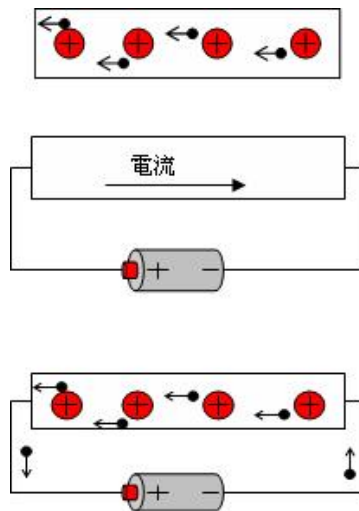




電學及電子學基礎原理

Electrical and Electronic Principle Fundamentals

T01A01~T01A03 合訂本 (T01 上冊)



姓名： _____ 班別-班號： _____



【電學名稱和單位】

本筆記用途：

學習此單元後，學生應能

1. 分辨電流和電子流
2. 解釋電流的產生是因電路中兩點間有電位差
3. 簡述電源的種類和產生電能的方法
4. 列寫代表電量、電流、電動勢、電位差、電阻、電能和電功率的符號和其單位的符號
5. 應用電量、電流、電動勢、電位差、電阻、電能和電功率的輔助單位
6. 認知導電材料及絕緣材料

電流 CURRENT

電子的流動形成電流

在直流電路中：

傳統的說法，電流的方向是由電源的正極流向負極；電子流的方向是由電源的負極移向正極。

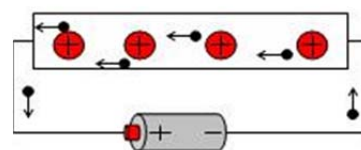
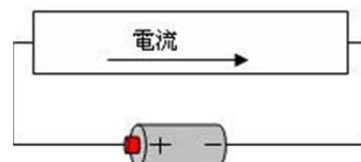
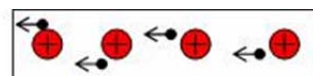
在計算電流的方程式中，代表電流的符號是 I ；電流的量度單位是安培 (Ampere)，

簡寫 A，或 Amp

較大的量度單位是 kA， $1\text{kA} = 1000\text{ A} = 1 \times 10^3\text{ A}$

較少的量度單位是 mA， $1\text{mA} = 0.001\text{ A} = 1 \times 10^{-3}\text{ A}$

或是 μA ， $1\ \mu\text{A} = 0.000\ 001\text{A} = 1 \times 10^{-6}\text{ A}$



例：常聽到

「方腳的插頭內裝有一支**13 A** 的熔絲。」

「一般配電箱內的微形斷路器(MCB)，可抵受**3 kA**的短路電流。」

「這原子粒電路的輸入電流是 **60 μ A** ,輸出電流是 **1 mA**。」

電量 ELECTRIC CHARGE

電量的符號是 Q

當物體失去或多了電子時，該物體便成為帶電體，帶有電量。
缺少電子的帶電體帶有正電量 ($+Q$)，

多了電子的帶電體帶有負電量 ($-Q$)

電量的量度單位是庫倫(Coulomb)，庫倫的簡寫是 C

在電路中的某一點，有電流 1 安培(A)持續 1 秒，經過該點的帶電體數量(電量)便是 1 庫倫 (C)。

電量 (庫倫) = 電流 (安培) \times 時間 (秒)

$$Q \text{ (C)} = I \text{ (A)} \times t \text{ (s)}$$

1 庫倫的電量相當於 6.25×10^{18} 顆電子帶的電量

例題 1.：某燈泡燃亮30秒，它的電流是0.45A，計算通過燈泡的電量。

$$\begin{aligned} Q \text{ (C)} &= I \text{ (A)} \times t \text{ (s)} \\ &= 0.45 \times 30 = 13.5 \text{ C} \end{aligned}$$

例題 2.：某電路有電流6A，經過多久的時間後，電量的轉移是150C？

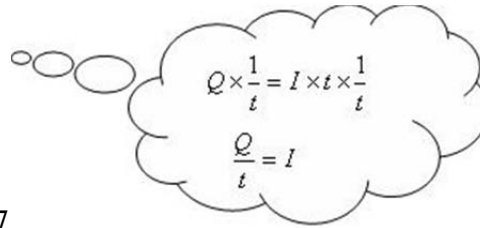
$$\begin{aligned} Q &= I \times t \\ 150 &= 6 \times t \\ t &= \frac{150}{6} = 25 \text{ s} \end{aligned}$$

例題 3.：如果在0.012s 的時間內有27C 的電量經過電路中的某一點，計算此電路的電流。

$$Q = I \times t$$

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

$$= \frac{27}{0.012} = 2250 \text{ A}$$



電功率 POWER

單位時間(秒)所作的功，叫做功率，代表符號是 P
功率量度單位是瓦特 (Watt)，單位的簡寫是 W

電流流經電阻器，是會有電功率耗用的，主要是將電力轉化為熱力。或使電流經過電馬達，將電功率轉化為動能。

電功率公式：

電功率 = 電流 × 電阻 × 電流 (瓦特)

$$P = I^2 R \text{ (W)}$$

電能 ELECTRICAL ENERGY

電能是用來計算帶電體的持續移動或發熱所消耗的功率。

電能 = 電功率 × 時間

電能的符號是 W

$$W = P \times t$$

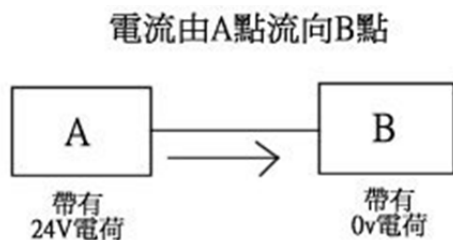
量度單位是Watt-second，瓦秒，單位符號是 W-s

電力收費是根據用戶消耗電能而計算。但W-s單位相對太小，因此收費所採用的單位是千瓦時 kWh

$$1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ W-s} = 1 \text{ 度}$$

1 000瓦的電器，用上一小時，便耗電 1 度

電位差 POTENTIAL DIFFERENCE



中性的物體正負電荷相等，當物體的正負電荷有差異，物件即帶有正或負電荷。

兩件物件負有不同電荷時，用一條金屬線連接，這時，將有電流由高電位的物件流向低電位的物件，這稱為電位差。見上圖。

電位差俗稱**電壓**(Voltage)，它的代表符號是 V

電位差量度單位是伏特(Volt)，單位的簡寫也是 V

電位差的定義：

電子流經物體時會釋放出能量，當物件間的電位差能使 1 庫倫 (C) 電量的電子流經物體而釋放出 1 焦耳(J) 的能量時，物體的兩端便有電位差 1 伏特(V)。 ($1J = 1W \cdot s$)

$$\text{電位差 (V)} = \frac{\text{電能 (J)}}{\text{電量 (C)}} \quad \Longrightarrow \quad V = \frac{W}{Q}$$

