

第 1 章

電學概論

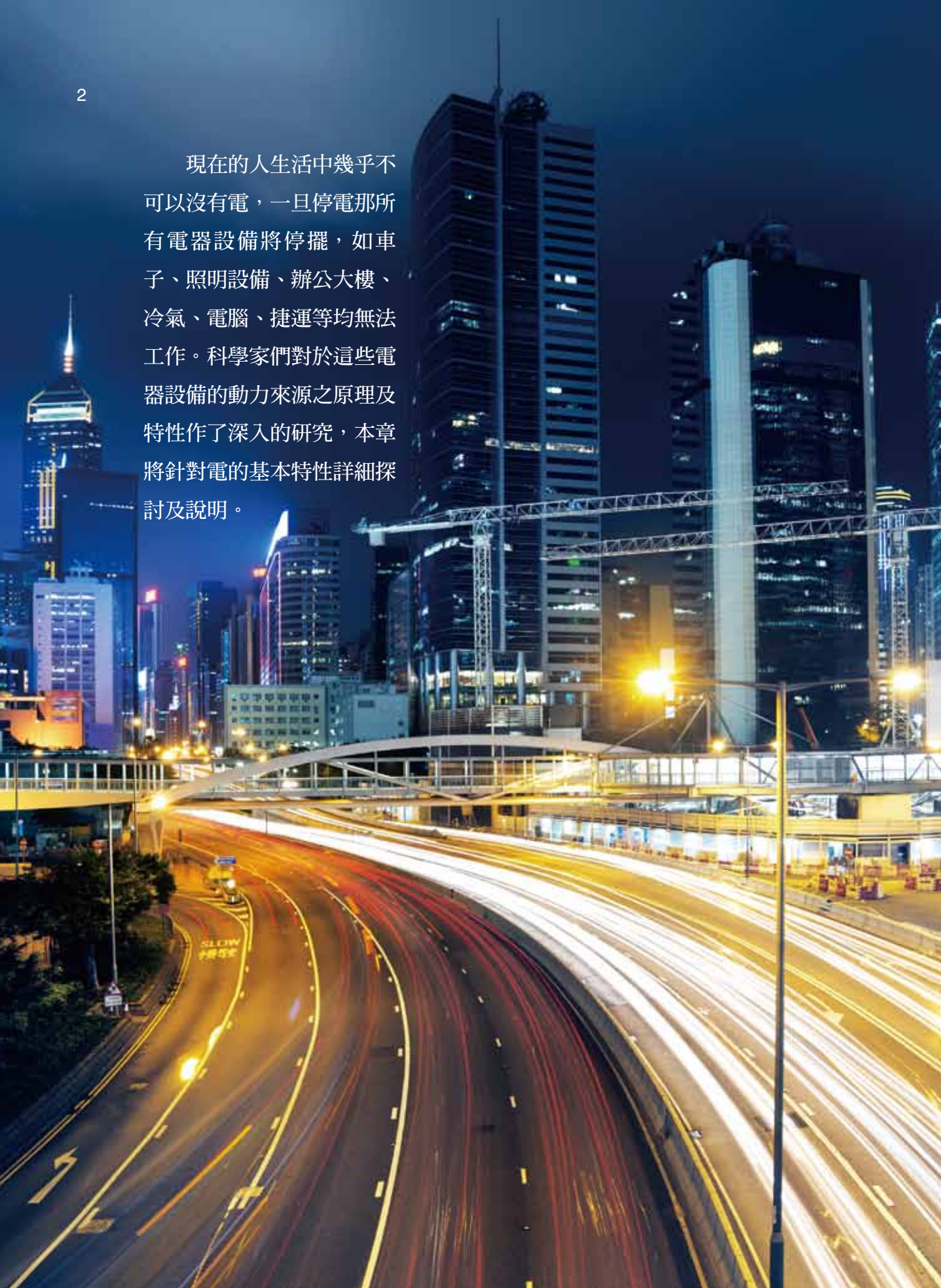
- 1-1 電的特性
- 1-2 電的單位
- 1-3 電能
- 1-4 電荷
- 1-5 電壓
- 1-6 電流
- 1-7 電功率
- ※1-8 基本元件及符號認識

本章節為學習電學的基礎篇，透過本章的介紹，將了解電學的基本特性，如電壓、電流、電荷、電能、電功率的定義及計算，經由基本概念的建立，方可更容易進一步了解電子相關更深入的知識。

PDF 嵌入圖示說明

圖示	作用
 The PhET logo, featuring the word "PhET" in a stylized font with a blue and yellow color scheme, and a small icon of a computer monitor below it.	點選連結 PhET 動畫
 An icon representing a document or PDF file, showing a white page with a red border and a small graphic of a document.	點選連結該章電子教案
 A collection of icons representing various animation file formats: SWF (red), EXE (green), GIF (yellow), and WMV (blue), with a red arrow pointing from the SWF icon towards the others.	點選連結各式動畫
 An icon of a magnifying glass with a red cross inside the lens, positioned over a document icon, symbolizing zooming in or enlarging.	點選該圖檔放大
 An icon featuring a blue globe with a white 'i' on it, and a blue arrow pointing downwards and to the right, symbolizing internet resources or information.	點選連結網路資源
 An icon showing a black and white clapperboard and a yellow film reel with a red ribbon, representing video or film content.	點選連結影片檔

現在的人生活中幾乎不可以沒有電，一旦停電那所有電器設備將停擺，如車子、照明設備、辦公大樓、冷氣、電腦、捷運等均無法工作。科學家們對於這些電器設備的動力來源之原理及特性作了深入的研究，本章將針對電的基本特性詳細探討及說明。



1-1 電的特性

1-1-1 物質及原子構造

近代物質科學的研究已確認**物質**（matter）、**分子**（molecule）與**原子**（atom）的區分如下：

1. 物質：

凡具有質量而且占有空間的物體，稱為物質。

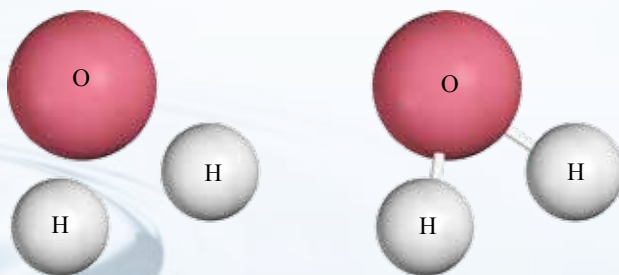
2. 分子：

在不改變物質原有特性之下，物質可分割之最小微粒，稱為分子。

3. 原子：

組成物質的基本單元，稱為原子。

例如：水由水分子組成，水分子則由兩個氫原子及一個氧原子結合而成，如圖 1-1 所示。凡是由單獨一種原子以固定的個數結合所組成的純物質稱為元素；由兩種或兩種以上的原子以固定的比例結合所組成的純物質稱為化合物。



●圖 1-1 水分子結構圖

☆ 原子結構

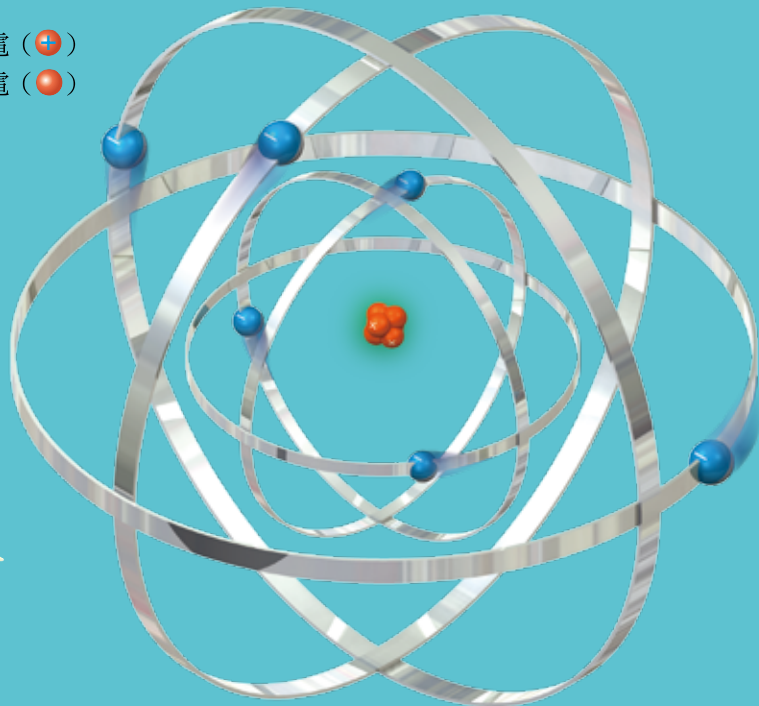
基本原子構造是由**原子核** (atomic nucleus) 及圍繞在原子核外圍的**電子** (electron) 所組成，而原子核內包含**中子** (neutron) 及**質子** (proton)，如圖 1-2 所示。電子與質子上帶有大小相同但電性相反之電荷量，而中子不帶電，如表 1-1 所示。

● 表 1-1 原子中各粒子電荷量及質量

粒子名稱	電荷量 (庫侖)	質量 (kg)
質子	$+ 1.602 \times 10^{-19}$	1.6729×10^{-27}
中子	0	1.6751×10^{-27}
電子	$- 1.602 \times 10^{-19}$	9.107×10^{-31}

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

軌道：每個
電子依軌道
運轉

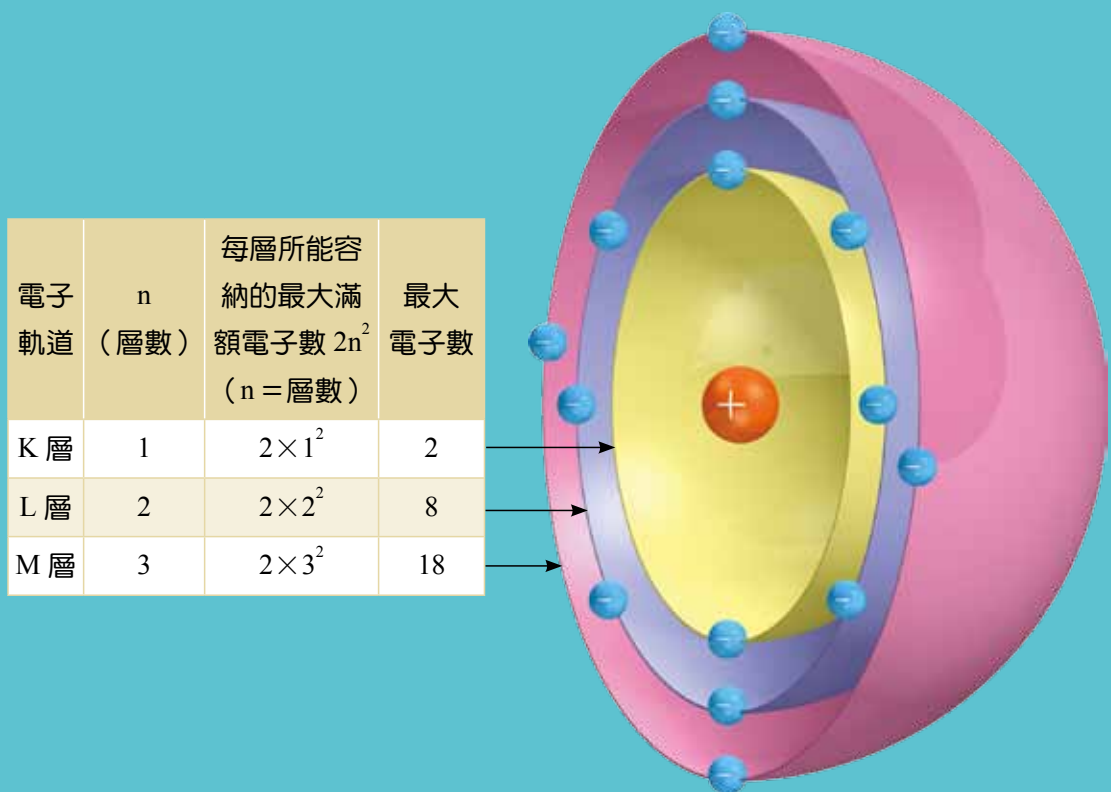


● 圖 1-2 原子結構圖

由表 1-1 可知，質子與中子的質量近似相等，而質子的質量約為電子質量的 1836 倍，而每個原子的質子數目與電子數目相同，使得正電荷總電量與負電荷總電量相同，所以淨電荷為零，故原子呈電中性。

