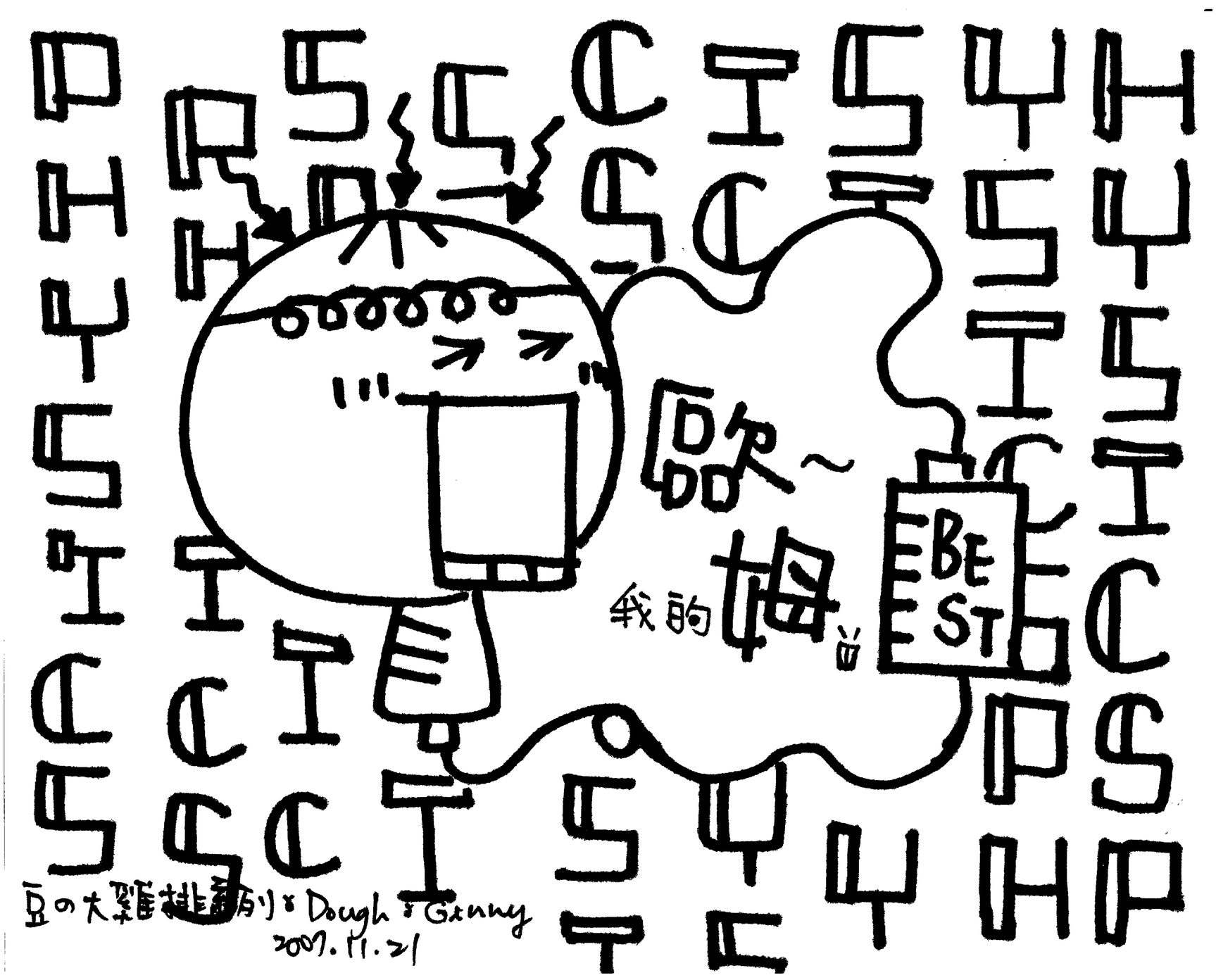
PHYSICS

第十九章

電流



_____年 _____班 _____號

姓名：_____

吳錫玠老師 編授

第十九章 電流

19-1 電動勢與電流

※電流

一、電流：帶電質點之集體運動即形成電流。

※電流可由正電質點形成，亦可由負電質點形成，並可由正、負電質點的交互流動所形成。

1.電流的成因：

帶電質點在電場中才會受電力作用而運動，故有電場才會有電流；而任何兩點間若有電場存在，則此兩點必有電位差，故電位差是產生電流的原因，而電流則是電位差所生的結果。

註：**a.**在導體中，帶正電荷的原子核是不能遠離它們的平衡位置的；導體中有「自由電子」才可以較自由運動的。

b.有電位差則有電場，電荷即受電力作用而運動。

c.導體成迴路(封閉電路)，加上電壓不變的電源，則電路上有持續的穩定電流。

2.電流的方向：正電質點流動的方向負電質點流動方向的反方向。

(1)導線中的電流為自由電子的流動，其流動的反方向為電流方向。

(2)在電解液或游離氣體中，正、負游子均可流動，電流方向是正游子流動的方向，是負游子流動的反方向。

二、電流大小(電流強度)：單位時間內通過某截面的電量。

1.公式：若在時間 Δt 內，通過某一截面的電量 ΔQ，則

(1)平均電流 $I=\dfrac{\Delta Q}{\Delta t}$

(2)瞬時電流 $I=\lim\limits_{\Delta t\to 0}\dfrac{\Delta Q}{\Delta t}=\dfrac{dQ}{dt}$

註：在金屬導體中僅有自由電子在流動，故 ΔQ 即為通過某截面電子之電量；而在電解液內或游離氣體內則正、負游子分別向負、正兩極板移動，故 ΔQ 為通過某截面之正、負游子之總電量。

2.單位：安培

※在真空中流過兩相距 **1** 公尺之平行無限長直導線，在每一導線上產生每公尺 2×10^{-7} 牛頓之磁力的電流大小。

※每秒鐘通過電路中某一截面的電量為 **1** 庫侖(或 6.25×10^{18} 個電子)＝**1** 安培

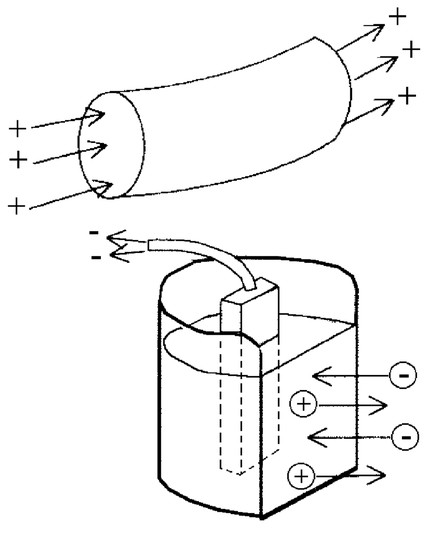
註：毫安培 $mA=10^{-3}A$；微安培 $\mu A=10^{-6}A$

三、穩定電流：電流的大小不因時間而變時，稱為穩定電流。

1.特性：

(1)從任何一段電路之一端流入的電荷必等於流出他一端之電荷，即電荷不會堆積於電路中任何部分如圖所示。

(2)通過同一電路上的任何一個截面的電流必均相等，如圖所示。



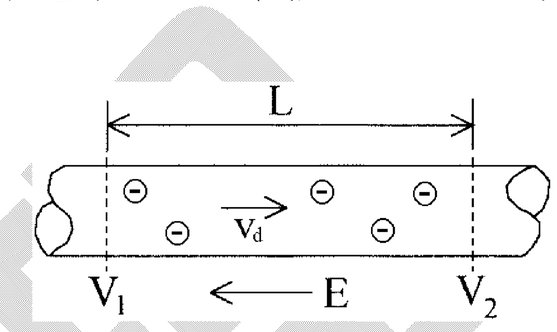
吳錫玠

(3)電流不會因通過某一電器而被"消耗"，所可能消耗的僅是電能(轉變為化學能、熱能等他種形式之能)而已。

四、金屬導體中之電流(漂移速度)