例題 4：通過某電熱器的電量有26庫倫，產生了熱能150焦耳，計算電位差。

$$V = \frac{W}{Q} = \frac{150}{26} = 5.77 \text{ V}$$

又如電路的電流是5A，計算電熱器用電的時間。

$$Q = I \times t$$

$$26 = 5 \times t$$

$$t = \frac{26}{5} = 5.2 \text{ s}$$

例題 5： 某汽車頭燈的電壓是12V，電流是 4.7A，燈泡亮著30分鐘，計算耗用的電能。

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

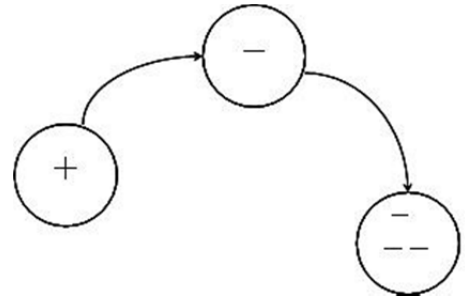
$$W = VIt = 12 \times 4.7 \times 30 \times 60 = 101\,520 \text{ J}$$

電動勢 ELECTROMOTIVE FORCE

電動勢是電池或發電機的電源產生出來為維持電流在電路中流動的能量。此能量可維持電源兩極間電位差的異，使電子能不斷從高電位流到低電位。電動勢的符號是 **E**

電動勢的量度單位也是 伏特(Volt)，簡寫 **V**。

$$\text{電動勢 (V)} = \frac{\text{電能 (J)}}{\text{電量 (C)}}$$



例: 1.5V電位差的乾電池有 **電動勢** 是1.5 V

一台 24 kV 電位差的發電機 **電動勢** 就是 24 kV

#實際上電動勢是略高於電位差的，但在學習基礎原理時會看成相等。

電動勢的來源

摩擦 → 將物體摩擦，使它們成為帶電體。

化學 → 將兩種不同的金屬浸入電解液中，造成電池。

磁 → 外力帶動發電機，使發電機內的導線和磁場產生相對運動而產電。

熱 → 將兩種不同的金屬接合，造成熱偶。當兩接合點有間有溫度差別時，便有電流流過兩金屬。

光 → 光打擊於光敏性物質，如鉀、鈉、鋰等，光的能量使這些物質的原子釋放電子，物質變成為帶有電荷。

壓力 → 某些物體，如石英、電氣石等當受到彎曲或扭轉的壓力時，會使物體內一端的電子離開軌道而聚集於另一端，因而物體兩端產生正負電荷。

電阻 RESISTANCE

物體對電流的阻力，叫做 **電阻**。

任何物體皆有電阻，低電阻的如金屬，很容易讓電流通過，這些物體稱為**導電體**。銅和鋁的電阻更低，是電線的主要材料。

一些物體的電阻很高，甚至可阻擋電流流過，這些物體便被稱為**絕緣體**。例如：橡膠、綿紗、玻璃、雲母、電木、PVC 膠等等。

電阻的符號是 **R**。

電阻量度單位是 **歐姆 (Ohm)** 單位符號是 **Ω**

較大的量度單位有kΩ， $1 \text{ k}\Omega = 1\,000\Omega = 1 \times 10^3 \Omega$

MΩ， $1 \text{ M}\Omega = 1\,000\,000 \Omega = 1 \times 10^6 \Omega$

較小的量度單位有mΩ， $1 \text{ m}\Omega = 0.001 \Omega = 1 \times 10^{-3} \Omega$

μΩ， $1 \mu\Omega = 0.000\,001\Omega = 1 \times 10^{-6} \Omega$

電阻率 (電阻系數)

物體的長度是 1米(m)，橫切面積是 1平方米(m²)時的電阻值叫做電阻率。

電阻率的符號是 ρ (音RO)，量度單位是 $\Omega\cdot m$ ，常用的量度單位是 $\mu\Omega\cdot m$ 。

物體的電阻率數值小時，表示該物體的電阻值低，導電能力高。

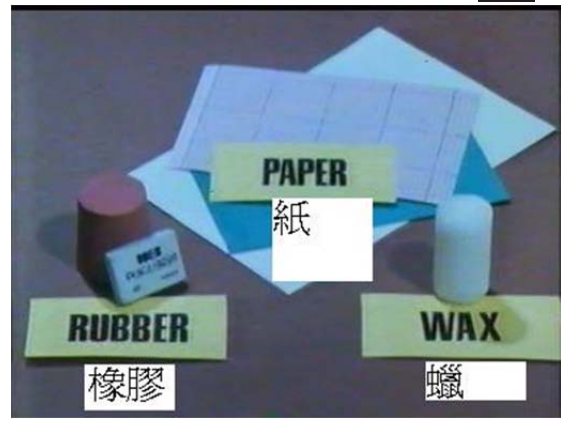
導電材料

一般金屬，具有良好的導電性能，叫做導電體。導電體有很低的電阻率，其數值少於微歐-米 ($\mu\Omega\cdot m$)。

物質	電阻率	特性	應用
鋁	0.0283 $\mu\Omega\cdot m$	較輕、較堅硬，較不受溫度影響	架空天線，地線
銅	0.0172 $\mu\Omega\cdot m$	柔軟，容易銲接，導電性能佳	一般電線，電掣
金	0.0233 $\mu\Omega\cdot m$	抗氧性能良好，容易壓力加工	音響用接線插
鐵	0.0900 $\mu\Omega\cdot m$	磁導性能強	變壓器/電機鐵芯
銀	0.0163 $\mu\Omega\cdot m$	最導電的金屬，易氧化，銲接難	熔絲
鎢	0.0500 $\mu\Omega\cdot m$	耐熱性能佳	燈絲
水銀	0.9000 $\mu\Omega\cdot m$	液體金屬	防爆開關
碳	20 $\mu\Omega\cdot m$	半導體物質	電阻器