每個元素圍繞在原子核外的電子數目均不同，原子的原子序為質子的數量，當電中性時亦為電子的數目，例如碳原子的原子序為 6，表示電中性時有 6 個電子；矽原子的原子序為 14，表示電中性時有 14 個電子。而電子圍繞在原子核外運行並非是任意亂繞，是依照固定軌道而運行，軌道依能量不同由內而外分為 K、L、M、N、O、P、Q 等各層，每一層的最大電子數為 $2 \times n^2$ ， n 為層數。

以矽原子為例，原子序等於電子數為 14，則 K 層 2 個電子、L 層 8 個電子、M 層只剩 4 個電子，如圖 1-3 所示。



● 圖 1-3 矽原子結構圖

1-1-2 正離子與負離子

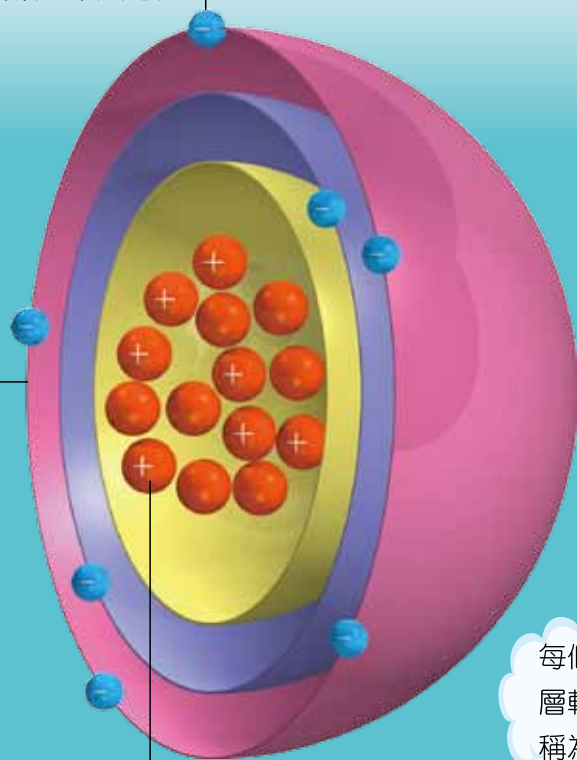
帶負電的電子受原子核內帶正電的質子吸引，而在固定的軌道上環繞原子核運轉，電荷間吸引力的強弱隨電荷間距離的平方成反比，愈靠近原子核吸引力愈強（此觀念將於 5-3 節電場與電位中詳細說明），這些受力環繞原子核的電子稱為**束縛電子**（bounded electron）。原子最外層的電子稱為**價電子**（valence electron），價電子的數目稱為原子的價數。價電子與原子核的距離最遠，受到的吸引力也最弱，最易受到外界能量（如熱能、光能等）的影響而脫離軌道自由活動，可自由活動的電子稱為**自由電子**（free electron）。

電 中 性

價電子（原子核最外層，帶負電）

質子數目
= 電子數目
= 電中性

質子（原子核內，帶正電）



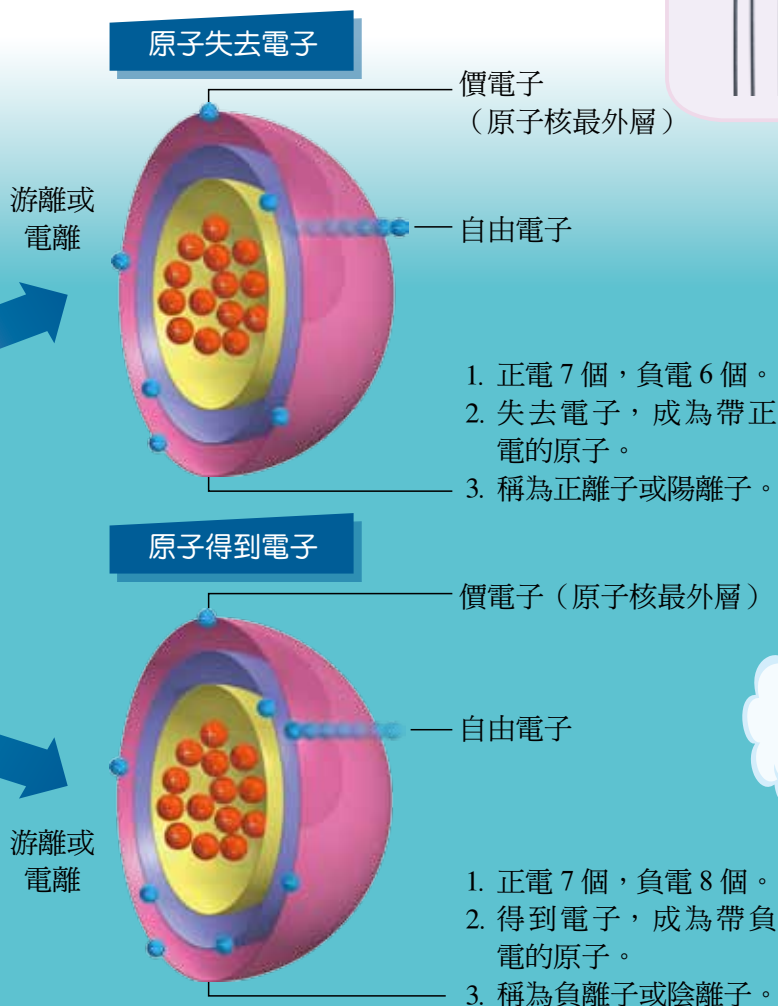
每個原子最外層軌道的電子稱為價電子



原子因質子數目等於電子數目而呈電中性，但是會因下列兩種狀況而失去平衡：

1. 原子失去電子，成為帶正電的原子，稱為**正離子** (positive ion) 或**陽離子** (cation)。
2. 原子獲得電子，成為帶負電的原子，稱為**負離子** (negative ion) 或**陰離子** (anion)。

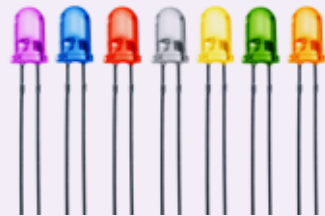
這種使原子變成離子的過程，稱為**游離**或**電離** (ionization)，如圖 1-4 所示。



生活中的電學

發光二極體 (LED)

發光二極體是利用三價五價化合物半導體材料所製成的元件，當加入電壓通過電流後，會使半導體內的電子與電洞相結合，結合後將能量以光的形式釋放，是一種將電能轉換為光能的元件，目前可發出光的顏色相當多種。



價電子最容易成為自由電子!!



● 圖 1-4 正、負離子產生過程

1-1-3 物體的電性分類

物質依導電性強弱可分為：**導體**（conductor）、**半導體**（semiconductor）、**絕緣體**（insulator）。純物質元素可利用其構成原子的價電子數目來判斷導電性，但也有例外，判斷方法如下：

1. 導體：

價電子數目少於 4 個，此物質的價電子容易受外力游離成為自由電子，形成容易導電的物體，如金屬等，例外：如氫之價電子為 1 個，但不是導體。



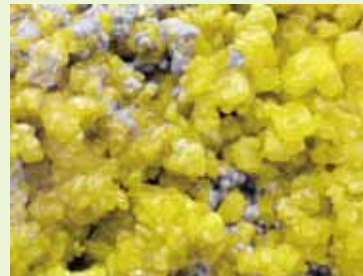
2. 半導體：

價電子數目等於 4 個，此物質的導電性介於導體與絕緣體之間，受外界不同因素影響而有不同的電性，如矽、鍺等。例外：如碳雖為 4 價，但不是半導體。



3. 絕緣體：

價電子數目多於 4 個，此物質的價電子不易受外力成為自由電子，無自由電子移動導電的物體，如硫磺、磷等，例外：如銻為 5 價，但非絕緣體，為不良導體。



價電子數
只會有 8 個



圖 1-5 價電子結構

範例

1

原子序 31 的鎵原子，價電子數為多少個？

解

原子序 = 電子數 = 31 個

K 層：2 個；L 層：8 個；M 層：18 個；N 層：3 個

∴ 價電子數 = 3 個

類題

原子序 32 的鎳原子，價電子數為多少個？

答

4 個

隨堂練習

1. 原子由_____及_____組成。原子核內包含_____及_____。
2. 原子中_____帶正電、_____不帶電、_____帶負電，電子帶電量_____庫侖。
3. 原子獲得電子成為_____，原子失去電子成為_____，原子失去或獲得電子的過程稱為_____。
4. 鎳原子的原子序 = 32，價電子數 = _____個，價電層為第_____層，此物質依電性區分為_____。

1-2 電的單位

為了表示物理量的大小或方便比較，須訂定統一的標準，即為單位。例如某人身高 165 公分，其中公分為長度的單位，而 165 為該單位之數量，若單位變更為公尺，則數量應變更為 1.65，如此才有一致性的標準。最基本的單位為長度、質量、時間、電流、熱力學溫度、物質的量、光強度等 7 項的單位，稱為基本單位（base units），由基本單位衍生的單位稱為導出單位（derived units），如速度為長度及時間組合的導出單位。

1-2-1 單位系統

現今在各國之間所使用的單位系統有 **MKS** 制、**CGS** 制及 **FPS** 制 3 種，表 1-2 所示為 3 種單位系統的基本單位，其中以 MKS 制的使用最普遍，因此以 MKS 為基礎，加入其它的基本單位，訂定了**國際單位系統**（international system of unit，簡稱 SI）。

●表 1-2 單位系統之基本單位

單位系統	長度	質量	時間
MKS 制	公尺 (m, 米)	公斤 (kg)	秒 (s)
CGS 制	公分 (cm, 厘米)	公克 (g)	秒 (s)
FPS 制	英尺 (ft)	磅 (lb)	秒 (s)

要熟記名稱符號及 SI 制單位，書中各單元都要使用，別背錯了!!