1.產生之原因：

金屬導體之兩端用導線分別與電源之正負極相接時，即在導體中形成電場，金屬中的自由電子即在電場$\vec{E}$的反方向出電力作用獲得加速(但並非所有電子在 **E** 的反方向上加速)而得一平均漂移速率在導線內由低電位 **V1** 端向高電位 **V2** 端移動⇒形成電流。如圖所示。



2.電流之大小：$\mathbf{I=nAe\bar{v}_d}$

◎推導：

(1)如圖，設導體的截面積為 **A**，單位體積內自由電子數為 **n**，電子電量為 **e**，電子漂移速率(亦即平均速度)，則在 **L** 一段長度中所含可移動的自由電子數為 $\mathbf{N=nAL}$

⇒含電量為 $\mathbf{q=Ne=(nAL)e}$

(2)某一自由電子自進入左端至自右端穿出所歷時間為 $\mathbf{t}=\dfrac{L}{\bar{v}_d}$

(3)電流 $\mathbf{I}=\dfrac{q}{t}=\dfrac{nALe}{L/\bar{v}_d}=\mathbf{nAe\bar{v}_d}$

註：**(a)**導線上之電流為電荷之碰撞作用。

(b)導體有電流時導體內部有電場(平行導體)，外部有磁場，但導體不帶電。

(c)通過同一電路上的任何一個截面的電流必均相等。

3.導線內自由電子的概述：

(1)無電場時，導線內自由電子的運動情形

⇒猶如容器中的空氣分子作散亂的熱運動，動能 $\mathbf{E_k}=\dfrac{3}{2}\mathbf{kT}$ 與絕對溫度 **T** 成正比，常溫下，電子熱運動的速率為

$$\mathbf{v}=\sqrt{\frac{3kT}{m}}=\sqrt{\frac{3\times1.38\times10^{-23}\times(273.15+27)}{9.11\times10^{-21}}}\fallingdotseq\mathbf{10^5\ m/s}$$

(2)當導體加上電場時，導體內部的自由電子，即獲得電場的作用而加速。但因自由電子會與金屬中幾乎固定不動的正離子碰撞，而使得自由電子不能獲得淨加速作用。這些碰撞的結果會使自由電子從加速運動所得的移動動能轉變成為正離子的振動動能。因此自由電子實際上獲得一個平均等速度運動。

(3)在電場作用下，電子的漂移速率較未加電場以前的熱速率小得很多。但導體傳遞電場的速率卻很快(幾乎為光速)。因此在兩端加上電壓的瞬時間，導線中各處幾乎同時有電場存在，使各該處的電子同時漂移而有電流產生。

※電動勢與電流

一、電池：將化學能轉換為電能，以驅動電荷環繞電路產生電流的裝置。

1.功用：

(1)電池的作用在利用其化學能轉變而來的能量對電荷作功，將正電荷迫送至正極，而將負電荷迫送到負極。

(2)電荷通入電池負極，經過電池內部**(**內電路**)**時，因化學作用，使電荷獲得電能；當它由電池正極流出時，其電能增加**(**當然，電池的化學能減少了**)**。就單位正電荷而言，它的電位升高了。

2.原理：利用兩片不同金屬在稀酸溶液中的游離作用，使一金屬片不停產生負電荷而成為負端，另一金屬片則不停產生正電荷而成為正端。

3.在線路圖中常用符號：**"**──┤├──**"**長線表示正端，短線表示負端。

註：**(1)**電池中流出電流之電極稱為正極**(**化學稱為陰極**)**，而流入電流之電極稱為負極**(**化學稱為陽極**)**。

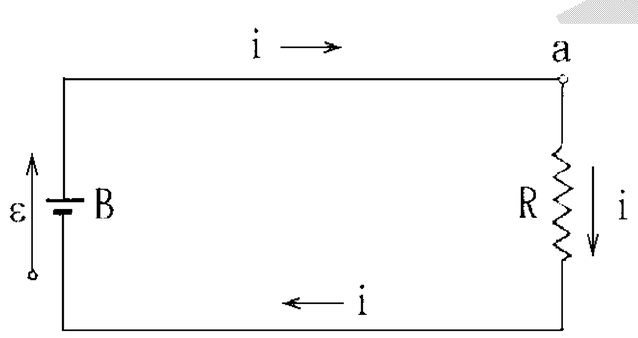
(2)電池乃供應電荷能量的電器，本身並不產生電荷。

(3)電流通過電器時，電荷不會被電器所消耗，而所消耗的是電荷所帶能量**(**轉變為化學能、熱能等他種形式之能**)**。

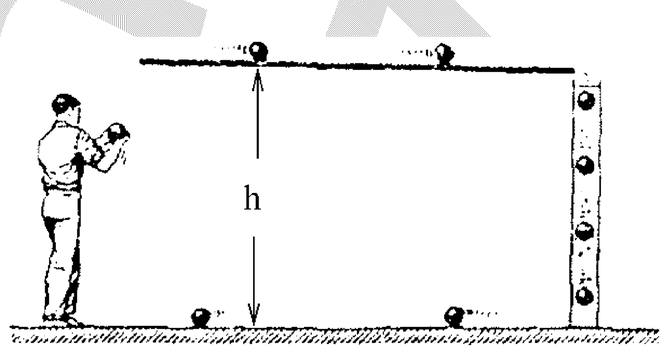
二、電動勢**(**簡寫為 **emf)**～～常以希臘字母 ε **(**讀作 **ep'selon)**表之。

1.定義：單位電荷通過電池內電路時，電池對其所供給的能量。

2.公式：設帶電量 **Q** 的正電荷由電池的負極經內電路移至正極時，其獲得 **W** 的電能 $\Rightarrow \varepsilon = \mathbf{W/q}$



（一）



（二）

◎說明：

(1)圖**(**二**)**，人由地面舉起保齡球置於高架上時，人對球作功，球所得的重力位能係所消耗體力**(**能量**)**轉變而成。人舉球時對每一球所作之功即相當於圖**(**一**)**中電池對每一單位電量所作之功，亦即相當於電池的電動勢。

(2)圖**(**一**)**，單位正電荷通入電池負極，經過電池內部**(**內電路**)**時，因化學作用，使電荷獲得電能；當它由電池正極流出時，其電能增加**(**當然，電池的化學能減少了**)**。就單位正電荷而言，它的電位升高了。此升高之電位差即電池的電動勢。

3.決定電池電動勢之因素：

(1)兩電極所用之材料；**(2)**電解液之種類；**(3)**電解液的濃度與溫度。

4.單位：

	電量 q	電動勢 e	電能 W
基本單位	基本電荷(e)	伏特(V)	電子伏特(eV)
實用單位	庫侖(C)	伏特(V)	焦耳(J)

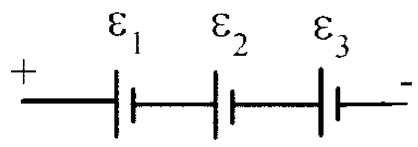
※由 $\mathbf{W = q\varepsilon \Rightarrow 1}$ 電子伏特 $\mathbf{= 1.6\times10^{-19}}$ 庫侖 $\mathbf{\times 1}$ 伏特 $\mathbf{= 1.6\times10^{-19}}$ 焦耳