絕緣材料

在直流電壓作用下，祇有極少的電流能通過絕緣體。絕緣體有很高的電阻率，其數值大於兆歐-米 ($M\Omega\cdot m$)。常用的電工絕緣材料有；空氣、六氟化硫(SF₆)、變壓器油、絕緣漆、白臘紙、青殼紙、陶瓷、橡膠、聚氯乙烯(PVC)、棉紗、布帶、電木等等。

導電體 conductors絕緣體 insulators

影響物體電阻值的主要因素有：

1. 物體的電阻率 ρ ， 單位是 $\Omega\cdot\text{m}$ ；
2. 物體的長度 l ， 單位是 m ；
3. 物體的橫切面積 a ， 單位是 m^2 ；
4. 溫度 T ， 單位是 K

碳有著高的電阻率，電子設備內常用的碳電阻，一般的阻值是由 10Ω 至 $10\text{M}\Omega$ 。

溫度對電阻之影響可從一個100 火的燈泡中體驗，當它未亮著時燈絲的電阻約是 40Ω ；燈泡亮著時燈絲的溫度達二千多度，其時的電阻約是 400Ω 。

物體的橫切面積對電阻之影響也可從常用於接駁電燈的銅電線中體驗，1 米長銅電線的電阻約是 $17.2\text{m}\Omega$ ，但插座用的電線較粗，同樣是1 米長電阻約祇有 $7\text{m}\Omega$ 。

忽略溫度的變化，則計算物體電阻的公式：

$$R = \rho \frac{l}{a}$$

例題 一

計算一條長 80m，截面面積是 4mm^2 銅線的電阻，銅的電阻率是 $0.0172 \mu\Omega\text{-m}$ 。

$$1 \text{ mm} = 0.001 \text{ m} = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ mm}^2 &= 0.001 \text{ m} \times 0.001 \text{ m} = 1 \times 10^{-3} \text{ m} \times 1 \times 10^{-3} \text{ m} \\ &= 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$4 \text{ mm}^2 = 4 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\rho = 0.0172 \mu\Omega\text{-m} = 0.0172 \times 10^{-6} \Omega\text{-m}$$

$$R = \rho \frac{\ell}{a} = 0.0172 \times 10^{-6} \times \frac{80}{4 \times 10^{-6}} = 0.344 \Omega$$

例題 二

某 1.5mm^2 截面面積的銅線有電阻 0.03Ω ，銅的電阻率是 $0.0172 \mu\Omega\text{-m}$ 。計算銅線的長度

$$R = 0.03\Omega$$

$$\rho = 0.0172 \mu\Omega\text{-m} = 0.0172 \times 10^{-6} \Omega\text{-m}$$

$$a = 1.5 \text{ mm}^2 = 1.5 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$R = \rho \frac{\ell}{a}$$

$$\ell = \frac{Ra}{\rho} = \frac{0.03 \times 1.5 \times 10^{-6}}{0.0172 \times 10^{-6}} = 2.62 \text{ m} \quad \text{銅線的長度為 2.62 米}$$



【歐姆定律】

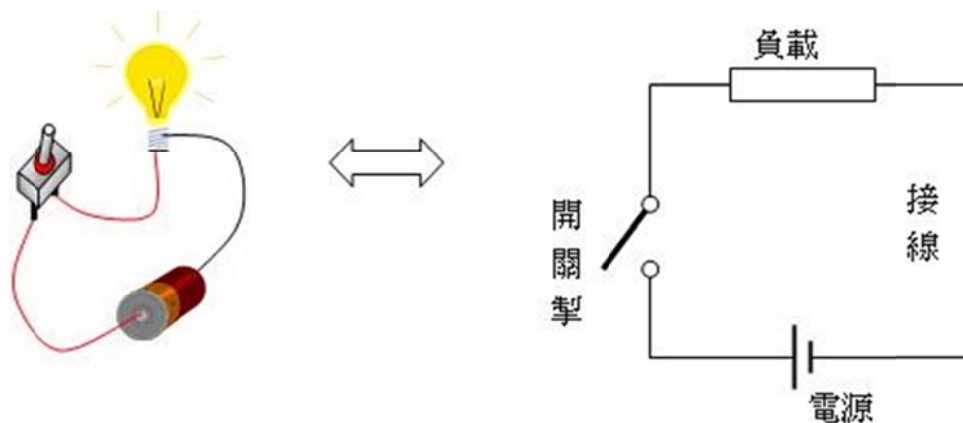
本筆記用途：

學習此單元後，學生應能

1. 繪畫簡單的電路圖
2. 分辨開路、閉路、短路和斷路
3. 簡述歐姆定律
4. 應用歐姆定律電以分解簡單直流電路
5. 應用電流、電動勢、電阻和電功率的輔助單位
6. 簡述直流電路的電功率等於電位差乘電流
7. 應用歐姆定律以推算電功率 $P = I^2 R = \frac{V^2}{R}$
8. 計算簡單直流電路的電功率消耗