1-2-2 電學單位

目前在電學上使用的單位制中，以國際單位系統的 SI 制及 CGS 制導出的靜電制使用最多，而這些單位均使用發現該現象的科學家姓氏命名，表 1-3 為常用的 SI 制與靜電制的單位。

表 1-3 SI 制與靜電制的常用單位

名稱符號	SI 制單位及符號	靜電制單位
電荷 (Q)	庫侖 (C)	靜電庫侖 (SC)
電壓 (E, V)	伏特 (V)	靜電伏特 (SV)
電流 (I, i)	安培 (A)	靜電安培 (SA)
電阻 (R)	歐姆 (Ω)	靜電歐姆
電容 (C)	法拉 (F)	靜電法拉
電感 (L)	亨利 (H)	靜電亨利
電能 (W)	焦耳 (J)	爾格 (erg)
電功率 (P)	瓦特 (W)	靜電瓦特

1-2-3 乘幂

在電學的計算上，有些單位太大或太小，為了方便表示，可將數值改成介於 1 到 10 之間的數字，再乘 10 的幂次方，再以一個符號代替此 10 的幂次方。表 1-4 為乘幂及符號對照表。

生活中的電學

EER

EER (Energy Efficiency Ratio, 能源效率比)，EER 的定義 = (冷氣能力 kcal (BTU) / h) / 消耗電力 (瓦)，單位是 kcal/h.W 或 BTU/h.W。所謂冷氣能力是指每小時可從室內移走的最大熱量，消耗電力為冷氣產生冷房能力時所需耗用之電力，比較兩台冷氣機時，應在相同的溫、濕度條件下，量測冷氣能力，則 EER 值愈高的冷氣機，代表所耗電力愈少、愈省電。



表 1-4 10 的次方與符號對照表

10 的乘幂	符號	英文	中文
10^{12}	T	tera	兆
10^9	G	giga	十億
10^6	M	mega	百萬
10^3	k	kilo	仟
10^2	h	hecto	佰
10^1	da	deca	十
10^{-1}	d	deci	分
10^{-2}	c	centi	厘
10^{-3}	m	milli	毫
10^{-6}	μ	micro	微
10^{-9}	n	nano	奈，毫微
10^{-12}	p	pico	漠，微微

例如：電阻 1230Ω 可改寫成 $1.23 \times 10^3\Omega$ 或 $1.23\text{k}\Omega$ 。

範例

2

轉換下列各數字符合所需的乘幂。

(1) 3200 伏特 = _____ kV = _____ MV 。

(2) 0.00000045 安培 = _____ μA = _____ nA 。

解 (1) 3200 伏特 = 3.2×10^3
 $= 3.2\text{kV}$
 $= 3.2 \times 10^{-3} \times 10^3 \times 10^3$
 $= 0.0032 \times 10^6$
 $= 0.0032\text{MV}$

次方之間的互換
要多練習啲!!



$$\begin{aligned}
 (2) 0.00000045 \text{ 安培} &= 0.45 \times 10^{-6} \text{ A} \\
 &= 0.45 \mu\text{A} \\
 &= 0.45 \times 10^3 \times 10^{-3} \times 10^{-6} \\
 &= 450 \times 10^{-9} \\
 &= 450 \text{ nA}
 \end{aligned}$$

類題

轉換下列各數字符號所需的乘幂符號。

$$3600000 \text{ 庫侖} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kC} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ MC}$$

$$0.0000012 \text{ 法拉} = \underline{\hspace{2cm}} \mu\text{F} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ nF}$$

答 $3600000 = 3600 \times 10^3 \text{ C} = 3.6 \times 10^6 \text{ C}$

$$0.0000012 = 1.2 \times 10^{-6} \text{ F} = 1200 \times 10^{-9} \text{ F}$$

隨堂練習

5. 寫出下列名稱、符號及 SI 制單位

(1) 電阻 (符號:) ; 單位: (符號:)

(2) (符號:) ; 單位: 亨利 (符號:)

(3) (符號:) ; 單位: (符號: W)

6. 改寫下列數字以 10 的乘幂及符號表示

(1) $I = 0.0035 \text{ A} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$

(2) $W = 2500000 \text{ J} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ J} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ J}$

1-3 電 能

物質作功的能力稱為**能量**（energy），亦可說物質須具有能量才可能作功，物質的能量越多，作功的能力則越強，兩者間為正比。而在宇宙中能量以各種不同形式表示，如電能、光能、熱能、磁能、化學能與機械能等等。

依據物理學的**能量守恆定理**，宇宙間能量的總和為不變，不會無故產生或消失，但可以利用不同的形式存在。因此能量可以在不同形式之間互相轉換，但是不能產生能量或毀滅能量，所以我們可以利用不同的設備元件進行能量不同形式的互相轉換。表 1-5 為能量轉換的例子。

●表 1-5 能量轉換及設備元件

能量 轉換	設備元件
電能 \Rightarrow 光能	電燈泡
電能 \Rightarrow 聲能	喇叭
電能 \Rightarrow 熱能	電熱器
電能 \Rightarrow 化學能	電池（充電）
電能 \Rightarrow 機械能	電動機
光能 \Rightarrow 電能	太陽能電池
聲能 \Rightarrow 電能	麥克風
熱能 \Rightarrow 電能	熱電偶
化學能 \Rightarrow 電能	電池（放電）
機械能 \Rightarrow 電能	發電機



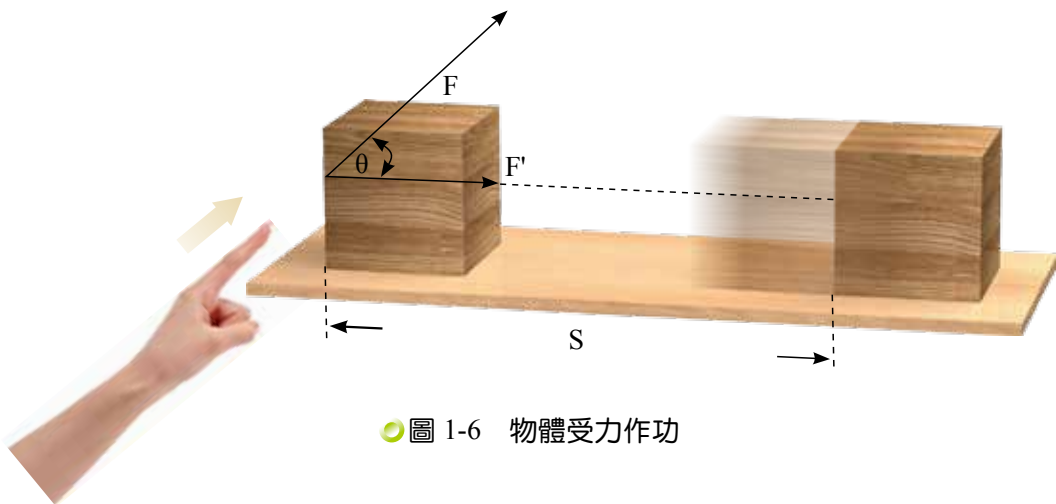
1-3-1 功

對物體施予一作用力，使物體產生位移，則位移量（ S ）與位移同方向之分力（ F ）的乘積即為對該物所作之功，其符號為 W 。如圖 1-6 所示。其中， \vec{F} 為向量， F 為 \vec{F} 向量的大小， \vec{F}' 為向量， F' 為 \vec{F}' 向量的大小，而 \vec{F}' 為向量 \vec{F} 在 S 方向的分量。

$$W = F' \times S = F \cos \theta \times S$$

公式

1-1



●圖 1-6 物體受力作功

功與電能的單位相同，MKS 制與 CGS 制的說明如下：

1. MKS 制：焦耳（J）

$$1\text{J} = 1 \text{ 牛頓 (N)} \times 1 \text{ 公尺 (m)} = 1 \text{ 牛頓-公尺 (N-m)}$$

2. CGS 制：爾格（erg）

$$1\text{erg} = 1 \text{ 達因 (dyne)} \times 1 \text{ 公分 (cm)} = 1 \text{ 達因-公分 (dyne-cm)}$$

兩者之間的關係為：**1 焦耳 (J) = 10^7 爾格 (erg)**

其中：**1 牛頓 (N) = 10^5 達因 (dyne)**

1 公尺 (m) = 10^2 公分 (cm)

範例

3

圖 1-6 中作用力 $F = 6$ 牛頓，位移量 $S = 4$ 公尺，則該物體作功多少焦耳？

解 物體受力作功

$$W = F \times S = 6 \times 4 = 24 \text{ 焦耳}$$

隨堂練習

7. 吹風機是將_____能轉換為_____能。
8. 能量的單位：MKS 制是_____、CGS 制是_____。
9. 一物體受力 5 牛頓，沿受力方向移動 4 公尺，則該物體作功_____焦耳、相當於_____爾格。

1-4 電 荷

由 1-1 節中可知，原子核內質子帶正電，環繞在原子核外的電子帶負電，此二者電量大小相同，電性相反，可稱此電荷量大小為基本電荷量，以符號 e 表示，約為 1.6×10^{-19} 庫侖 (C)，而帶有此電量大小的電荷則稱為基本電荷，例如質子為正基本電荷（常簡稱基本電荷）、電子為負基本電荷。由於帶電物體的電性是由帶正電之質子以及帶負電之電子所組成，因此其帶電量（符號 Q ）為基本電荷量的整數倍，可以正電之質子數目減去負電之電子數目得基本電荷淨數目（可為負整數）後，再和基本電荷量相乘得到。MKS 制的單位為庫侖 (C)，每個基本電荷所帶的電量約為 1.6×10^{-19} 庫侖 (C)。

$$1 \text{ 庫侖} = \frac{1}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.25 \times 10^{18} \text{ 個基本電荷的電量}$$

公式

1-2

$$\text{電荷 } Q = N (\text{基本電荷淨數目}) \times e (\text{基本電荷電量})$$

範例

4

有一電荷其電荷量為 +6C，則此電荷約含有多少基本電荷？

解 \because 1 庫侖的基本電荷約有 6.25×10^{18} 個基本電荷

$$\begin{aligned} \therefore N &= \frac{Q}{e} = \frac{Q}{1.6 \times 10^{-19}} \\ &= Q \times 6.25 \times 10^{18} \\ &= 6 \times 6.25 \times 10^{18} \\ &= 37.5 \times 10^{18} \text{ 個基本電荷} \end{aligned}$$

類題

有一帶電體含有 8×10^{18} 個基本電荷，則電荷量為多少？

答 1.28C



生活中的電學

靜電

靜電是一種電能也是一種自然現象，特點是高電壓、低電量、小電流和作用時間短。當身體皮膚或環境較乾燥時，身上就比較容易蓄積電荷，因而容易產生靜電。人在地毯上行走，就可產生超過2000伏特的靜電電壓。當靜電電壓達到 2000伏特時，人的手指就會有所感覺；超過7000伏特時，不僅身體會有被電擊的感覺，正常的心電傳導都會受到影響。



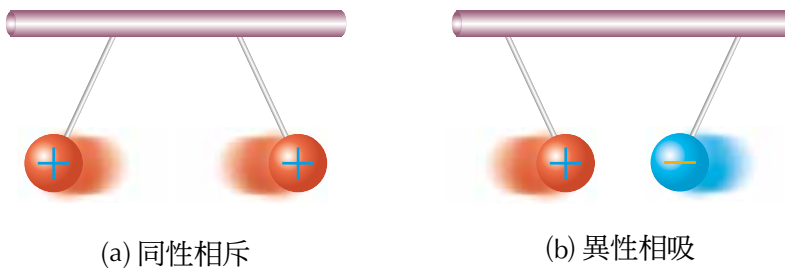
1-4-1 靜電荷

甲、乙兩物體相互摩擦後產生熱能，甲物體之原子最外層的電子有一部分因獲得熱能而脫離軌道，移動到乙物體上，造成甲物體失去電子而帶正電，乙物體獲得電子而帶負電，然而兩物體上的電荷並不會在物體上任意移動，稱此電荷為靜電荷。美國科學家富蘭克林（Benjamin Franklin）將產生的靜電荷區分為正電與負電，例如：