$\mathbf{\Rightarrow 1}$ 焦耳 $\mathbf{= 6.25\times10^{18}}$ 電子伏特

5.電動勢的方向：恆由電池負極**(**低電位**)**指向正極**(**高電位**)**。

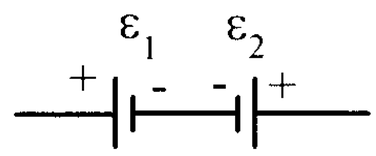
三、電池的組合(不考慮內電阻)

1.串聯：



(1)順向串聯：組合電動勢 $\varepsilon=\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_3+\cdots\cdots$

(2)逆向串聯：組合電動勢 $\varepsilon=\varepsilon_1-\varepsilon_2$　$(\varepsilon_1>\varepsilon_2)$



※ ε_1 當作電源消耗化學能其功率為 $\mathbf{P_1=I\varepsilon_1}$

ε_2 被充電獲得化學能其功率為 $\mathbf{P_2=I\varepsilon_2}$。

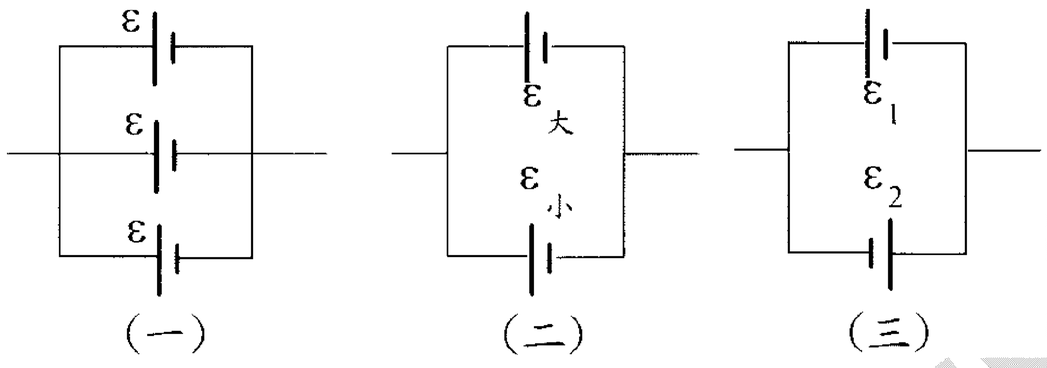
2.並聯：

(1)同向並聯：組合電動勢 $\varepsilon_p=\varepsilon$　(如下圖(一))

(2)電動勢不相等的並聯：

若組合電動勢為 **e** 時，則 $\varepsilon_{小}<\varepsilon<\varepsilon_{大}$，且有內迴路。(如下圖(二))

(3)反向並聯：有內迴路，並損耗電能(如下圖(三))。



註：**a.**並聯電池的一個優點是少些消耗電池，因為它們分擔總電流，但用串聯連接，則相同之主電流由每一電池供應。

b.電池在不使用時，不應以並聯連接，因為如果一個電池的 **emf** 稍高於另一個，則電池組本身就會有電流循環，而使電池的能量耗盡。但當它們在串聯時，就不會有這種情形發生。

3.一日，胖媽媽與胖女兒談話…！

「都是你啦…　」胖女兒說「為什麼把人家生得那麼胖？害我都沒有人追！我看…我乾脆下海算了！」

胖媽媽：「你要下海？？？那我看那些男人全都要上岸了！」

胖女兒：「媽！你怎麼這麼說！我不要活了啦！我要自焚！我要把自己燒成灰，讓你永 遠認不出我來！」

「啊你嘛幫幫忙ㄟ…」胖媽媽說

「我怎麼可能認不出你？找最大　的那堆灰就是啦！」

吳錫玠物理

※電流的定義

【觀念&公式】

1.電流的方向：①正電荷運動方向②負電荷運動的反方向③導線中電場的方向④導線中由高電位到低電位⑤電池內部電流由負極流向正極。

2.電流的大小：單位時間內通過導體某一截面的淨電量。$i=\dfrac{\Delta Q}{\Delta t}$

例 1.有一導線其截面積為 $0.10cm^2$，其所通過之電流為 0.16 安培。一秒鐘內所通過該導線某截面積之電子數為 (A)10^{19} (B)10^{20} (C)10^{18} (D)10^{17} (E)2.6×10^{18} (F)2.6×10^{19} 。【大學聯考題】答：(C)

例 2.已知氫原子中，電子以每秒6×10^{15}轉的速率繞核運轉，故知軌道上的電流為若干安培？(A)1 (B)10^{-1} (C)10^{-2} (D)10^{-3} (E)10^{-4}。答：(D)

類 1.一導線中的電流 I(A)=2t(s)＋1，則 t=0 到 t=2 的 2 秒內流過任一截面之總電量爲多少庫侖？2 秒內的平均電流爲何？第 2 秒內之瞬時電流爲何？答：6c、3A、5A

類 2.下列敘述何者正確？ (A)一個電池的電動勢與電流之大小成正比 (B)電池的電動勢與極板距離無關 (C)於內電路中，電流自電池之負極流向正極 (D)同一電池能供應單位電荷的能量爲定值 (E)電池的電動勢，其值決定於電解液之種類及兩極所用之金屬。答：(B)(C)(D)(E)

類 3.在穩定電流時，下列何者正確 (A)電流的大小不因時間而變 (B)從任何一段電路之一端流入的電荷必等於流出他一端之電荷 (C)電荷不會堆積於電路中任何部分 (D)通過同一電路上的任何一個截面的電流必均相等 (E)家用交流電不是穩定電流。答:(A)(B)(C)(D)(E)

類 4.某迴路上的電流強度爲 40mA，則每分鐘有多少個電子通過電池的正極？ (A)1.5×10^{19}個 (B)1.5×10^{20}個 (C)3×10^{19}個 (D)3×10^{20}個。答：(A)

類 5.波耳模型之氫原子，電子以6×10^{15}轉/秒之轉速繞其原子核旋轉，則電子旋轉軌道上之電流爲 (A)6×10^{15}基本電荷/秒 (B)9.6×10^{-4}安培 (C)0.96 毫安培 (D)960 微安培 (E)以上皆非。答：(A)(B)(C)(D)

※淨電量

【觀念&公式】
1.總電流 I=正電荷電流 I_+ +負電荷電流 I_-
2.通過同一電路上的任何一個截面的電流必均相等。

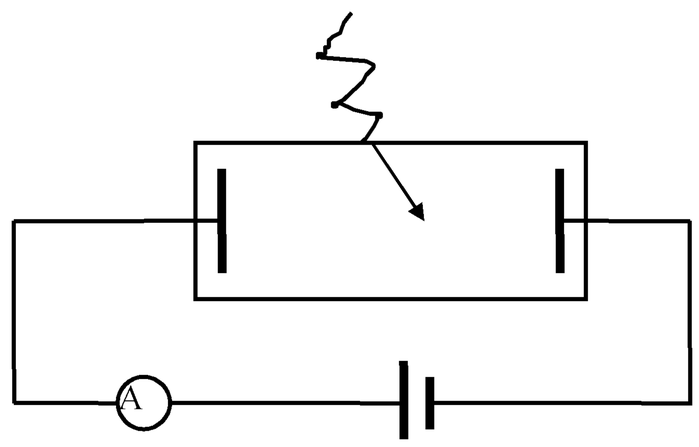
例 3.盛 H_2SO_4 溶液的電解池與一安培計及一電池串聯，已知安培計的讀數為 $1\,\mu A$，求每秒內
(A)到達電解池陽極之 SO_4^{2-} 之個數？答：3.125×10^{12}
(B)到達電解池陰極之 H^+ 之個數？答：6.25×10^{12}
(C)通過電解池中之中央截面的正、負離子數各若干？答：H^+ 3.125×10^{12} 個，SO_4^{2-} 1.5625×10^{12} 個
(D)由外電路到達電解池陰極之電子數？答：6.25×10^{12}
(E)若電解池之陰極在左，陽極在右，今池中某截面，每秒向左通過 1.25×10^{12} 個離子，則向右通過之離子數若干？答：2.5×10^{12} 個 SO_4^{2-}