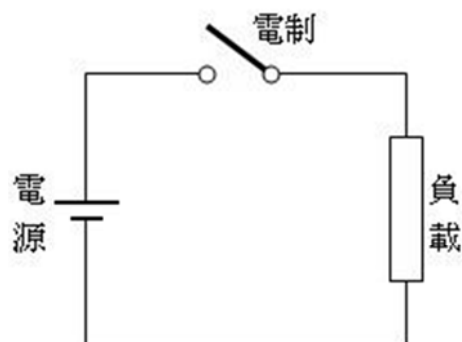
電路 Circuit

一個完整的電路，電路中包括有**電源**、**負載**、**接線**和**開關掣**四個部份。



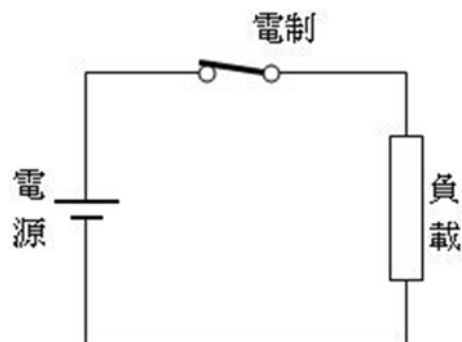
開路

開路時，電路沒有電流，負載也沒有電壓。



閉路

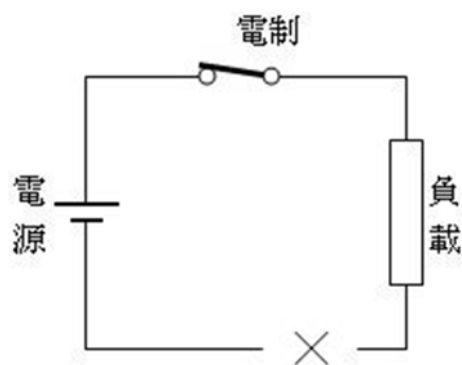
閉路時，電流由電源正極流出，經負載後至電源的負極，負載的兩接線端有電壓。



斷路

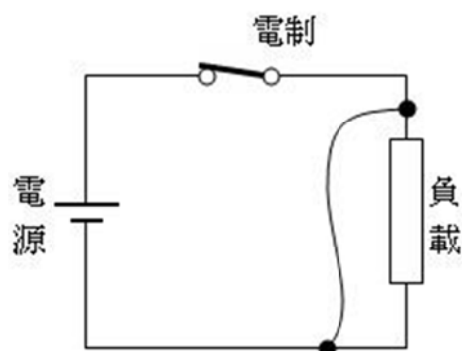
通常是指不正常的開路。沒有電流流經負載。

斷路可能會做成危險，因電線的導體部份可能會觸及電器的金屬外殼，做成漏電；或是電線導體部份外露，容易發生觸電。



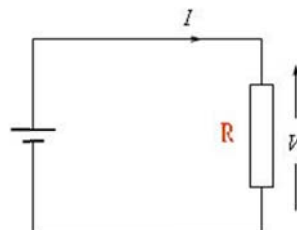
短路

電源或負載短接，電路會出現極大的電流，過大的電流會燒毀電線，甚至是會產生爆炸。右圖的負載短接，負載的兩接線間沒有電壓。



歐姆定律 (Ohm's law)

由德國物理學家格奧爾格·歐姆 (G. Ohm) 於 1827 年提出，是電學基本定律之一。



歐姆定律指出在溫度和其他物理狀態不變的情況之下，通過導體的電流與導體兩端的電壓成正比，與導體的電阻成反比。

電流和電壓與電阻之間的關係。

$$I = \frac{V}{R}$$

以上公式是假設導體的溫度及物理結構不變，R 的電阻值便成為常數。

從 $I = \frac{V}{R}$ 的公式還可引申出：

$V = IR$ 及 $R = \frac{V}{I}$ 兩條求電壓電阻的公式。

電阻量度單位是 歐姆(Ohm) 單位符號是 Ω

較大的量度單位有 $k\Omega$ ， $1 k\Omega = \underline{1\,000\Omega} = \underline{1 \times 10^3 \Omega}$

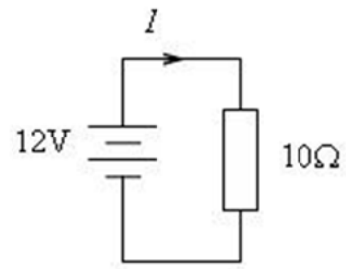
$$M\Omega, 1M\Omega = \underline{1\,000\,000\Omega} = \underline{1 \times 10^6 \Omega}$$

較小的量度單位有 $m\Omega$ ， $1 m\Omega = \underline{0.001\Omega} = \underline{1 \times 10^{-3} \Omega}$

$$\mu\Omega, 1 \mu\Omega = \underline{0.000\,001\Omega} = \underline{1 \times 10^{-6} \Omega}$$

例題一 計算右電路圖的電流 I 。

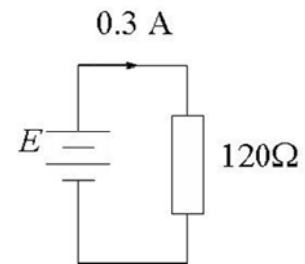
$$I = \frac{V}{R} = \frac{12}{10} = 1.2\text{A}$$



例題二 計算右電路圖的電動勢 E 。

$$I = \frac{E}{R} ; E=IR$$

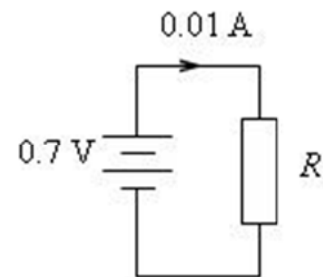
$$E = 0.3 \times 120 = 36\text{V}$$



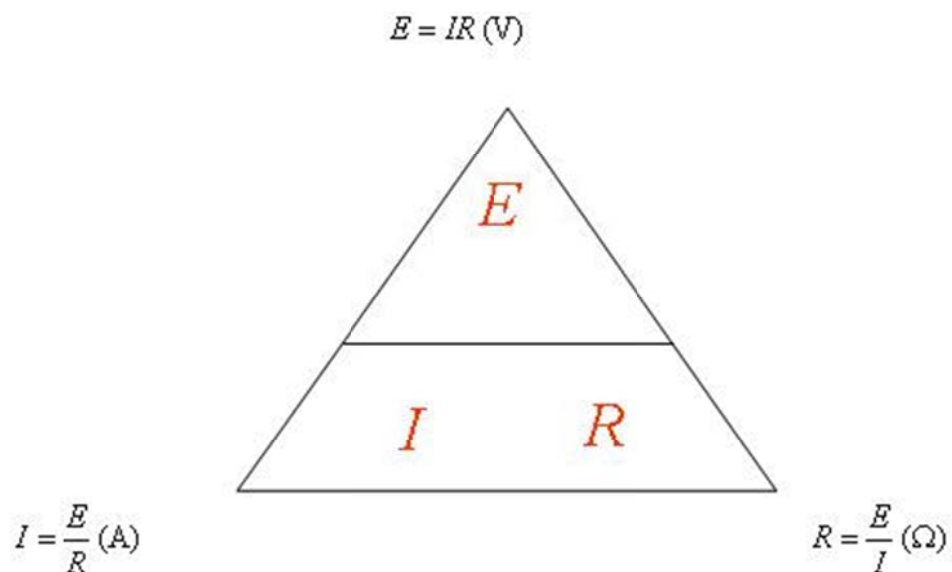
例題三 計算右電路圖的電動勢 E 。

$$I = \frac{E}{R} ; R = \frac{E}{I}$$

$$R = \frac{0.7}{0.01} = 70\Omega$$



歐姆定律：直流電路的計算公式（三角形記憶法）



電功率計算公式：從歐姆定律演變

電功率

量度單位：瓦特 (火) Watt

簡寫 (W)

$$P = EI$$

$$P = VI$$

$$P = I^2 R$$

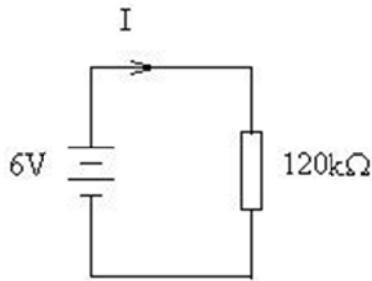
$$P = I^2 R$$

$$P = \frac{E^2}{R}$$

或

$$P = \frac{V^2}{R}$$

例 1.