1. 玻璃棒與絲絹互相摩擦，玻璃棒帶正電，絲絹帶負電。
2. 塑膠棒與毛皮互相摩擦，毛皮帶正電，塑膠棒帶負電。

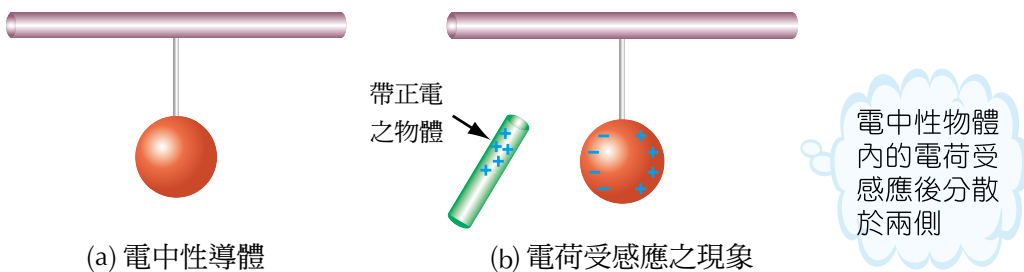
靜電荷的特性如下所述：

- (1) 電性相同之電荷間互相排斥，電性相異之電荷間互相吸引。如圖 1-7 所示。



●圖 1-7 電荷間關係

- (2) 一帶有靜電荷之物體靠近另一電中性的導體，則導體的近端會感應出相反電性的電荷，遠端會感應出相同電性的電荷，此現象稱為靜電感應。如圖 1-8 所示。



●圖 1-8 靜電感應

- (3) 電荷分布於導體表面，且電荷分布密度與導體表面彎曲程度成正比，彎曲程度愈高者，電荷密度愈高。

導體可以傳導電荷，但導體內總正電荷數目與總負電荷數目相同，故導體呈「電中性」。

電中性的意思是：物質內正負電荷一樣多。



範例

5

有一物質內有質子 10 個，電子 12 個，此物質電量約為多少庫侖？

解 物質電量 = $(10 - 12) \times 1.6 \times 10^{-19} = -3.2 \times 10^{-19}$ 庫侖

類題

有一物質內有質子 15 個，電子 9 個，此物質電量約為多少庫侖？

答 $+9.6 \times 10^{-19} \text{C}$

隨堂練習

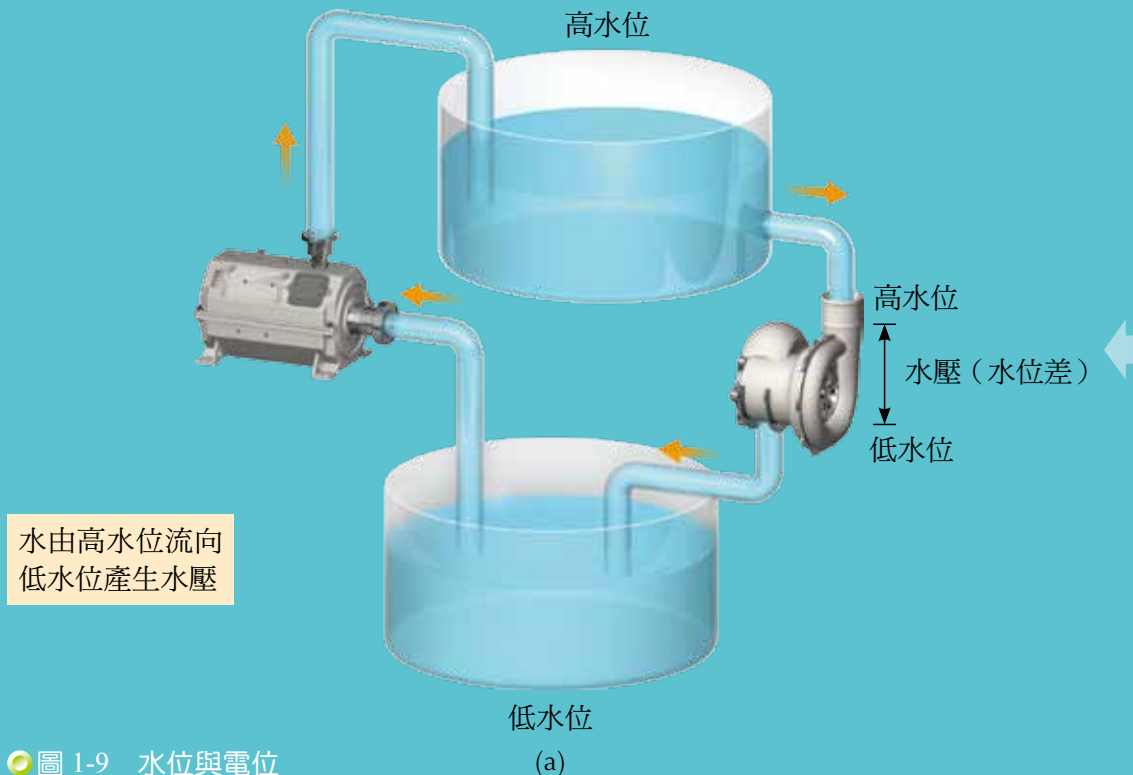
- 一個基本電荷的電量大小約為_____庫侖；一庫侖電荷量約有_____個基本電荷。
- 一電荷中包含 15×10^{18} 個基本電荷，則此電荷電量大小約為_____庫侖。
- 玻璃棒與絲絹摩擦後，玻璃棒_____電子，則玻璃棒帶_____電，絲絹帶_____電。
- 電荷電性相同會互相_____，電性相異會互相_____。

1-5 電 壓

水管中的水並不會自己流動，必須提供一驅動的力量，才會使水管中的水產生流動的現象；相同的，電路中的電荷受到驅動力也會流動，此驅動力為電壓（voltage），電壓為因應不同的物理意義之描述，而有電位差、電壓降、電動勢及端電壓等名稱，單位均為伏特（V）。

1-5-1 電位及電位差

水流由高處流向低處，產生流動的現象，如圖 1-9(a) 所示。直流時正電荷流經元件的方向也是由高電位流向低電位，如圖 1-9(b) 所示。正電荷受到電池



的驅動力產生流動，電荷流經燈泡時，流入端為高電位，流出端為低電位，兩端之間有一電位差。

一 · 電位 (electric potential)

空間中電位的表示是以無窮遠或大地為參考點，參考點為零伏特，而在電路中以“ \perp ”或 $\text{---}\perp\text{---}$ 表示零伏特，又稱接地。任一點的電位為該點處單位電荷（1 庫侖電荷）所具有的電位能和其帶電量（1 庫侖）比值，此電位能是由外力將單位電荷由無限遠處移動至該點所作的功轉換而得。電位以 V 加一註記字表示，例： V_A 表示 A 點相對於無窮遠的電位； V_B 表示 B 點相對於無窮遠的電位。若電荷 Q（庫侖）在 x 處的電位能為 W_x （焦耳），則 x 處的電位 V_x （伏特）為：

$$V_x = \frac{W_x}{Q}$$

公式
1-3



(b)

二 · 電位差 (electric potential difference)

任意兩點間的電位差可定義為：將單位電荷由某點移到另一點所作的功和單位電荷量之比值。若電荷 Q 由 B 點移到 A 點作的功為 W_{AB} ，則電位差 V_{AB} 為：

$$V_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q} = \frac{W_A - W_B}{Q} = V_A - V_B$$

公式
1-4

其中 $V_{AB} = -V_{BA}$ ； W_A 、 W_B 為 A 點及 B 點的電位能

1. 若 $V_{AB} > 0$ 時 $\Rightarrow V_A > V_B$ ，表示 A 點電位大於 B 點電位。
2. 若 $V_{AB} < 0$ 時 $\Rightarrow V_A < V_B$ ，表示 B 點電位大於 A 點電位。

範例

6

如圖 1-10，求：

- (1) V_A 、 V_B 、 V_C 為多少伏特？
- (2) V_{AC} 、 V_{BD} 為多少伏特？

解 (1) V_A (A 點對地) = $V_{AD} = +5V$

$$V_B \text{ (B 點對地)} = V_{BA} + V_{AD} \\ = 8 + 5 = 13V$$

$$= V_{BC} + V_{CD} = 15 + (-2) = 13V$$

$$V_C \text{ (C 點對地)} = V_{CD} = -2V$$

(2) $V_{AC} = V_A - V_C = 5 - (-2) = 7V$

$$V_{BD} = V_B - V_D = 13 - 0 = 13V$$

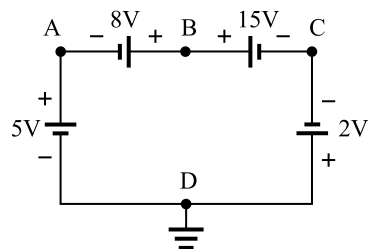


圖 1-10

類題

例 6 中 15V 電壓源改為 25V；8V 電壓源改為 12V；5V 電壓源改為 9V；2V 電壓源改為 4V 時； V_{CA} 為多少伏特？

答 $-13V$

範例

7

A 點對地 50V，B 點對地 20V，將 5 庫侖由 B 移到 A 須作功多少焦耳？

解 $V_A = 50V ; V_B = 20V$

$$V_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q} = V_A - V_B$$

$$\therefore W_{AB} = (50 - 20) \times 5 = 150J$$

類題

將電荷 Q 由 20V 移到 -30V，作功消耗 200 焦耳，則電荷量 Q 為多少？

答 -4C

範例

8

將 6 庫侖正電荷由 B 點移到 A 點，作功 150 焦耳，則 (1)A、B 兩點間電位差 $V_{AB} = ?$ (2) 若 A 點對地為 40V，則 B 點對地為多少伏特？

解 (1) $V_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q} = \frac{150}{6} = 25V$

(2) $V_{AB} = V_A - V_B$

$$\therefore V_B = 40 - 25 = 15V$$

類題

例 8 中，電荷量改為 5 庫侖，B 點對地為多少伏特？

答 $V_B = 10V$

範例

9

將 5 庫侖正電荷由無窮遠移到 A 點，作功 50 焦耳；若由無窮遠移到 B 點，作功 75 焦耳，則 (1) A、B 兩點間電位差 $V_{AB} = ?$ (2) 若將此電荷由 A 點移到 B 點須作功多少焦耳？

解 \because 無窮遠電位為零

$$(1) V_A = \frac{W_A}{Q} = \frac{50}{5} = 10V$$

$$V_B = \frac{W_B}{Q} = \frac{75}{5} = 15V$$

$$V_{AB} = V_A - V_B = 10 - 15 = -5V$$

(2) 電荷由 A 移到 B，電位差為 V_{BA} ，作功為 W_{BA}

$$V_{BA} = \frac{W_{BA}}{Q} = V_B - V_A$$

$$\frac{W_{BA}}{5} = 15 - 10 = 5V$$

$$\therefore W_{BA} = 25J$$

1-5-2 電動勢、電壓降與端電壓

一 · 電動勢 (electromotive force)

電荷受力產生吸引或排斥的現象時，電荷將會移動而作功，這種使電荷移動作功的驅動力稱為**電動勢** (emf)，符號為 E，簡稱**電勢**，單位為伏特 (V)。一般實用的裝置有電池或發電機等。

二 · 電壓降 (voltage drop)

電動勢驅使電荷移動通過電路元件時，元件作功將電能轉換成其它形式的能量（如光、熱、磁等），元件兩端會產生電位差，稱此電位差為電壓降，符號為 V ，單位為伏特（V）。

三 · 端電壓 (terminal voltage)

電路中元件兩端的電位差又可稱為端電壓，符號為 V ，單位為伏特（V）。電源提供電動勢，但電源內部阻力會產生電壓降，所以電源的電動勢會大於電源的端電壓。圖 1-11 以電池為例。電池的電動勢為 E ，但是電池內阻力的電壓降為 V_r ，以致於電池的端電壓 $V_{ab} = E - V_r$ ，負載端所獲得的電壓就是電池的端電壓 V_{ab} 。