類 1.空間一截面在 t sec 內，有 n_1 個 α 質點向左，n_2 個 β 質點向左，n_3 個電子向右，則其平均電流為_____A。（註：基本電荷電量為 e 庫侖，α 帶 2 個正電，β 電量與電子同。）
答：$\dfrac{2n_1e-n_2e+n_3e}{t}$

類 2.一電解池與一電池串聯，電路上之電流為 2.0 安培，於電解池某一橫截面每秒有 5.0×10^{18} 個正 e.c.通過，則每秒有幾個負 e.c.反方向通過同一橫截面？ (A) 4.2×10^{18} (B) 2.05×10^{18} (C) 2.1×10^{18} (D) 1.05×10^{18} (E) 7.5×10^{18}。答：(E)

類 3.在鋅銅電池中，假想容器內有一截面將容器隔成左右兩區。若 20 秒內有 1.0×10^{19} 個 H^+ 向左穿過該截面，同時有 2.5×10^{19} 個 SO_4^{2-} 向右穿過該截面，則：(1)流經電池的電流為何？(2)每秒內有多少個電子流經燈泡？答：(1)0.48A；(2) 3×10^{18}

類 4.如圖，將一放電管的兩金屬極間氣體加以電離，使兩極間每一小體積產生相同數目的正負離子，兩金屬極與一電池及安培計相連，電路內有一穩定電流通過，則：



(1)如電表指示電流為 1.6mA，離子到達負極每秒有若干基本電荷？
(2)每秒有若干負基本電荷流經負極？
(3)若離子價為 2，每秒內有若干正離子在二極間中央處經一垂直面向右運動？
(4)承(3)距放電管正極 1/4 長度處之截面，在 1 秒內有若干正離子經該面向右流動？
答：10^{16}、10^{16}、$2.5\text{x}10^{15}$、$1.25\text{x}10^{15}$

※電子的飄移速度

【觀念&公式】

1. $I = ne\vec{V}_d A$：導體的截面積為 A，單位體積內自由電子數為 n，電子電量為 e，電子漂移速率(亦即平均速度)$\vec{V}_d$

2. 電子熱運動的速率為 v＝$\sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3\times1.38\times10^{-23}\times(273.15+27)}{9.11\times10^{-21}}} \doteqdot 10^5$ m/s

3. 在電場作用下，電子的漂移速率較未加電場以前的熱速率小得很多。但導體傳遞電場的速率卻很快(幾乎為光速)。因此在兩端加上電壓的瞬時間，導線中各處幾乎同時有電場存在，使各該處的電子同時漂移而有電流產生。

例 4.設銅導體中單位體積內可移動之自由電子數為 8.4×10^{22} 個/立方厘米。今有截面積為 $0.05\,cm^2$ 之銅導線，通以電流 21 安培，則導線中自由電子的漂移速率為： (A) 2.4×10^{10} 厘米/秒 (B) 1.2×10^{7} 厘米/秒 (C) 1.9×10^{3} 厘米/秒 (D) 0.6 厘米/秒 (E) 3.1×10^{-2} 厘米/秒。【大學聯考題】答：(E)

類 1.假設在銅(金屬)中，每一銅原子中提供一個自由電子。今有截面積為 $0.1\,cm^2$ 的銅導線，施以電壓於兩端，使電流為 48 安培，求自由電子的漂移速率？(銅之密度 $\rho = 8.9g/cm^3$，原子量為 64)答：3.6×10^{-2}

類 2.銅導線截面為 $1.0cm^2$，通過電流為 200A，設每 $1cm^3$ 之銅中約有可移動之自由電子 8.5×10^{28} 個，求電子在此導線中之漂移速率。

類 3.若空中有一束電子流 1 微安培，電子之速度 10^5m/s，則

(1)1 米長之電子流內所含動能若干焦耳? 答：2.84×10^{-13} J

(2)若此電子束撞到金屬板面原速反跳，則施於板面的力若干牛頓？答：1.13×10^{-12}

類 4.若 TV 映像管的電子槍射出的電子束速率為 $2x10^6$m/s 形成 6 μA 的電流，則電子束每米長所含的電子數為若干？答：1.88×10^7 個

類 5.如果有 100 個停車位....

給美國人停可以停 80 輛---因為美國人的車大

給德國人停可以停 100 輛剛好---因為德國人最守紀律

給日本人停可以停 120 輛---因為日本車小

如果給台灣人停只可以停 2 輛....因為兩個出口各一輛

19-2 電阻與歐姆定律

※電阻

一、電阻：導體兩點間的電阻 **R** 為加於兩點間的電位差 **V** 和通過兩點間電流 **I** 的比值

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

1.單位：歐姆**(ohm)**＝**(**伏特**)/(**安培**)**，常以希臘字母"Ω"表之。

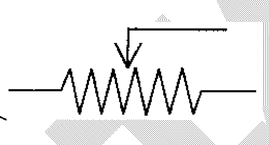
※在 **1** 伏特的電壓，有 **1** 安培電流通過時，導體的電阻就是 **1** 歐姆。

註：電阻的倒數稱為電導。其單位為歐姆的倒數稱為姆歐**(mho)**。

2.導體產生電阻之原因：

一般金屬導體中的原子，都規則的排成各種不同的結晶格子。當它們最外層的電子，出去擔任導電工作的時候，在原處形成的陽離子，受到四面八方的牽制，只能在固定的位置附近往復振動。大量電子通過時，常會撞到這些振動的離子，因而行程受阻，這就是電阻的來源。當電荷在電壓的驅使之下通過導體時，必須克服這些阻力，因此必須對它做功。像一般克服阻力時所做的功一樣，這部份功通常都以熱能的形式表現出來。

3.電阻之符號：**(1)**固定電阻

(2)可變電阻  或

二、電阻定律

1.內容：當溫度一定時，對一粗細均勻的電阻線，其電阻的大小與導體長度 **L** 成正比，與導體截面積 **A** 成反比。

2.公式：$\mathbf{R}=\rho\dfrac{L}{A}$

註：**(1)** ρ 表導體物質的電阻率與導體物質之材料及溫度有關而與導體之形狀及大小無關其單位為歐姆-公尺。

(2)電阻率 ρ 的倒數稱為電導係數 $\sigma \Rightarrow \sigma=\dfrac{1}{\rho}$

三、歐姆定律：**1826** 年歐姆**(George Simon Ohm 1787～1854** 德國**)**由實驗發現。

1.內容：若金屬導體的溫度一定，則不論導體兩端所加的電位差為何，其兩端電位差與通過電流之比值**(**即電阻**)**為一定值。

2.公式：$\mathbf{R}=\dfrac{V}{I}=\boxed{\text{定值}}$

註：**(1)**歐姆定律在強調定溫下導體的電阻不變。

(2)導體僅當其 **I-V** 關係圖為一斜直線時**(**即電阻 **R** 與電位差 **V** 及電流強度 **I** 無關**)**才遵守歐姆定律，而圖形之斜率表電導或電阻倒數 **1/R**。