$$I = \frac{V}{R}$$

$$= \frac{6}{120 \times 10^3}$$

$$= 5 \times 10^{-5} \text{ A}$$

$$= 50 \times 10^{-6} \text{ A}$$

$$= 50 \mu\text{A}$$

$$P = \frac{E^2}{R}$$

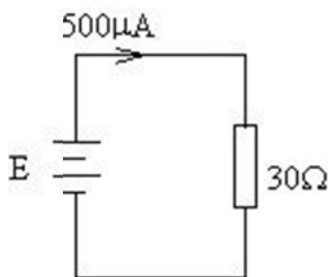
$$= \frac{6^2}{120 \times 10^3}$$

$$= 3 \times 10^{-4} \text{ W}$$

$$= 0.3 \times 10^{-3} \text{ W}$$

$$= 0.3 \text{ mW}$$

例 2.



$$E = IR$$

$$= 500 \times 10^{-6} \times 30$$

$$= 0.015$$

$$= 15 \times 10^{-3}$$

$$= 15 \text{ mV}$$

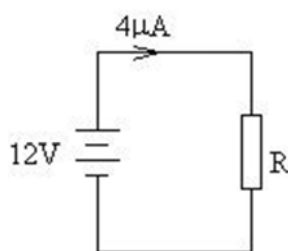
$$P = I^2 R$$

$$= (500 \times 10^{-6})^2 \times 30$$

$$= 7.5 \times 10^{-6}$$

$$= 7.5 \mu\text{W}$$

例 3.



$$R = \frac{E}{I}$$

$$= \frac{12}{4 \times 10^{-6}}$$

$$= 3 \times 10^6$$

$$= 3 \text{ M}\Omega$$

$$P = EI$$

$$= 12 \times 4 \times 10^{-6}$$

$$= 48 \times 10^{-6}$$

$$= 48 \mu\text{W}$$



【電阻電路】

本筆記用途：

學習此單元後，學生應能

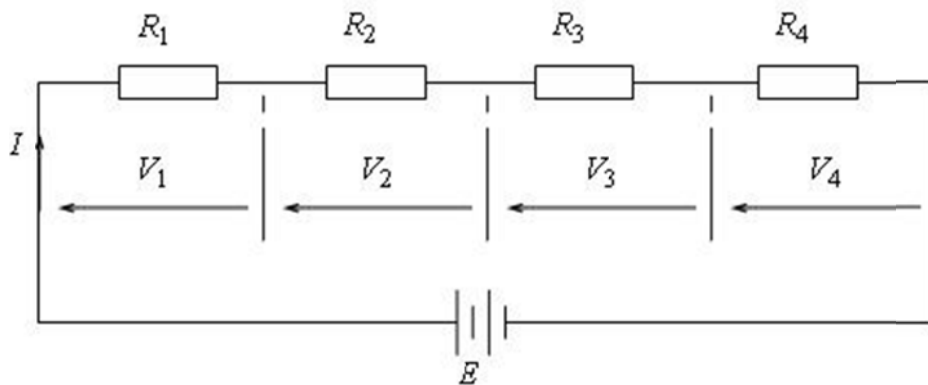
1. 連接電阻電路
2. 簡述串聯電路中任何一點的電流均是相同的
3. 簡述並聯電路中任何一點的電壓均是相同的
4. 簡述串聯電阻電路，各電阻電壓的總和等於電路的供應電壓
5. 簡述並聯電阻電路，各電阻電流的總和等於電路的供應電流
4. 計算電阻的等效總值
5. 分解簡單串、並聯及混合電阻電路題目
6. 計算電阻電路的電功率消耗

據歐姆定律，在直流電路中，

$$\text{電阻 } R = \frac{V}{I}, \quad \text{電流 } I = \frac{V}{R}, \quad \text{電壓 } V = IR$$

串聯電阻電路

將電阻器與電阻器間首尾相接，便組成串聯電阻電路。



∴ 電路中，每一點的電流 I 均相同

∴ 電阻器 R_1 的電壓 $V_1 = IR_1$ ， 電阻器 R_2 的電壓 $V_2 = IR_2$

電阻器 R_3 的電壓 $V_3 = IR_3$ ， 電阻器 R_4 的電壓 $V_4 = IR_4$

電路的總電壓 $V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$

如 R 是電路的總電阻

$$IR = IR_1 + IR_2 + IR_3 + \dots + IR_n$$

$$IR = I(R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n)$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

串聯電阻電路有以下特性：

1. 電路中，每一點的電流均相同
2. 電路中斷時，電路各點均沒有電流
3. 電路中任何位置的電阻增加時，電路的電流便會減少
4. 電路有分壓作用，電阻器按阻值比例分壓，高阻值的電阻器分壓較多，低阻值的電阻器分壓較少
5. 電路的總電壓等於各電阻器電壓的總和

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

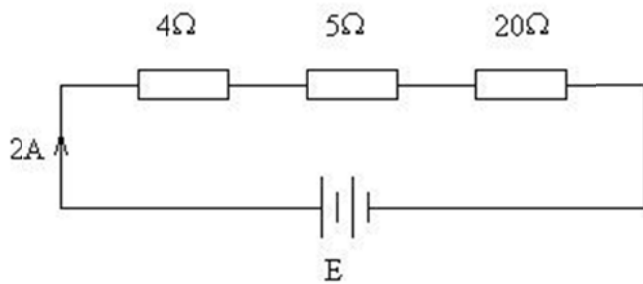
6. 電路的總電阻等於各電阻器電阻的總和

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

例題 一.