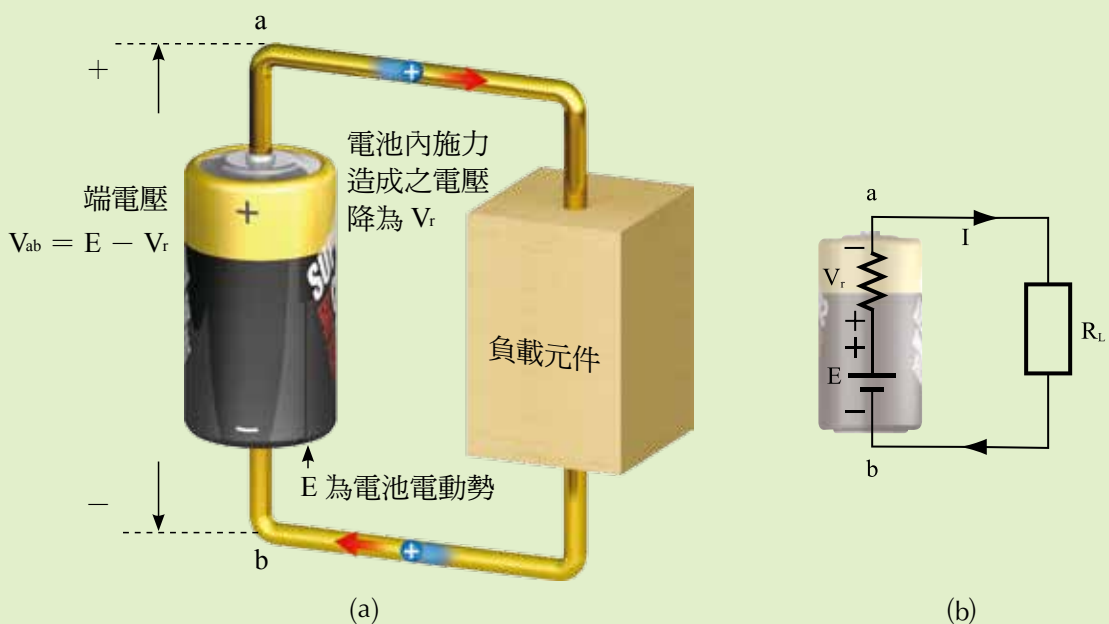


圖 1-11 電池及元件之端電壓

隨堂練習

14. 電位以無窮遠或大地為參考點，參考點電位為_____伏特。

15. 如圖 (1) 所示， $V_a =$ _____ V、 $V_b =$ _____ V、 $V_c =$ _____ V、 $V_{ab} =$ _____ V、 $V_{ca} =$ _____ V。

16. 由無窮遠移動電荷 15 庫侖到 A 點，作功 60 焦耳，則 A 點電位為_____伏特。

17. 將 20 庫侖的正電荷由 a 移到 b，作功 120 焦耳，則 $V_{ab} =$ _____ 伏特；若 $V_a = 10$ 伏特，則 $V_b =$ _____ 伏特。

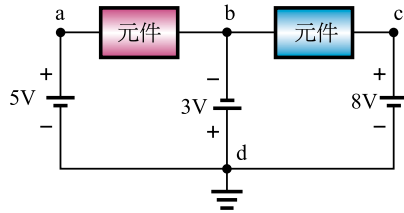
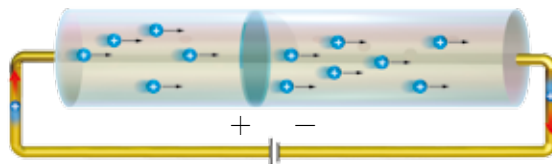


圖 (1)

1-6 電 流

1-6-1 電流的定義

導體內的電荷可任意移動，當外加電動勢時，電荷（每一個帶電量約 1.6×10^{-19} 庫侖）受電動勢的驅動會產生流動的現象，而電荷受力產生連續不斷的流動現象就稱為電流（current），如圖 1-12 所示為表示電荷受力產生流動的現象。電流的定義為：**時間 t 內通過導體某一截面的電荷量 Q 和該段時間 t 之比值即為電流**（current），符號為 I ，單位為安培（A）， I 的表示式如下：



電流方向的問題將於下一單元中詳述

圖 1-12 電荷受電動勢驅動產生流動

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

公式
1-5

由 1-4 節可知電荷的特性，將（公式 1-2）代入上式中，可得：

$$I = \frac{N \times e}{t}$$

公式
1-6

其中 N 為 t 時間內通過截面積之淨電荷數目， $1e = 1.6 \times 10^{-19}$ 庫侖，可知：
1 安培電流為在一秒的時間通過導體截面的電量為 1 庫侖，亦可表示為每秒鐘約有 6.25×10^{18} 個正基本電荷通過導體的某一截面。

範例 10

一導體在 10 分鐘內通過 1200 庫侖電量，則平均電流大小為多少安培？

解 $I = \frac{Q}{t} = \frac{1200}{10 \times 60} = 2$ 安培

類題

電流 20 安培表示，在 5 分鐘內通過多少電荷量？

答 6000C

範例 11

某導體有 0.2 安培電流通過，則在 50 秒內 (1) 電量大小為多少庫侖？

(2) 通過的基本電荷數目約為多少個？

解 (1) $I = \frac{Q}{t} \Rightarrow Q = I \times t = 0.2 \times 50 = 10$ 庫侖

(2) $Q = N \times e \Rightarrow N = \frac{Q}{e} = \frac{10}{1.6 \times 10^{-19}} = 10 \times 6.25 \times 10^{18}$
 $= 6.25 \times 10^{19}$ 個基本電荷

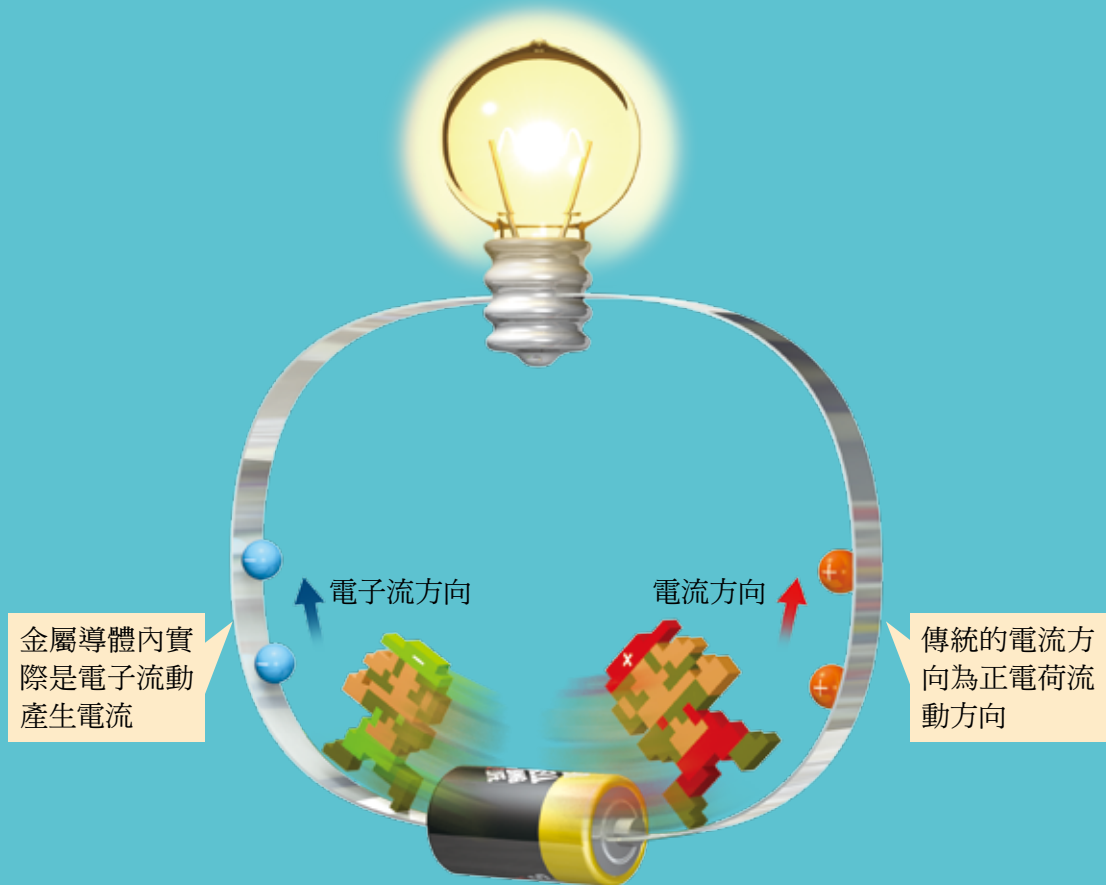
類題

例 11 中，電流改為 0.6 安培，時間改為 20 秒，則基本電荷個數為多少個？

答 7.5×10^{19} 個

1-6-2 電流的方向

導體中電荷受力產生移動，形成電流，早期的科學家定義電流的方向為正電荷的方向，經由科學的驗證，金屬導體內的電流是電子移動產生的，而電子帶負電，故傳統所定義之電流方向與電子流方向相反。如圖 1-13 所示，電流由電動勢正端流出，負端流入；電子流由電動勢負端流出，正端流入。而能量的流向為傳統電流之方向。



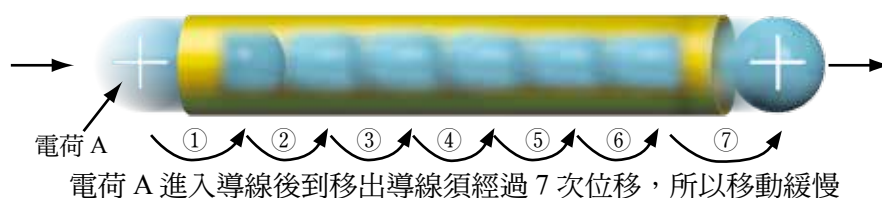
●圖 1-13 電流與電子流方向

小心！這兩個方向不一樣喔!!