(3)歐姆式導體或線性導體：

凡遵守歐姆定律的導體，稱之～～大部分金屬導體均屬之。

※此導體在電位差反轉時，電流方向亦反轉，但電流強度不變。

(4)非歐姆式導體或非線性導體：

凡不遵守歐姆定律的導體稱之。如真空管、電晶體、熱阻器等。

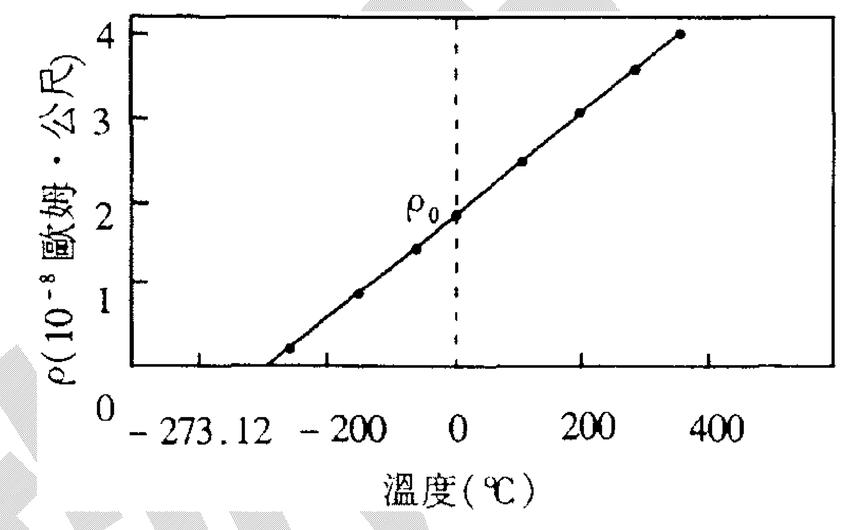
※此種導體在電位差反轉時，其電流幾近於零。

※熱阻器是一種半導體，在兩端電位差相同時，能生二不同之電流，常用以測量微波射束中能量的流動率。

(5)關係式 **V＝IR** 並不是歐姆定律的陳述，無論是否為線性導體，導體電阻仍適用 **R＝V/I** 的關係式。

四、溫度係數：

1.由實驗得到一般金屬導線的電阻率隨溫度之升高而增大。以銅為例，如右圖，可見在 **0**℃以上，圖形幾成直線。



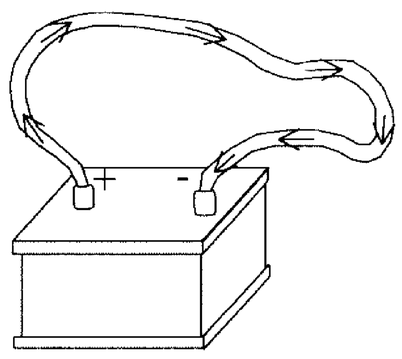
2.各種物質的溫度係數與溫度(℃)可近似的表為下式：$\rho=\rho_0(1+\alpha t)$

※此 α 表電阻率的平均溫度係數。即每升高 **1**℃時，電阻率改變的比率。

※在課本表 **19-1** 中可見金屬之 α 值為正，表示 ρ 隨溫度之升高而升高。其原因是溫度升高時，原子振幅增大，電子碰撞機率變大，則電阻變大。但半導體的元素則 α 為負值，表示 ρ 隨溫度之升高而降低。其原因是溫度升高時，會使其中之自由電子數目增加，故電阻減小，也就是導電性增強。

五、載流導線內外的電場：

1.載流導線內的電場：電場方向處處與導線平行

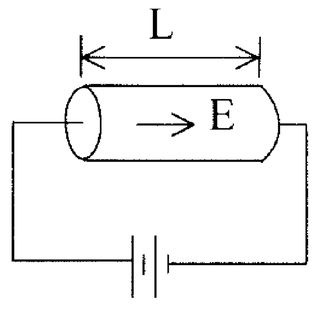


粗細均勻的導線內部：**E** 之大小均勻不變

設導線長為 **L**，則電量 **Q** 通過電路時電場對其作功為

$\mathbf{W=FL=qEL}$

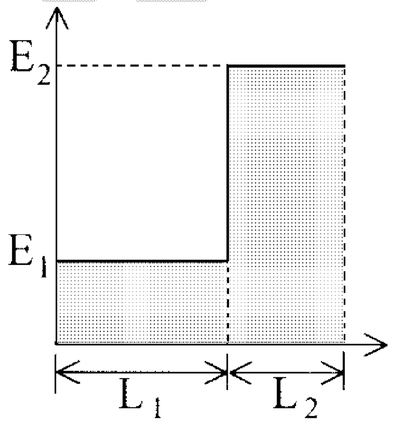
而導線兩端之電位差 $\mathbf{V}=\dfrac{W}{q}\Rightarrow\mathbf{V=EL}$



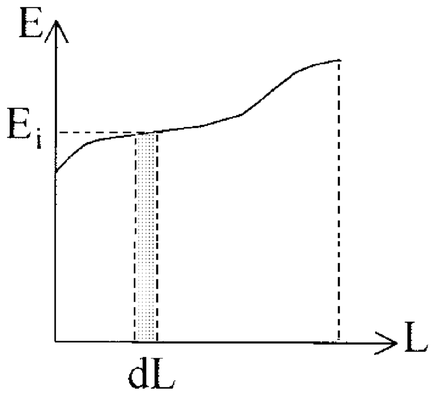
粗細不均勻的導線內部：各段內部之電場 $\vec{E}$ 亦各不相同

下圖**(一)**所示：導線兩端電位差 $\mathbf{V=E_1L_1+E_2L_2}$

下圖**(二)**所示：導線兩端電位差 $\mathbf{V}=\int\mathbf{E_i dL=E\text{-}L}$ 圖形下面積



(一)



(二)

2.導線中之電　與電阻率 ρ 之關係：$\mathbf{E}=\dfrac{V}{L}=\dfrac{IR}{L}=\dfrac{I\cdot\rho\frac{L}{A}}{L}=\mathbf{J}\rho$

※電流密度 $\mathbf{J}=\dfrac{I}{A}$＝通過單位截面積之電流

導線串聯(即電流 **I** 相同) $\Rightarrow$ $\mathbf{E}\propto\dfrac{\rho}{A}=\dfrac{電阻率}{截面積}$

導線並聯(即電位差 **V** 相同) $\Rightarrow$ $\mathbf{E}\propto\dfrac{1}{L}=\dfrac{1}{導線長度}$

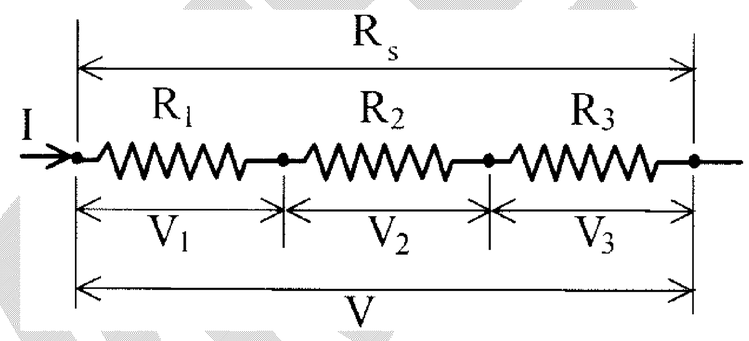
電流密度相同(即 **J** 相同)之導線$\Rightarrow$ $\mathbf{E}\propto\rho$

3.載流導線外的電場：無

※電阻的串聯、並聯

一、串聯電阻

1.接法：如圖所示。



2.總電阻(或稱等效電阻)$\mathbf{R_s}$：$\mathbf{R_s=R_1+R_2+R_3+\cdots\cdots}$

◎推導：**(1)**總電流＝流經每一電阻器之電流

即 $\mathbf{I=I_1=I2=I_3=\cdots\cdots\cdots}$

(2)總電位差＝各電阻器電位差之和，即

$\mathbf{V=V_1+V_2+V_3+\cdots\cdots\cdots\Rightarrow I\,R_s=I_1R_1+I_2R_2+I_3R_3+\cdots\cdots\cdots}$