4Ω 、 5Ω 和 20Ω 的電阻器串聯接上直流電源，電路的電流是 $2A$ 。

- 計算
- a) 各個電阻器的電壓
 - b) 電源的端電壓
 - c) 電路的等效電阻和總功率
 - d) 各個電阻器的電功率消耗



電阻器 R_1 的電壓 $V_1 = IR_1 = 2 \times 4 = 8V$

電阻器 R_2 的電壓 $V_2 = IR_2 = 2 \times 5 = 10V$

電阻器 R_3 的電壓 $V_3 = IR_3 = 2 \times 20 = 40V$

總電壓 $E = V_1 + V_2 + V_3 = 8 + 10 + 40$
 $= 58V$

總電阻 $R = \frac{V}{I} = \frac{58V}{2A} = 29 \Omega$

或 $R = R_1 + R_2 + R_3$
 $= 4 + 5 + 20 = 29 \Omega$

電阻器 R_1 的電功率 $P_1 = IV_1 = 2 \times 8 = 16 W$

電阻器 R_2 的電功率 $P_2 = IV_2 = 2 \times 10 = 20 W$

電阻器 R_3 的電功率 $P_3 = IV_3 = 2 \times 40 = 80W$

總電功率 $P = P_1 + P_2 + P_3 = 16 + 20 + 80 = 116 W$

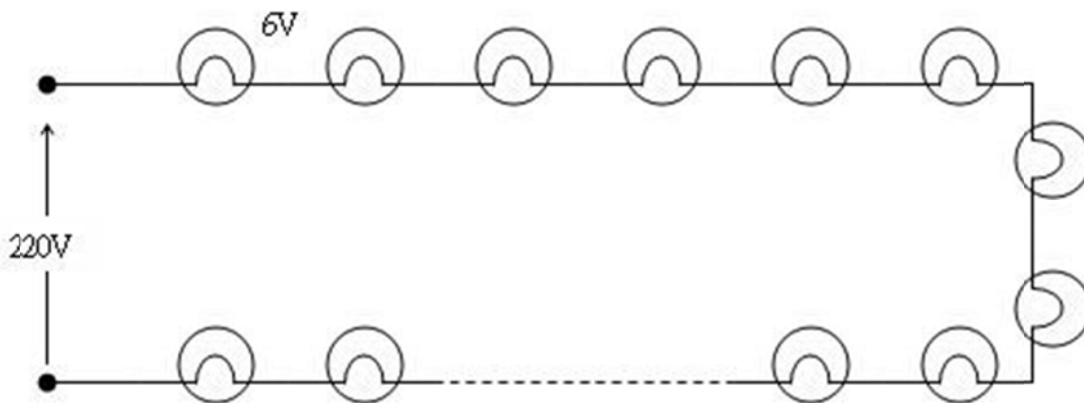
或 $P = IV = 2 \times 58 = 116 W$

例題 二

某聖誕燈飾是由6V燈泡串聯組成，電源的電壓是220V。

計算 a) 燈飾中所須的燈泡數目；

b) 每個燈泡的端電壓。



解：

$$\text{燈飾中所須的燈泡數目} = \frac{220}{6} = 36.7$$

如選 36 個，每個燈泡的電壓 $= \frac{220}{36} = 6.11\text{V}$ ，燈泡超壓工作；

如選 37 個，每個燈泡的電壓 $= \frac{220}{37} = 5.95\text{V}$ ，燈泡不會超壓工作。

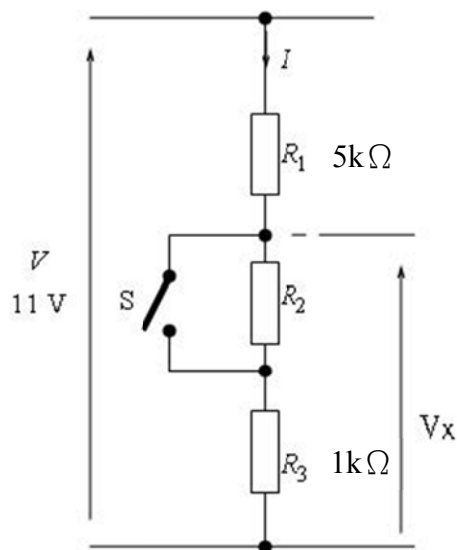
例題 三

a) 右圖的電路，當電制 S 是打開時，電路有電流 1 mA。

計算電壓 V_X

b) 當電制 S 是關上時，

計算電路的電流和電壓 V_X



解：

$$\text{a) } V = IR_1 + V_X$$

$$V_X = V - IR_1$$

$$= 11 - 1 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^3$$

$$= 6\text{V}$$

b) 當電制 S 是關上時， R_1 成短路，

電路的總電阻 $R = R_1 + R_3$

$$= 5 + 1 = 6 \text{ k}\Omega$$

$$\text{電路的電流 } I = \frac{V}{R} = \frac{11}{6 \times 10^3}$$

$$= 1.83 \text{ mA}$$

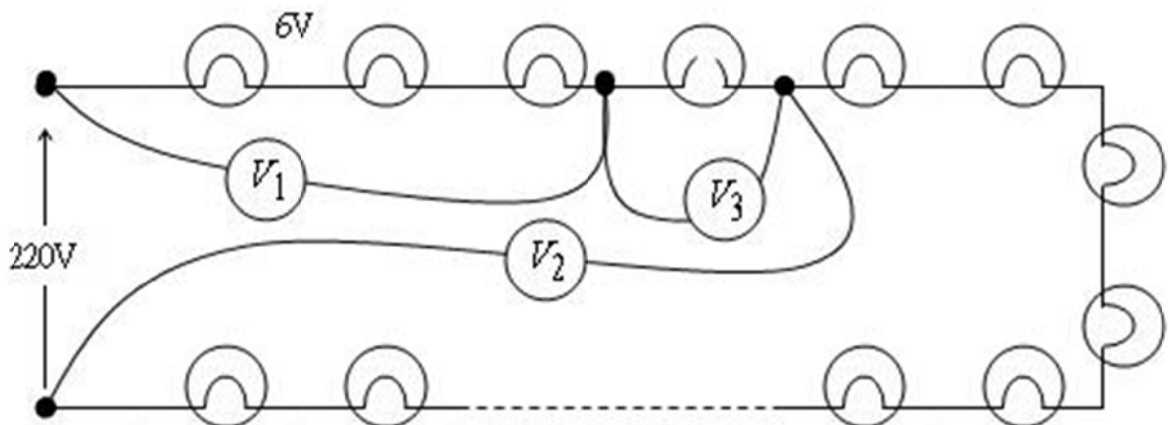
$$V_x = V - IR_1$$

$$= 11 - 1.83 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^3$$

$$= 1.83 \text{ V}$$

例題 四

下圖聖誕燈飾中其一的燈泡的燈絲燒斷，計算 V_1 , V_2 , 及 V_3 的電壓。



解：

∵ 由於燈絲燒斷其阻值等於無限大，與其他燈泡相比其電壓降將接近電源電壓。

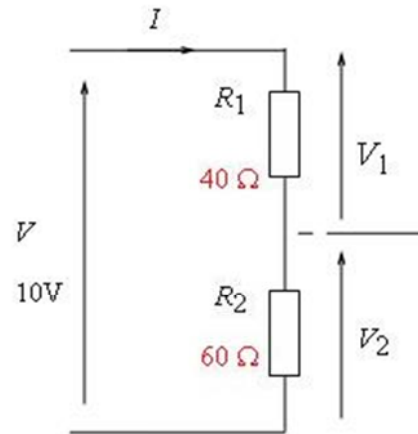
∴ 電壓 $V_1 \cong \underline{0} \text{ V}$; $V_2 \cong \underline{0} \text{ V}$; $V_3 \cong \underline{220} \text{ V}$