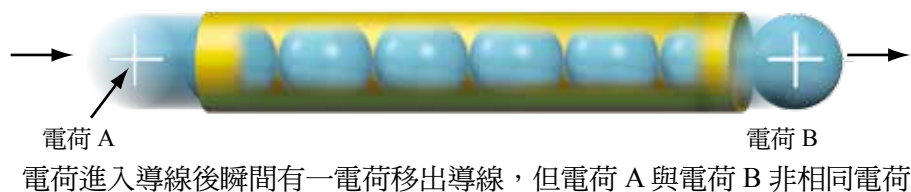
1-6-3 電荷的速度

導體在未外加任何驅動力時，導體內電荷可以對各方向任意移動，因此平均位移為零，所以電荷的淨流量為零。當外加電動勢時，導體內的電荷受力移動，但是電荷在導體內移動的速度相當慢，如圖 1-14 以一段導線為例說明電荷 A 進入導線的移動狀況。



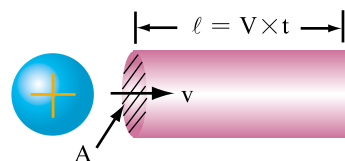
●圖 1-14 電子在導線內移動

但是，電荷在導體內流動時傳遞能量的速度近似光速（ 3×10^8 公尺/秒），因為電子進入導體一端時，瞬間在另一端有電子移出，不須分辨是哪一個特定的電荷，如圖 1-15 所示。



●圖 1-15 導線內能量傳遞

由圖 1-16 可知，當導體內自由電子以平均速度 v 移動通過某一截面積，經過時間 t 秒時，電荷電量 (Q) 及電流 (I) 公式改寫如下：



●圖 1-16 導體內電荷量

$$Q = N \times e = n \times (A \times l) \times e = n A v t e$$

公式

1-7

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

公式

1-8

符號	名稱	單位
n	單位體積內電荷數目 (電荷密度)	電荷個數 / 立方公尺 (個 / m ³)
A	導體截面積	(m ²)
ℓ	導體長度	公尺 (m)
v	電荷移動的平均速度	公尺 / 秒 (m/s)
t	時間	秒 (s)
e	基本電荷電量 (1e = 1.6 × 10 ⁻¹⁹ C)	庫侖 (C)
N	t時間內以電流方向通過截面的基本電荷淨個數	個

圓形面積的公式是

 $\pi \times \text{半徑} \times \text{半徑}$ 

範例

12

一導線的電荷密度為 10^{29} 個 / m³，截面積為 0.04 平方公分，當通過電流 16 安培時，導線中電荷的平均速度為多少？

解 $\because I = nAve \quad \therefore v = \frac{I}{n \times A \times e}$

其中 $A = 0.04\text{cm}^2 = 4 \times 10^{-2} \times 10^{-4}\text{m}^2 = 4 \times 10^{-6}\text{m}^2$

$$v = \frac{16}{10^{29} \times 4 \times 10^{-6} \times 1.6 \times 10^{-19}} = 2.5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

類題

例 12 中，截面積增為 0.2cm^2 ，當電流為 8A 時，平均速度為多少？

答 $2.5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

隨堂練習

18. 傳統電流定義流向是採_____電荷流動方向，由電動勢_____端流出，_____端流入，與_____流方向相反。
19. 導體內每分鐘有 10^{19} 個正電荷通過截面積，則導體內電流 $I =$ _____安培。
20. 導體內電荷移動的平均速度與截面積成_____比；與電流成_____比。
21. 某截面積為 0.05 平方公分，正電荷的電荷密度為 10^{29} 個 / m^3 的導線，通過電流 20 安培時，導線內自由電子的平均速度 = _____ m/s。

1-7 電功率

1-7-1 功率 (power) 的定義

對相同的物體作功，所作的功可能相同，但是作功花費的時間可能不相同，產生不同的速率，而有不同的效益，因此定義**功率：時間 t 內所作的功 W 和時間 t 之比值**，或**物體作功的速率**。符號為 P ，單位為瓦特 (W)：

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

公式
1-9

由 1-5 節可知，將單位正電荷由某點移動到另一點所作的功，為兩點間的電位差乘單位電荷量。設兩點電位差為 V 則 (公式 1-4) 可改寫為 $W = Q \times V$ 代入 (公式 1-9) 中，並利用公式 1-5 $I = \frac{Q}{t}$ 可得：

$$P = \frac{W}{t} = \frac{V \times Q}{t} = V \times I$$

公式
1-10

功率的單位在 MKS 制中為瓦特 (W)，在英制 (FPS) 單位中為馬力 (horsepower, hp)，現今在汽車引擎或電動機均仍以馬力為單位，表 1-6 為功與功率單位之比較：

表 1-6 功與功率之單位

	功率 (P)	功或能 (W)	時間 (t)
MKS	瓦特 (W)	焦耳 (J)	秒 (s)
FPS	馬力 (hp)	呎-磅 (ft - lb)	秒 (s)

$$\text{其中 } 1\text{hp} = 746\text{W} \div 750\text{W} = \frac{3}{4} \text{ 仟瓦} = 550\text{ft} - \text{lb/s}$$

範例

13

一電熱器加入 110V 電壓時，在 5 秒內消耗 550 焦耳能量，試計算 (1) 電熱器功率為多少瓦特？ (2) 電流為多少安培？

解 (1) 電熱器在 $t = 5$ 秒內，消耗能量 $W = 550\text{J}$

$$\therefore \text{電熱器功率 } P = \frac{W}{t} = \frac{550}{5} = 110\text{W}$$

(2) 電源電壓 $E = 110\text{V}$

$$\therefore P = V \times I \quad \therefore I = \frac{P}{V} = \frac{110}{110} = 1\text{A}$$

類題

例 13 中，在 15 秒內消耗 4950J，則電流為多少安培？

答 3A

範例

14

一電池端電壓為 1.5V，儲存的電荷量為 4×10^4 庫侖，將電池與功率 2W 的燈泡連接，則此燈發亮的時間為多少秒？

解 $\because \Delta v = \frac{W}{Q}$

電池可提供的能量為 $W = \Delta v \times Q = 1.5 \times 4 \times 10^4 = 6 \times 10^4 \text{ J}$

電燈的功率為 2W

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow t = \frac{W}{P} = \frac{6 \times 10^4}{2} = 3 \times 10^4 \text{ 秒}$$

類題

例 14 中，電池端電壓改為 12V，電荷量不變，則電池與 8W 燈泡連接時，燈發亮時間為多少秒？

答 $6 \times 10^4 \text{ s}$

1-7-2 電能與電度

單位時間內所作的功為功率，也可說單位時間內消耗的能量，因此（公式 1-9）可改寫為：

$$W = P \times t$$

公式
1-11

其中能量單位為焦耳（J），功率單位為瓦特（W），時間單位為秒（s），所以**焦耳為：瓦特 × 秒**。電力公司若以焦耳為單位計算用戶每月使用的電能，則需要以相當大的數字來表示，因此電力公司以度電為計算單位，**1 度電（1 仟瓦 × 小時）定義為 1 仟瓦的電器，使用 1 小時所消耗的能量**，即：

$$1 \text{ 度電} = 1\text{kW} \cdot \text{h} = 1000\text{W} \times 3600\text{s} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

另外設兩點電位差為 V 則（公式 1-4）可改寫為電能公式：

$$W = Q \times V$$

公式
1-12

單位定義為：電子伏特（ eV ），1 電子伏特（ 1eV ）為移動 1 個基本電荷通過電位差 1 伏特的兩點時，電荷的能量變化。即：

$$1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 1\text{V} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

公式
1-13

範例 15

有一 5 馬力的電動機運轉 30 分鐘，則 (1) 消耗電能多少焦耳？ (2) 相當於多少度電？

解 (1) $P = 5 \text{ 馬力} = 5 \times 746 \text{ 瓦特} / \text{馬力} = 3730 \text{ 瓦特}$
 $t = 30 \text{ 分鐘} = 30 \times 60 \text{ 秒} / \text{分鐘} = 1800 \text{ 秒}$
 $\therefore W = P \times t = 3730 \times 1800 = 6.714 \times 10^6 \text{ 焦耳}$

(2) $6.714 \times 10^6 \text{ 焦耳} = \frac{6.714 \times 10^6 \text{ 焦耳}}{3.6 \times 10^6 \text{ 焦耳} / \text{度電}} = 1.865 \text{ 度電}$

類題

電動機運轉 50 分鐘，消耗 8.952×10^6 焦耳，則電動機為多少馬力？

答 4 馬力

範例 16

某用戶每日平均用電如下：

- (1) 500W 電視機用 3 小時。 (2) 800W 洗衣機用 2 小時。
(3) 1200W 烘衣機用 1 小時。 (4) 100W 燈泡 4 個用 3 小時。

若每度電電費 3 元，求該用戶每月（30 日）需付電費多少元？

解 $\because W = P \times t$

每日用電度數

$$= \frac{500}{1000} \text{ kW} \times 3\text{hr} + \frac{800}{1000} \text{ kW} \times 2\text{hr} + \frac{1200}{1000} \text{ kW} \times 1\text{hr} + \frac{100 \times 4}{1000} \text{ kW} \times 3\text{hr}$$

$$= 5.5 \text{ 度電}$$

$$\text{每月應繳電費} = 5.5 \times 30 \times 3 = 495 \text{ 元}$$

類題

某用戶每日電視機使用 8 小時，若每度電費 3 元，該用戶每月（30 日）付出電費 576 元，則電視機功率為多少瓦特？

答 800W

度電為：仟瓦特 × 小時 (kW · h)

23552
新北市中和區中正路77

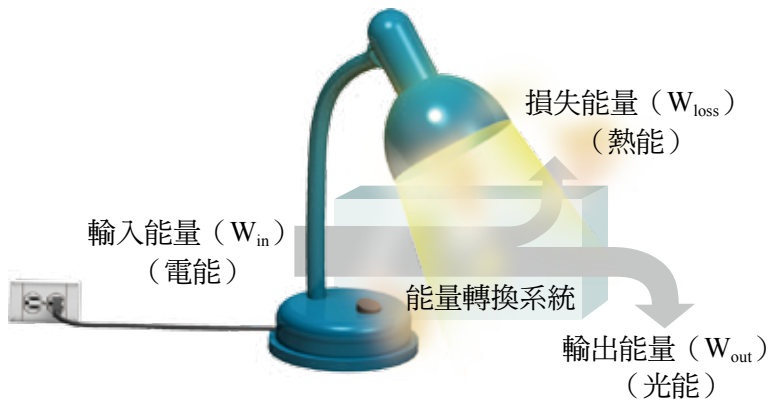
電 號 (Customer Number)	繳費期限 (Due Date)	應繳總金額 (Total Amount) 新台幣 1143 元
01-42-6564-59-5	101/11/21	老地址 1143 元

電上列限費期限之天(週日及例假至下一上班日)視為停電。不論向本公司或代收電費扣繳費，依規定均須加計遲付費用。關於電費收繳(詳見背面說明)。
 於102/01/03前向代收電費(詳背面)繳費，如逾期未繳，請向本公司洽詢。
 如逾期未繳，請向本公司洽詢。逾期不繳，請向本公司洽詢。

流動電費計算式： $51270.4 \text{ kWh} \times 0.240 (35/62) + 2.68 \times 271$

1-7-3 損失與效率

由 1-3 節可知，能量可以由不同形式來表示，且依據能量守恆定理，能量的總和不變，而且可以在不同形式之間互相轉換，但是，在轉換的過程中部分能量可能轉換為其他非預期的能量形式，通常稱此部分能量為**損失**（loss）。例如電動機將電能轉換為機械能，但過程中產生的能量損失有熱能損失及摩擦力損失等。如圖 1-17 所示。



●圖 1-17 系統輸入、輸出與損失之關係圖

因系統轉換能量過程中產生損失，使得輸入必大於輸出，但根據能量守恆定理可得：

損失越少越好，最好不要有損失。



$$W_{in} = W_{out} + W_{loss}$$

公式
1-14

等號兩邊同除以時間 t ，可得：

$$P_{in} = P_{out} + P_{loss}$$

公式
1-15

其中 W_{in} 、 P_{in} ：輸入能量、輸入功率

W_{out} 、 P_{out} ：輸出能量、輸出功率

W_{loss} 、 P_{loss} ：損失能量、損失功率

對於能量轉換系統，將輸入能量轉換為輸出能量的能力稱為**效率**（efficiency）。即**輸出能量或功率對輸入能量或功率之比值**，以百分率表示，效率符號為 η （讀音：eta）：

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{W_{out}}{W_{in}} \times 100\% = \frac{W_{in} - W_{loss}}{W_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{W_{out}}{W_{out} + W_{loss}} \times 100\% \\ \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% = \frac{P_{in} - P_{loss}}{P_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{loss}} \times 100\%\end{aligned}$$

公式
1-16

其中，若 $W_{loss} \neq 0$ ，則 W_{in} 必大於 W_{out} ，而 $\eta < 1$ 。

若系統由數個子系統串接組合而成，如圖 1-18 所示，系統的總效率為個別子系統的效率乘積。

$$\eta_T = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \cdots \times \eta_n$$