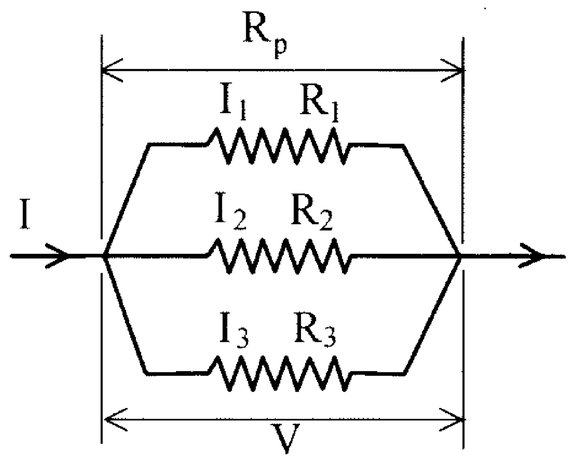
(3)由**(1)&(2)**$\Rightarrow\mathbf{R_s=R_1+R_2+R_3+\cdots\cdots\cdots}$

※諸電阻串聯後的總電阻必大於任一分電阻

$\Rightarrow\mathbf{R_s>R_n}$ ；$\mathbf{n=1，2，3，\cdots\cdots}$

二、並聯電阻

1.接法：如圖所示。



2.總電阻(或稱等效電阻)$\mathbf{R_p}$：

$$\frac{1}{R_p}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\cdots\cdots\cdots$$

◎推導：**(1)**總電位差＝各電阻器之電位差，即 $\mathbf{V=V_1=V_2=V_3=\cdots\cdots}$

(2)總電流＝各電阻器分電流之和，

即 $\mathbf{I=I_1+I_2+I_3+\cdots\cdots}=\dfrac{V_1}{R_1}+\dfrac{V_2}{R_2}+\dfrac{V_3}{R_3}+\cdots\cdots$

(3)由**(1)&(2)**$\Rightarrow\dfrac{1}{R_p}=\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_2}+\dfrac{1}{R_3}+\cdots\cdots\cdots$

※諸電阻並聯後的總電阻必小於任一分電阻$\Rightarrow\mathbf{R_p<R_n}$ ；$\mathbf{n=1，2，3，\cdots\cdots}$

註：**n** 個電阻為 **R** 的電器串聯後$\Rightarrow$總電阻 $\mathbf{R_s=nR}$

n 個電阻為 **R** 的電器並聯後$\Rightarrow$總電阻 $\mathbf{R_p=R/n\Rightarrow R_s=n^2R_p}$

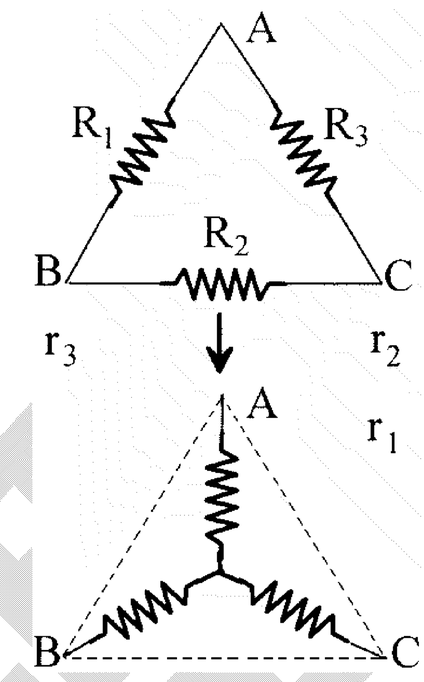
三、電阻的其他組合

1.△形化Y形：

如右圖，△形電路，若 $\mathbf{R_1}$、$\mathbf{R_2}$、$\mathbf{R_3}$ 為已知。今若為適用電路需要而將其變為等效果的Y形電路，且不改變其 **AB**、**BC**、**CA** 間之總電阻。

則：$\mathbf{r_1}=\dfrac{R_2R_3}{R_1+R_2+R_3}$；$\mathbf{r_2}=\dfrac{R_1R_3}{R_1+R_2+R_3}$；$\mathbf{r_3}=\dfrac{R_1R_2}{R_1+R_2+R_3}$

※推導：先將Δ形化成Y形電路，如右圖



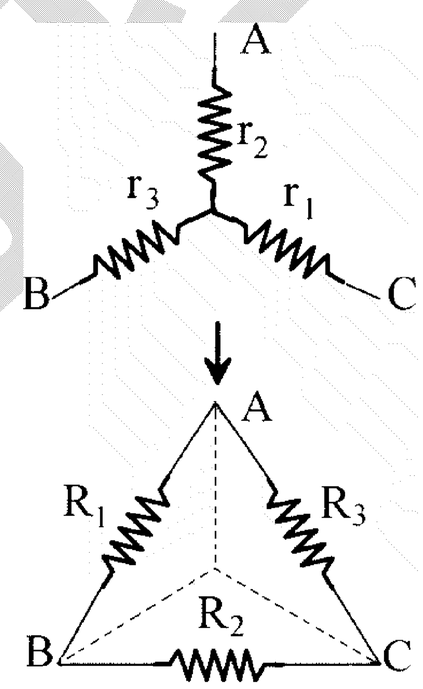
∵**AB** 間：$\dfrac{1}{\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_2+R_3}}=\mathbf{r_2}+\mathbf{r_3}$ ……

BC 間：$\dfrac{1}{\dfrac{1}{R_2}+\dfrac{1}{R_1+R_3}}=\mathbf{r_3}+\mathbf{r_1}$ ……

AC 間：$\dfrac{1}{\dfrac{1}{R_3}+\dfrac{1}{R_1+R_2}}=\mathbf{r_1}+\mathbf{r_2}$ ……

解各式，即可得

$\mathbf{r_1}=\dfrac{R_2R_3}{R_1+R_2+R_3}$；$\mathbf{r_2}=\dfrac{R_1R_3}{R_1+R_2+R_3}$；$\mathbf{r_3}=\dfrac{R_1R_2}{R_1+R_2+R_3}$



2. Y形化Δ形：

在不改變 **AB**、**AC**、**BC** 間之電阻的條件下

$\mathbf{R_1}=\dfrac{r_1r_2+r_2r_3+r_3r_1}{r_1}$；$\mathbf{R_2}=\dfrac{r_1r_2+r_2r_3+r_3r_1}{r_2}$；$\mathbf{R_3}=\dfrac{r_1r_2+r_2r_3+r_3r_1}{r_3}$

3. 有一個人很喜歡太空，有日天他對友人說：「那些太空人真沒大志，只懂走去月亮。」

友人：「那你會去那裡？」

他說：「我會去太陽！」

友人大驚：「你會溶掉哦！」

他說：「這我可沒想過呀？我有辦法拉！？」

友人：「有甚麼辦法？」

他說：「哎呀！你這麼傻呀，你認為我會在白天去嗎？」

吳錫玠物理

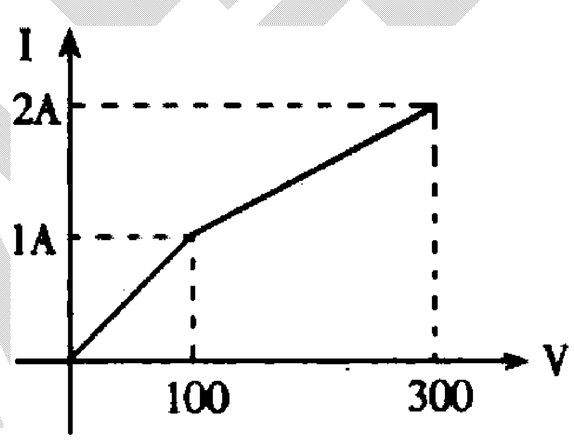
※歐姆定律

【觀念&公式】

$R=\frac{V}{I}=$ 定值

例 5.將一根電阻為 55 歐姆的導線，接於 110 伏特電源，問在 5 分鐘內通過此導線電量若干？又在此時間內流過此導線的電子有若干個？答：600Coul；3.75×10^{21}