壞燈泡兩旁的燈泡會否仍然燃亮？

分壓器

總電阻 $R = R_1 + R_2$

$$\begin{aligned} \text{流 } I &= \frac{V}{R} \\ &= \frac{V}{R_1 + R_2} \\ &= \frac{10}{40 + 60} = 0.1 \text{ A} \end{aligned}$$



R_1 的電壓 $V_1 = IR_1$

$$\begin{aligned} &= \frac{V}{R_1 + R_2} \cdot R_1 \\ &= \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V = \frac{40}{40 + 60} \cdot 10 = 4 \text{ V} \end{aligned}$$

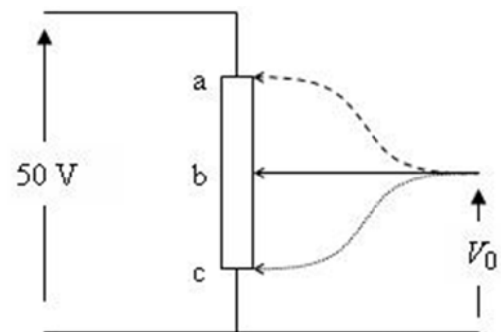
同樣地， R_2 的電壓 $V_2 = IR_2$

$$\begin{aligned} &= \frac{V}{R_1 + R_2} \cdot R_2 \\ &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V = \frac{60}{40 + 60} \cdot 10 = 6 \text{ V} \end{aligned}$$

例題 五

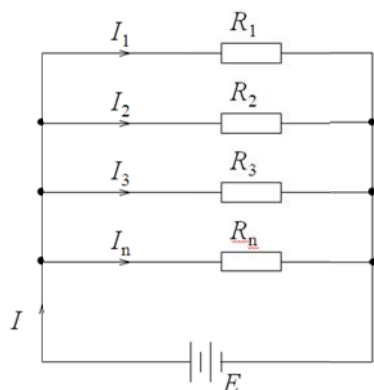
利用一個 $1\text{k}\Omega$ 的可變電阻器做成的分壓器，當可變電阻轉至：

- a 點時的輸出電壓 V_0 是 50 V
- b 點時的輸出電壓 V_0 是 25 V
- c 點時的輸出電壓 V_0 是 0 V



並聯電阻電路

將各電阻器平排，線頭接線頭，線尾接線尾，便組成並聯電阻電路。



$$I_1 = \frac{V}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3}$$

$$I_n = \frac{V}{R_n}$$

電路的總電流 $I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$

如 R 是電路的總電阻：

據 $I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$

$$\frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} + \dots + \frac{V}{R_n}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

並聯電阻電路有以下特性：

1. 電路中，各電阻器的電壓均相同；
2. 電路中，各電阻器獨立運作，其一的電阻器斷路時，不會影響其它電阻器的電壓和電流；
3. 電路有分流作用，電阻器按阻值的反比例分流，高阻值的電阻器分流較少，低阻值的電阻器分流較多；
4. 電路的總電流等於各電阻器電流的總和；

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

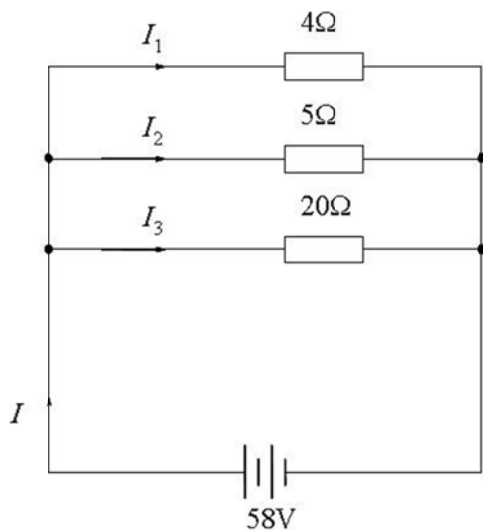
5. 電路的總電阻的倒數等於各電阻器電阻倒數的總和

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

例題 一.

4Ω 、 5Ω 和 20Ω 的電阻器並聯接上直流電源，電路的電壓是 $58V$ 。

- 計算 a) 各個電阻器的電流
 b) 電源的供應電流
 c) 電路的等效電阻和總功率
 d) 各個電阻器的電功率消耗



$$\begin{aligned} \text{電阻器 } R_1 \text{ 的電流 } I_1 &= \frac{E}{R_1} \\ &= \frac{58}{4} = 14.5 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{電阻器 } R_2 \text{ 的電流 } I_2 &= \frac{E}{R_2} \\ &= \frac{58}{5} = 11.6 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{電阻器 } R_3 \text{ 的電流 } I_3 &= \frac{E}{R_3} \\ &= \frac{58}{20} = 2.9 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\text{總電流 } I = I_1 + I_2 + I_3 = 14.5 + 11.6 + 2.9 = 29 \text{ A}$$

$$\text{總電阻 } R = \frac{V}{I} = \frac{58}{29} = 2\Omega$$

$$\text{或 } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{20} = 0.5$$

$$R = \frac{1}{0.5} = 2\Omega$$

$$\text{電阻器 } R_1 \text{ 的電功率 } P_1 = VI_1 = 58 \times 14.5 = 841 \text{ W}$$

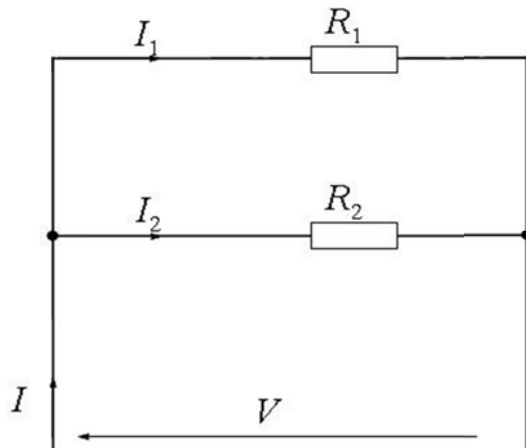
$$\text{電阻器 } R_2 \text{ 的電功率 } P_2 = VI_2 = 58 \times 11.6 = 672.8 \text{ W}$$