公式
1-17

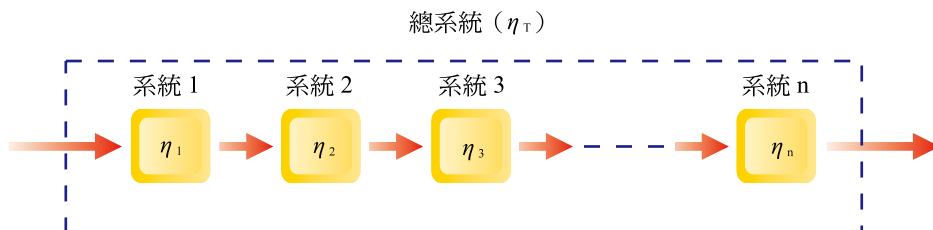


圖 1-18 總系統及子系統

範例

17

某系統輸入 200 焦耳，損失 20 焦耳，則 (1) 輸出能量為多少焦耳？ (2) 效率為多少？

解

$$(1) W_{\text{out}} = W_{\text{in}} - W_{\text{loss}}$$

$$\therefore W_{\text{out}} = 200 - 20 = 180 \text{ 焦耳}$$

$$(2) \eta = \frac{W_{\text{out}}}{W_{\text{in}}} \times 100\% = \frac{180}{200} \times 100\% = 90\%$$

範例

18

220 伏特的電動機，輸入 4 安培，若電動機輸出 560 瓦特，則電動機的 (1) 損失功率為多少瓦特？ (2) 效率為多少？

解

$$P_{\text{in}} = V_{\text{in}} \times I_{\text{in}} = 220 \times 4 = 880 \text{ W}$$

$$P_{\text{out}} = 560 \text{ W}$$

$$(1) P_{\text{in}} = P_{\text{out}} + P_{\text{loss}}$$

$$\therefore P_{\text{loss}} = 880 - 560 = 320 \text{ W}$$

$$(2) \eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% = \frac{560}{880} \times 100\% \div 63.64\%$$

類題

110 伏特電動機，輸入 8 安培，效率為 80%，則電動機的損失為多少？

答

$$176 \text{ W}$$

範例

19

有一系統由 3 個子系統串接組成，子系統效率分別為 80%、70%、50%，試計算 (1) 系統總效率為多少？ (2) 若輸入 500 焦耳的能量，輸出能量為多少焦耳？

解

(1) 系統總效率

$$\eta_T = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 = 0.8 \times 0.7 \times 0.5 = 0.28 = 28\%$$

$$(2) \eta_T = \frac{W_{\text{out}}}{W_{\text{in}}} \times 100\%$$

$$\therefore W_{\text{out}} = 0.28 \times 500 = 140 \text{ 焦耳}$$

類題

有一系統由 3 個子系統串接組成，效率分別為 90%、x、50%，若輸入 500J 能量，輸出 135J 能量，則效率 x 為多少？

答

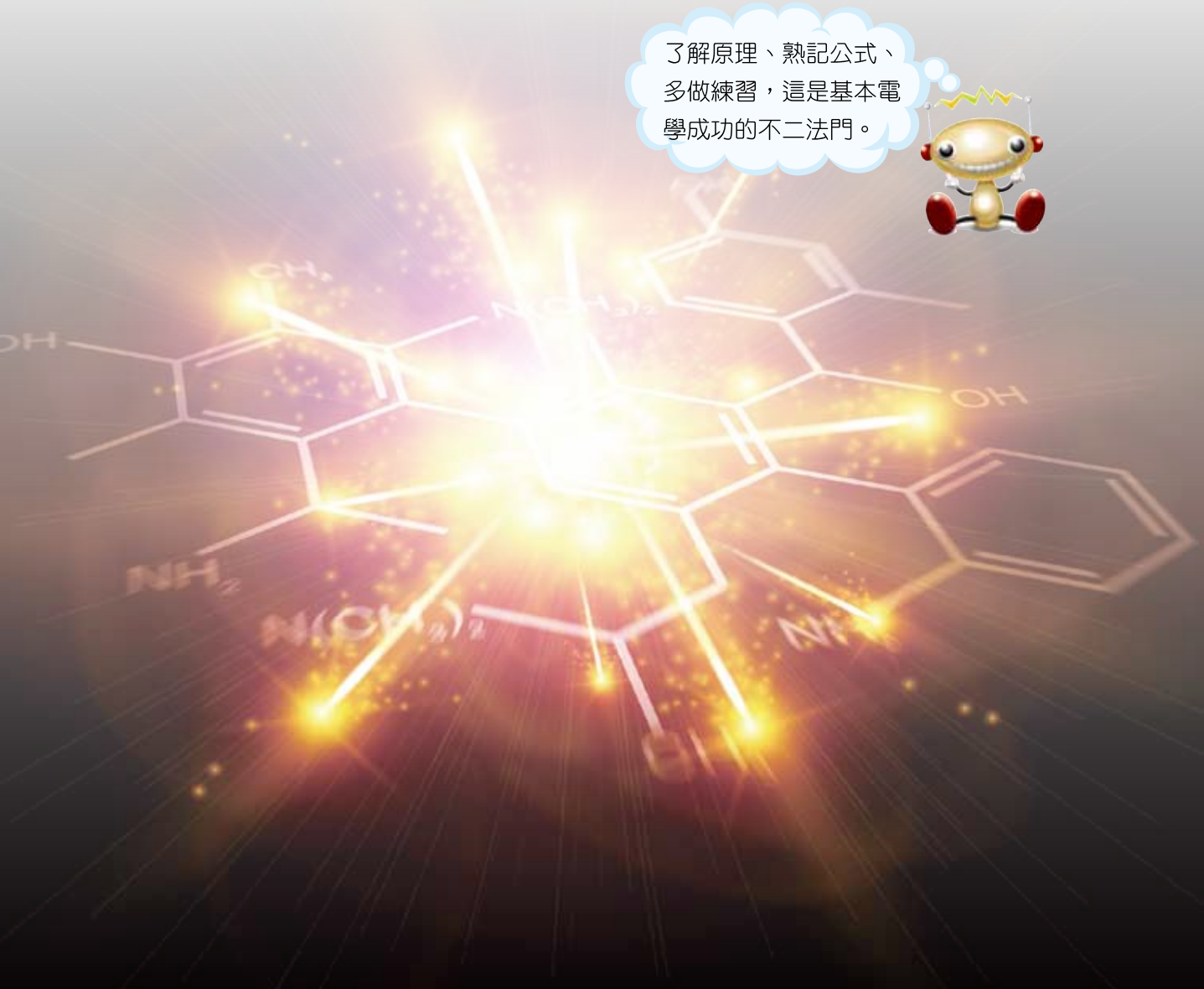
60%



隨堂練習

22. $1\text{eV} = \underline{\hspace{2cm}}\text{J}$; $1\text{度電} = \underline{\hspace{2cm}}\text{J}$; $1\text{馬力} = \underline{\hspace{2cm}}\text{W}$ 。
23. 有一電動機在 30 秒內消耗 22.38kJ 電能，試計算功率 = $\underline{\hspace{2cm}}$ 馬力，若輸入電流為 0.5 安培，則輸入電壓 = $\underline{\hspace{2cm}}$ 伏特。
24. 某家庭每日使用電器：50W 電腦用 4 小時；100W 燈泡 4 個 8 小時，若每度電費 2 元，則每月（30 日）電費 = $\underline{\hspace{2cm}}$ 元。
25. 系統由 3 個子系統甲、乙、丙串接組成，系統甲效率為 90%；系統乙效率為 60%，系統輸入 200 焦耳，輸出 54 焦耳，系統丙效率為 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

了解原理、熟記公式、
多做練習，這是基本電
學成功的不二法門。



* 1-8 基本元件及符號認識

在電學的領域裡，經過眾多的科學家不斷研究發展，陸續的開發出具有各種不同功能的元件，為了方便說明及容易繪製於電路圖中，每個元件均有其電路符號，為方便使用本書所繪電路圖，將基本電路元件符號整理如下。

電學領域的元件相當多，這些只是一小部分。



★ 電源

電路中獨立電源為提供能量之元件。

元件名稱	直流電壓源	直流電流源
元件符號		
元件代號	E	I
元件名稱	交流電壓源	交流電流源
元件符號		
元件代號	$v(t)$	$i(t)$

☆ 電子元件

元件名稱	實體圖	元件符號	元件代號	基本功能
電阻器 (resistor)			R	調節電路通過的電流量
可變電阻器 (variable resistor)			VR	電阻值可調整
電容器 (capacitor)			C	儲存電荷
電感器 (inductor)			L	儲存磁能
揚聲器 (speaker)			SP	將電訊號轉為聲音
燈泡 (light)			L · T	利用亮滅表示電路狀態
開關 (switch)			SW	控制電路是否導通
變壓器 (transformer)			T _r	改變交流電壓振幅

本單元所列元件為基本電學中所用到的元件，並未包含電子學的所有元件。

隨堂練習

26. 畫出下列元件符號。

電阻器：_____；直流電流源：_____。

27. 依下列符號寫出元件名稱。

—(⊙)—：_____；—(⊞)—：_____。

28. 寫出下列元件的代號。

電容器：_____；揚聲器：_____。

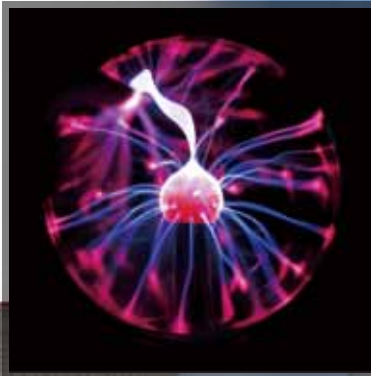




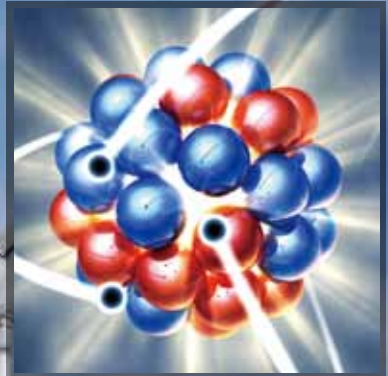
原子能

愛因斯坦認為，物質質量減少可以轉化為能量，此一過程為質能互換，他進一步推算出質能互換的公式為 $E = mc^2$ ，其中的 c 為光速 (3×10^8)。因此，只需要一點質量就可以產生大量的能量。但物質並不會自動轉換，需經過某種反應過程，此種原子核反應產生的能量，稱為原子能。

原子由質子、中子和電子三種粒子所組成，其結構是由帶正電的質子和不帶電的中子結合在原子的中央，形成原子核，原子核外圍繞著帶負電的電子。每個原子的質子、中子和電子數目是固定的，如此才會安定，但中子是很活躍的粒子，每一秒鐘可跑一萬英哩，等於時速 57,924,000 公里，



現代的核電廠使用的發電技術，稱為「核分裂」，是利用中子撞擊一顆重原子（通常為鈾或鈾）後，重原子會「分裂」成兩顆輕的原子，並在過程中放出能量。



核融合 -- 核融合則是相反的過程，將兩顆輕的原子核對撞後，形成一顆較重的原子，並在過程中放出能量。

當原子核被中子撞擊而分裂成兩個較小而安定的原子核，結果原來的原子核與外來的中子質量和，會大於分裂後的兩個新原子與新生成的中子質量和，而多餘的質量就轉換為「原子能」，稱為「核分裂」反應，但通常只有鈾和鈾才會產生反應。

反之，若兩個原子經由碰撞再結

合為一個較大的原子，並且會逐出一個中子。而原來兩個原子的質量和，大於合成後的原子與中子的質量和，而多餘的質量就轉換為「原子能」，稱為「核融合」反應，但通常只有氫原子的同位素才會產生反應。