類 1.若一導體之 I-V 圖如右，則



(a)此導體稱爲何？答：非線性導體(非歐姆導體)

(b)當電壓 50volt 時之電流爲若干？答：0.5A

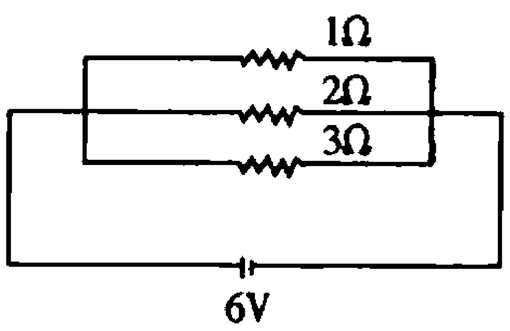
(c)當電壓 200V 時，電流爲若干 A？答：1.5A

類 2.一電熱器接於電位差爲 110 伏特的電源上，已知電熱器的電阻爲 50 歐姆，試求：

(1)流過電熱器的電流爲多少安培？答：2.2A

(2)若欲使通過此電熱器的電流爲 5 安培，則電熱器兩端所加的電位差應改爲多少伏特？答：250V

類 3.如右圖，求



(1)流過各電阻線之電流？答：6A，3A，2A

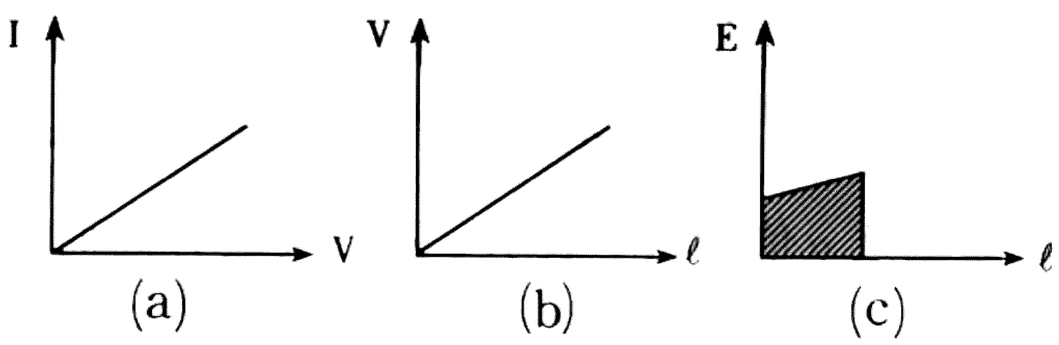
(2)電池輸出電流？答：11A

(3)整個外電路總電阻？答：$\frac{6}{11}\Omega$

類 4.(a)I-V 圖中之斜率代表爲何？答：電導

(b)電位位置圖中斜率代表爲何？答：電場

(c)電場位置圖中之面積代表爲何？答：電壓



類 5.一天，國術館一對師徒正在討論有關徒弟的推拿技術問題....

師父：徒弟啊！師傅教給你的推拿術，現在幫病人推拿的效果怎麼樣啊？

學徒：「師父，我照您教的推拿術，才推了幾下，病人就跑掉了。」

師父：「ㄛ！沒關係，我再教你幾手擒拿術，病人就跑不掉了。」

※電阻定律

【觀念&公式】

1.內容：當溫度一定時，對一粗細均勻的電阻線，其電阻的大小與導體長度 L 成正比，與導體截面積 A 成反比。

2.公式：$R=\rho\dfrac{L}{A}$

3.$\vec{E}=\rho\cdot\vec{J}$

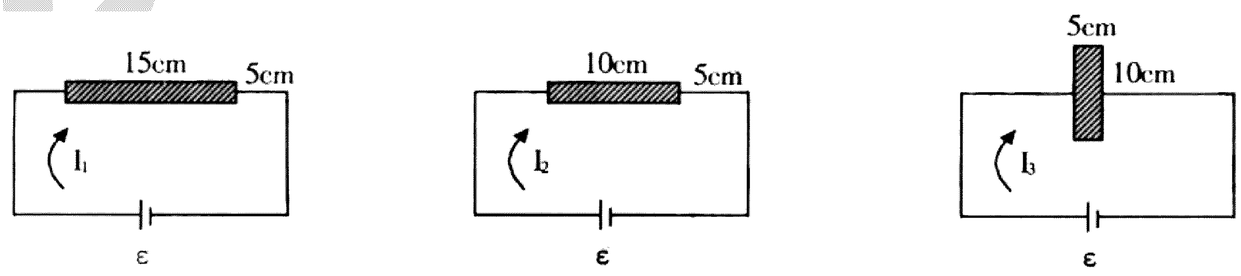
例 6.長度比 2：1，截面半徑比 3：1 的兩同質料導線 A、B 連成一根以後，加電位差於其兩端，求 A、B 二導線內的 (A)電阻比 (B)電流大小比 (C)電場強度比 (D)兩端電位差比 (E)自由電子的漂移速率比各若干？答：(A)2：9；(B)1：1；(C)1：9；(D)2：9；(E)1：9

(2)同上，若 A、B 的電阻係數比為 4：5，則答案為何？

類 1.以固定電流通過一長為 l 之均勻導線，其兩端電位差為 V_1；若將該導線均勻拉長成 $3l$ 長，其兩端電位差為 V_2。則 (1)V_2 為 V_1 之_____倍；(2)上題中，導線中電場之大小，拉長後變為原來之_____倍。【大學聯考題】答：(1)9；(2)3

類 2.兩導線質料相同粗細均勻，但截面半徑比 1：2，長度比 2：1，並聯後跨接於電池兩極，求兩導線內： (1)電場強度比？(2)兩端電位差比？(3)通過電流強度比？(4)電阻比？(5)電子漂移速率比？答：(1)1：2；(2)1：1；(3)1：9；(4)2：9；(5)1：9

類 3.有三個完全相同導體為長方體，高、寬、長分別為 5cm、10cm 與 15cm，接成下列各圖(設電動勢相同)，則 $I_1:I_2:I_3$= (A)1：3：5 (B)5：3：1 (C)4：9：36 (D)9：4：36 (E)36：4：9。答：(C)



類 4.某導線之電阻率為 ρ 歐姆-米，其截面積為 A 平方米，若導線內之電場強度為 E nt/coul，則導線中的電流為：(A)$\dfrac{E\rho}{A}$ (B)$\dfrac{\rho}{EA}$ (C)$\dfrac{EA}{\rho}$ (D)$\dfrac{\rho A}{E}$ (E)ρEA 。答：(C)

類 5.某導體內之電場強度為 E Volt/m，電流密度為 J A/m^2，則此導線之電阻係數為何？

類 6.有等長之兩導線，質量比 2：1，密度比 1：3，電阻率比 3：2，則電阻比為： (A)4：1 (B)1：4 (C)1：2 (D)2：1 (E)9：4 。答：(B)

