$

P 表示電功率，單位為瓦特；W 表示功，單位為焦耳；而 t 為時間，單位秒。

在直流電路中，電功率是電壓與電流之乘積，故亦可表示成 $P = VI$ 。

功率的另一實用單位稱為馬力(hp)，是以一匹馬在一整個工作天中平均功率為度量之標準，而瓦特與馬力的關係為： $1 \text{ 馬力} = 746 \text{ 瓦特}$

在電路中，若兩點間之電位差為 V，則將 Q 庫侖電電荷自一點移至另一點時，所做的功，稱為電能，以 W 表示，單位為焦耳。

$$W = QV = Pt$$

電能一般使用焦耳為單位， $1 \text{ 焦耳} = 1 \text{ 庫侖} \cdot \text{伏特} = 1 \text{ 瓦特} \cdot \text{秒}$

焦耳有時嫌單位太小，而用「度電」表示。

1 度電之定義為： $1 \text{ 度電} = 1 \text{ 仟瓦小時} = 1 \text{ kWh} = 1000 \text{ 瓦特} \times 3600 \text{ 秒}$
 $= 3.6 \times 10^6 \text{ 瓦特} / \text{秒} = 3.6 \times 10^6 \text{ 焦耳}$

有時焦耳又嫌太大，而用電子伏特(eV)表示：

$1 \text{ 電子伏特}(eV) = 1.6 \times 10^{-19} \text{ 庫侖} \cdot \text{伏特} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ 焦耳}$



範例練習

一、讓 10hp 之電動機運轉 10 分鐘，消耗電能多少焦耳？等於多少度電？

解析

$$10\text{hp} = 10 \times 746 = 7460\text{W} ; t = 10 \text{ 分鐘} = 10 \times 60 = 600 \text{ 秒}$$

$$W = Pt = 7460 \times 600 = 4.476 \times 10^6 \text{J} = \frac{4.476 \times 10^6}{3.6 \times 10^6} = 1.24 \text{ 度}$$

二、某家庭每日平均用電如下：(1)200W 電視機用 4 小時；(2)400W 洗衣機用 45 分鐘；(3)100W 燈炮 10 個 4 小時。假設每度電費 3.6 元，求該家庭每月(30 天)需付電費多少？

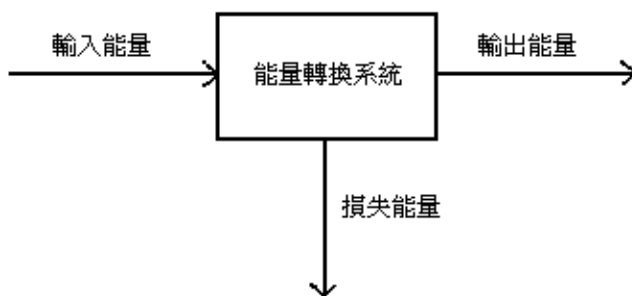
解析

$$W = P_1 t_1 + P_2 t_2 + P_3 t_3 = 0.2 \times 4 + 0.4 \times 0.75 + 1 \times 4 = 5.1\text{kwh} = 5.1 \text{ 度電}$$

$$\text{每月電費} = 3.6 \times 5.1 \times 30 = 550.8 \text{ 元}$$

1-8 效率

效率(η)可定義為輸出能量對輸入能量之比值，並以百分率表示，如果令輸入能量為 W_i ，輸出能量為 W_o ，損失能量為 W_{loss} ，由右圖可得：



$$W_i = W_o + W_{\text{loss}}$$

因 $P = \frac{W}{t}$ ，上式兩邊各除以 t ，則 $\frac{W_i}{t} = \frac{W_o}{t} + \frac{W_{\text{loss}}}{t}$

$$\text{即 } P_i = P_o + P_{\text{loss}}$$

式中 P_i 為輸入功率， P_o 為輸出功率， P_{loss} 為損失功率。

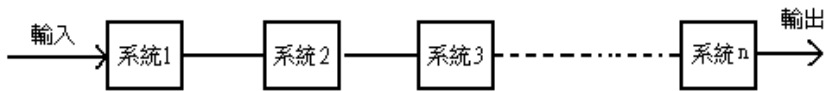


綜合上述，則效率可以下兩式表示：

$$1. \eta = \frac{W_o}{W_i} \times 100\%$$

$$2. \eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\%$$

若一大系統由許多系統串接而成，如下圖，而每一系統之效率為 η_1 ， η_2 ， $\eta_3 \dots$ ，則此系統之效率為 $\eta_T = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \dots \times \eta_n$



範例練習

有一 2hp 之直流電動機效率為 80%，求其輸入功率。

解析

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\% \Rightarrow 0.8 = \frac{2 \times 746}{P_i} \quad , \quad P_i = \frac{2 \times 746}{0.8} = 1865 \text{ W}$$