本章彙總

- (1) 原子結構：原子核及電子，原子核包含質子及中子。
 - (2) 質子：帶正電，帶電量約為 $+ 1.6 \times 10^{-19}$ 庫侖。
 - (3) 中子：不帶電。
 - (4) 電子：帶負電，帶電量為 $- 1.6 \times 10^{-19}$ 庫侖。
 - (5) 電子分布：電子分布在原子核外圍，每一軌道最大電子數目 $= 2 \times n^2$ (n 為層數)。
- (1) 價電子：原子最外層軌道上的電子。
 - (2) 游離：使原子失去或獲得電子的過程。
 - (3) 正離子：原子經游離後失去電子。
 - (4) 負離子：原子經游離後獲得電子。
- 價電子數又稱價數：為原子最外圍層軌道上之電子數目。通常純物質元素之構成原子之價數小於 4 為導體；等於 4 為半導體；大於 4 為絕緣體。
- 能量守恆：能量可以在不同形式間互換，但總量不變。
- 功：物體受力之位移量與位移同方向之分力乘積。
- 電荷： $Q = N$ (基本電荷淨數目) $\times e$ (基本電荷電量)
 1 庫侖 $= 6.25 \times 10^{18}$ 個基本電荷； $1e = 1.6 \times 10^{-19}$ 庫侖
- 電位差：將單位電荷由某點移到另一點所作的功和單位電荷量之比值。

$$V_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q} = \frac{W_A - W_B}{Q} = V_A - V_B = -V_{BA}$$

- 電流：單位時間內通過導體某一截面的電量。電流方向為正電荷流動方向。

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{N \times e}{t} = Anve$$

本章彙總

9. 電子流流向：電子流動的方向。

10. 功率：單位時間物體所作的功；或物體作功的速率

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Q \times V}{t} = V \times I$$

11. 功率單位：1 馬力 = 746 瓦特 $\div \frac{3}{4}$ 仟瓦

12. 電能： $W = Q \times V = P \times t = V \times I \times t$

13. 電能單位：1 度電 = 1 kWh
 $= 1000\text{W} \times 3600\text{s}$
 $= 3.6 \times 10^6 \text{ J}$

1 電子伏特 = 1 eV
 $= 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 1\text{V}$
 $= 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

14. 能量守恆：輸入 = 輸出 + 損失

$$W_{\text{in}} = W_{\text{out}} + W_{\text{loss}} ; P_{\text{in}} = P_{\text{out}} + P_{\text{loss}}$$

15. 效率：輸出能量或功率對輸入能量或功率之比值

$$\eta = \frac{W_{\text{out}}}{W_{\text{in}}} \times 100\%$$

$$= \frac{W_{\text{in}} - W_{\text{loss}}}{W_{\text{in}}} \times 100\% = \frac{W_{\text{out}}}{W_{\text{out}} + W_{\text{loss}}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\%$$

$$= \frac{P_{\text{in}} - P_{\text{loss}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{out}} + P_{\text{loss}}} \times 100\%$$

自我評量

- 1-1 () 1. 原子核是由中子與下列何者所組合而成？ (A) 分子 (B) 原子 (C) 質子 (D) 電子。
- () 2. 一原子失去電子後，將游離變成 (A) 帶負電離子 (B) 帶正電離子 (C) 可能帶正電或帶負電之離子 (D) 不帶電。
- 1-2 () 3. 倍數符號 μ 代表的指數數值是 (A) 10^6 (B) 10^{-6} (C) 10^{-3} (D) 10^3 。
- 1-4 () 4. 導體表面電量之表面密度在導體表面曲度較高處，其帶電體表面之電荷密度 (A) 亦大 (B) 亦小 (C) 不變 (D) 不一定。
- 1-5 () 5. 移動 1 庫侖的電荷，從電位為 0V 的地方至 1V 的地方，其所需要的能量為 (A) 1eV (B) 1J (C) 1V (D) 1A。
- () 6. 將正電荷由空間中一點移至另一點所需的功，功與電荷量之比值稱為兩點間的 (A) 電能 (B) 電位 (C) 電能差 (D) 電位差。
- () 7. 將 0.25C 的正電荷由 10V 電位移至 A 點，需作正功 20J，則 A 點的電位為何？ (A) 40 (B) 60 (C) 70 (D) 90 V。
- () 8. a 點的電位為 10V，b 點的電位為 $-15V$ ，則 a、b 二點間的電位差 V_{ab} 應為多少？ (A) 5 (B) 10 (C) 15 (D) 25 V。
- () 9. 移動 50 庫侖的電荷，由電路的 a 點至 b 點，已知電位差為 10 伏特，電路消耗的能量為 (A) 0.2 (B) 5 (C) 500 (D) 5000 焦耳。
- () 10. 有一帶電量為 10 庫侖的正電荷，由無窮遠處移動至 a 點須作功 100 焦耳，而由無窮遠處移動至 b 點須作功 50 焦耳，則 a、b 兩點間的電位差為 (A) 10 (B) 20 (C) 5 (D) 40 V。

1-6

- () 11. 有一電池可提供 3V 的電壓，在供電的期間共作功 12J，試求在這段時間內有多少電子由負極流向正極？ (A) 6.4×10^{17} (B) 5.76×10^{18} (C) 2.5×10^{19} (D) 2.25×10^{20} 個。
- () 12. 在某一導體內，每分鐘有 15×10^{20} 個電子通過，則流經導體的電流大小為多少？ (A) 4 (B) 1 (C) 1.5 (D) 2 A。
- () 13. 有一銅導線，已知銅的自由電子密度為 10^{29} 個 /m³，截面積為 0.04 平方公分，導線內的電流為 8 安培，試求電子在導線中的平均速率大小為多少？ (A) 5.5×10^{-4} (B) 1.25×10^{-4} (C) 4.5×10^{-4} (D) 4×10^{-4} m/s。
- () 14. 有關電流的敘述何者錯誤？ (A) 就同一導體而言，電子移動速率與外加電壓成正比 (B) 就同一電流而言，電子移動速率與導線截面積成正比 (C) 慣用電流方向與電子流的方向相反 (D) 每秒鐘通過導體任一截面積之電量。
- () 15. A、B 兩條相同材料製成的導線，若 A 導線直徑為 2mm，通以 20A；B 導線直徑 4mm，通以 40A 電流，則兩條導線的電子移動速率比 $v_A : v_B =$ (A) 1 : 2 (B) 2 : 1 (C) 1 : 4 (D) 4 : 1。
- () 16. 在 5 分鐘內若有 4000 庫倫的電子從導體的一端進入，另一端有 4000 庫倫的電子流出，則導體內平均電流為多少安培？ (A) 133 (B) 13.33 (C) 800 (D) 1600。
- 1-7 () 17. 下列何者為能量效率 η 的定義？ (A) $\frac{W_{in}}{W_{out}} \times 100\%$ (B) $\frac{W_{out}}{W_{in}} \times 100\%$ (C) $\frac{W_{in}}{W_{out} + W_{loss}} \times 100\%$ (D) $\frac{W_{out}}{W_{in} + W_{loss}} \times 100\%$ 。
- () 18. 電力公司所使用的 1 度電相當於 (A) $3.6 \times 10^2 W$ (B) $3.6 \times 10^2 J$ (C) $3.6 \times 10^6 W$ (D) $3.6 \times 10^6 J$ 。

自我評量

- () 19. 某生家內有一部效率為 80%，輸出功率為 8kW 的抽水馬達，每天運轉 8 小時，一個月平均運轉 25 工作天，若每度電費為 1.5 元，則每月浪費電費多少元？ (A) 556.8 元 (B) 417.6 元 (C) 640.6 元 (D) 以上皆非。
- () 20. 有一電動機輸入的電流為 5A，電壓為 200V，若其效率為 80%，則電動機輸出的功率為多少？ (A) 16 (B) 600 (C) 25 (D) 800 W。
- () 21. 有一 4 馬力、效率 80% 的電動機，若接上 100V 的電源，則其輸入電流為何？ (A) 3.2 (B) 23.87 (C) 37.3 (D) 40 A。
- () 22. 下列中，何者並非能量的單位？ (A) 仟瓦小時 (B) 度 (C) 電子伏特 (D) 庫侖－法拉。
- () 23. 某校有教室 50 間，每間 40 瓦雙管日光燈 8 盞，平均每月使用 25 天，每天 4.5 小時，則用於此項教室照明的電力是每月多少度？ (A) 3600 (B) 1000 (C) 3600000 (D) 1000000。
- () 24. 某電動機自 220 伏特電源取用電流 40 安培，其總損失為 1800 瓦特，則其效率約為 (A) 0.5 (B) 0.707 (C) 1 (D) 0.8。
- () 25. 一電池以定電壓 2V 供電 8mA 的電流使用 10 小時，此電池所提供之能量為多少焦耳？ (A) 972 (B) 576 (C) 1944 (D) 486 焦耳。
- () 26. 有一電力系統由 3 個子系統串聯而成，其效率分別為 $\eta_1 = 90\%$ ， $\eta_2 = 80\%$ ， $\eta_3 = 70\%$ ，則此系統的總效率為 (A) 87 (B) 90.27 (C) 65.36 (D) 50.4 %。
- () 27. 將 10 庫侖電荷於 8 秒內由電位 10V 處移至 70V 處，則其平均功率為 (A) 87 (B) 48 (C) 75 (D) 12 W。

- () 28. 220V、5 馬力的直流電動機，於滿載運轉期間由電源輸入 3.73×10^6 焦耳，電動機的滿載效率為 84%，請計算電動機大約運轉了多少分鐘？ (A) 14 (B) 16 (C) 18 (D) 20。
- () 29. 小豆豆家本月份共使用了下列電能 (1) 40W 日光燈兩盞各使用 120 小時 (2) 60W 白熾燈 6 只各使用 50 小時 (3) 600W 電鍋使用 60 小時 (4) 300W 電視一臺使用 100 小時 (5) 400W 洗衣機一臺使用 20 小時，若每度電費以 5 元計算，則應繳電費 (A) 518 元 (B) 498 元 (C) 508 元 (D) 528 元。
- () 30. 下列與電相關的敘述，何者錯誤？ (A) 使電荷移動而作功之動力稱為電動勢 (B) 導體中電子流動的方向就是傳統之電流的反方向 (C) 1 度電相當於 1 仟瓦之電功率 (D) 同性電荷相斥、異性電荷相吸。

圖片來源

P2 底紋	shutterstock 圖庫
圖 1-1 底紋	shutterstock 圖庫
圖 1-5 導體	shutterstock 圖庫
圖 1-5 半導體	http://cn.made-in-china.com/showroom/runshikwftc/product-detailseExParumUpg/%E6%B6%A6%E7%9F%B3%E9%94%97%E7%9F%B3.html
圖 1-5 絕緣體	shutterstock 圖庫
生活中的電學（發光二極體（LED））	shutterstock 圖庫
生活中的電學（EER）	經濟部能源局
生活中的電學（靜電）	http://fphoto.photoshelter.com/image?&_bqG=11&_bqH=eJzLc8o0MjBw8S00yIpyNQ_JrnBLSnPySArKrzCwMjU1tT11sDI0AAIrz3iXYGfb4JLEksxk7dSc1OSSoszkzJJKNc_40GDXoHhPF9tQkEJ_g_TQpPgkt7AqT7V4R.cQ2.LUxKLkDACLrCCg&GI_ID
P39、40、43 底紋	shutterstock 圖庫
生活瘋電學圖	shutterstock 圖庫