$$\text{電阻器 } R_3 \text{ 的電功率 } P_3 = VI_3 = 58 \times 2.9 = 168.2 \text{ W}$$

$$\text{總電功率 } P = P_1 + P_2 + P_3 = 841 + 672.8 + 168.2 = 1682 \text{ W}$$

$$P = IV = 29 \times 58 = 1682 \text{ W}$$

分流器



在一個由兩個電阻器組成

$$\begin{aligned} \text{的電路中: } \frac{1}{R} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \\ &= \frac{R_2}{R_1 R_2} + \frac{R_1}{R_1 R_2} \\ &= \frac{R_2 + R_1}{R_1 R_2} \end{aligned}$$

$$\text{總電阻 } R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\text{供應電壓 } V = IR = I \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

由於在並聯電路中，每個電阻的電壓均等於供應電壓，所以

$$V = I_1 \cdot R_1$$

$$I_1 R_1 = I \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

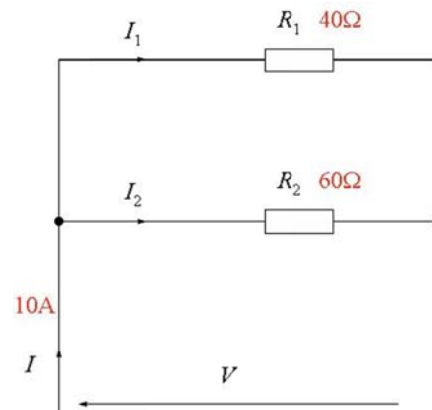
$$I_1 = I \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\text{同樣地, } I_2 = I \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

例題 二.

在一直流電路中， 40Ω 和 60Ω 的電阻器並聯連接，電路的總電流是 10 A 。

- 計算
- 電路的等效電阻
 - 電路的供應電壓
 - 各個電阻器的電流

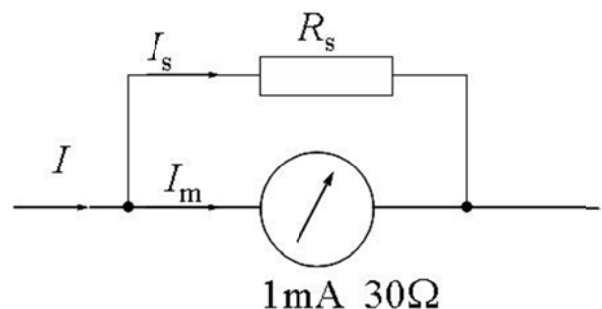


- a) 總電阻 $R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$
 $= \frac{40 \times 60}{40 + 60} = 24\Omega$
- b) 供應電壓 $V = IR = I \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 10 \times 24 = 240V$
- c) 40Ω 電阻器的電流 $I_1 = I \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 10 \cdot \frac{60}{40 + 60} = 6A$
 60Ω 電阻器的電流 $I_2 = I \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 10 \cdot \frac{40}{40 + 60} = 4A$

例題 三.

某電錶的內電阻是 30Ω ，滿度偏轉電流是 1 mA 。現要將此電錶改裝成為一個 10 A 的安培錶，方法是將一個分流電阻器與電錶並聯連接。計算電錶在滿度偏轉時

- a) 電錶的電壓；
 b) 分流電阻器的電流；
 c) 分流電阻器的電阻值。



- a) 電錶的滿度偏轉電流是 $I_m = 1\text{ mA} = 0.001\text{ A}$
 內電阻是 $R_m = 30\ \Omega$
 電錶的電壓 $= I_m R_m = 0.001 \times 30 = 0.03\text{ V}$
- b) 改裝後電錶的量程是 $I = 10\ \text{A}$
 分流器的電流 $I_s = I - I_m = 10 - 0.001 = 9.999\ \text{A}$
- c) 因分流器是與電錶並聯連接，所以分流器的電壓等於電錶的電壓

$$I_s R_s = I_m R_m = 0.03\ \text{V}$$

$$\text{分流器的電阻} \quad R_s = \frac{I_m R_m}{I_s} = \frac{0.03}{9.999} = 0.003\ 000\ 3\ \Omega$$

串、並聯電阻電路

右圖電路中電阻R1,R2並聯，再與R3及R4串聯。R1=100Ω，R2=80Ω，R3=40Ω，R4=60Ω計算時先從只有串聯或並聯的組合開始，電路中並聯電阻R1,R2沒有分支，可先以相同阻值的電阻替代。

設 $R_s=R_1,R_2$ 的等效阻值

$$\frac{1}{R_s} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_2+R_1}{R_1R_2}$$

$$R_s = \frac{R_1R_2}{R_2+R_1} = \frac{80 \times 100}{100+80} = 44.44\Omega$$

總電阻 $R_T=R_s + R_3 + R_4$ 或

$$R_T = \frac{R_1R_2}{R_2+R_1} + R_3 + R_4$$

$$R_T = \frac{80 \times 100}{100+80} + 40 + 60 = 144.4\Omega$$

若 $E = 30V$ 電路的總電流 I ：

$$I = \frac{E}{R} = \frac{30}{144.44} = 0.207A = 207mA$$

各電阻的電壓：

$V=IR$ ； \because 串連電路的電流相等。

$$\therefore V_s = 0.207 \times R_s = 0.207 \times 44.44 = 9.19V$$

$$R_1, R_2 \text{ 電壓相等, } = 9.19V$$

$$V_3 = 0.207 \times R_3 = 0.207 \times 40 = 8.28V$$

$$V_4 = 0.207 \times R_4 = 0.207 \times 60 = 12.42V$$

R1, R2 的電流：

$$I_1 = \frac{V_s}{R_1} = \frac{9.19}{100} = 0.0919A = 91.9mA$$

$$I_2 = \frac{V_s}{R_2} = \frac{9.19}{80} = 0.1148A = 114.8mA$$