※導線中的電場與電位

【觀念&公式】

1.導體內之電場：$V = E \cdot l = i \cdot R = i \cdot \rho \dfrac{l}{A}$

2.電動勢：單位正電荷由電池的負極經內電路移至正極時，其獲得的電能$\Rightarrow \varepsilon = \dfrac{\Delta U}{q}$

3.電池電動勢：電池正負極兩個半反應氧化電位的差。

例 7.A、B 兩不同材質得導線，若長度比 3：1，半徑比 2：1，則(1)當 A、B 串聯時，A、B 導線內之電場比？(2)當 A、B 並聯時，A、B 導線內之電場比？

類 1.電量為8×10^{-16}庫侖的粒子，受4.0×10^{-12}牛頓之電力，若電場均勻，則沿電場方向相距 0.010 米的兩點間之電位差為 (A)160 伏特 (B)75 伏特 (C)50 伏特 (D)0 伏特。答：(C)

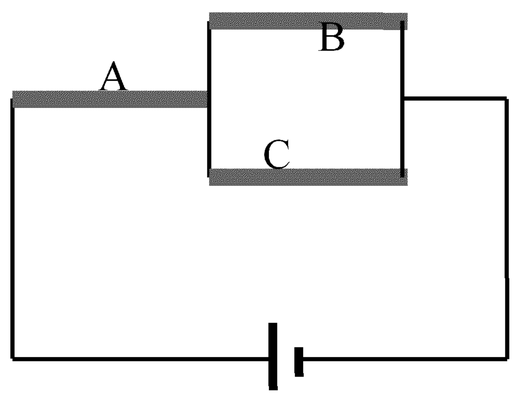
類 2.長 20 米，粗細均勻的高電阻導線，與 30 伏特的電池兩極相聯，導線上距一端 3 米之點，和距另一端 5 米之點，其間的電位差為若干？答：18V

類 3.下列有關電池之敘述，何者為真？(A)就同一電池而言，電動勢為一定值，與極板距離、面積及通過電流的大小無關 (B)電池組供給每一單位電量的能量與串聯電池的個數成正比 (C)電池對每一個通過其內部的單位電量所供給的能量不論電流之大小均相同 (D)電池組之電流與並聯之電池數成正比 (E)電池係利用化學能將正負電荷分別推至正負極。

類 4.閃光燈使用的電池電動勢為 ε＝1.5 伏特，當有 0.1 庫侖的電荷放電(閃光燈就亮了一下)，電池作了多少功？

類 5.兩個不帶電的平行金屬板，以電動勢為 60 伏特的直流電源(或電池)加以充電後，電源耗去了4.8×10^{-6}焦耳的能量，則由一平行板上被移至另一平板上的電子數目為 (A)1.25×10^{7} (B)8.0×10^{-5} (C)2.88×10^{-4} (D)5.0×10^{11} (E)1.8×10^{13} 。【72 年大學】答：(D)

類 6.圖中三導線 a、b、c，其長度及粗細均相同，則 E_A：E_B：E_C 為何？答：(2：1：1)



類 7.等長銅線與鐵線接於同一電池之正負兩極，導線中電場何者較大？

※電阻的溫度係數

【觀念&公式】

1.各種物質的溫度係數與溫度(℃)可近似的表為下式：$\rho=\rho_0(1+\alpha t)$

※此α表電阻率的平均溫度係數。即每升高1℃時，電阻率改變的比率。

2.一般金屬導線的$\alpha>0$，電阻率隨溫度之升高而增大。

3.半導體&絕緣體的$\alpha<0$，電阻率隨溫度之升高而減小。

例8.已知直徑0.50毫米，長度10米之金屬導線I，在0^oC時的電阻為4.0歐姆，試問：一直徑為2.0毫米，長度為50米之同種材料的金屬導線II，在50℃時的電阻為若干？($\alpha_o=0.004^oC^{-1}$)

類1.繞成馬達之銅線的總電阻在20℃時是50Ω，當馬達啓動幾小時之後電阻上升爲58Ω，求此時銅線的溫度？(銅的溫度係數爲$=3.93\times10^{-3}$)

類2.直徑2mm的銅導線:(1)在20℃時每一公尺長的電阻爲何？(2)在50℃時電阻又爲何？(銅線的電阻率$\rho=1.72\times10^{-8}\Omega-m$；銅線的電阻率溫度係數$\alpha=3.9\times10^{-3}/°C$)答：(1)$5.4\times10^{-3}\Omega$；(2)$6.02\times10^{-3}\Omega$

類3.以長度爲1米，截面積爲0.1平方毫米的鐵絲在：(1)20℃ (2)100℃時的電阻爲若干？〔在20℃狀態下 $\rho=10x10^{-8}\Omega-m$且$\alpha=0.4x10^{-3}/℃$〕答：1Ω，1.03Ω

類4.兩個瓦斯公司的維修工人，一個年紀大一個年紀輕，剛到一家檢查瓦斯氣。

檢查完最後一家後，兩個人決定運動一下，跑回車上。

跑啊跑的，突然覺得後面有人喘著氣的跟著跑。

回頭一看，是最後一家的女主人跑在後面。

他們停下來問這位女士是不是有問題。

這位女士回答:當我看到瓦斯公司的人檢查完我的瓦斯系統後馬上跑開，我覺得也應該馬上跟著跑開。

吳錫玠物理

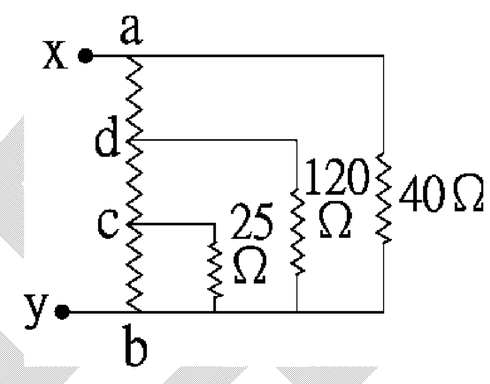
※電阻的連結⇨簡單電路⇨求等效電阻

【觀念&公式】

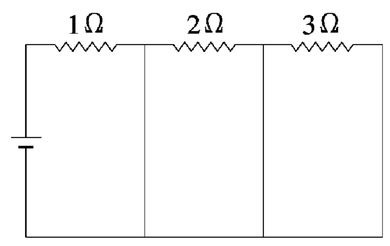
1.串聯：$R = R_1 + R_2 + R_3$

2.並聯：$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

例 9.如圖，已知 a、b 間之電阻為 300Ω，且在其 1/3 分點接 25Ω與 120Ω之兩電阻線，則 x、y 間電阻為： (A)320Ω (B)240Ω (C)80Ω (D)32Ω (E)24Ω。答：(D)

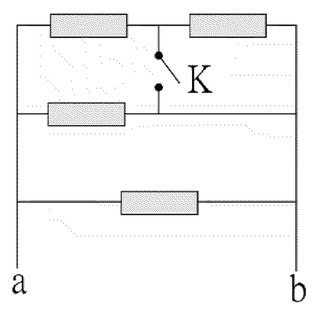


類 1.如右圖，等效電阻值為_____歐姆。答：1

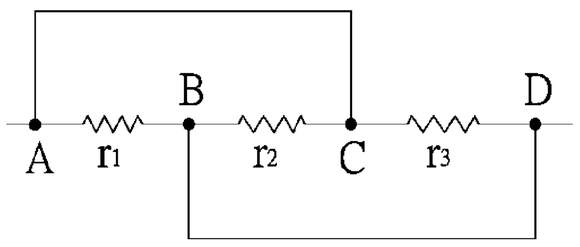


類 2.有兩大小不同的電阻，分別為 R_1 和 R_2，串聯時的合電阻為並聯時的合電阻之 r 倍，則 (A)r＞4 (B)3＜r≦4 (C)2＜r≦3 (D)1＜r≦2 (E)1≧r。【72 大學】答：(A)

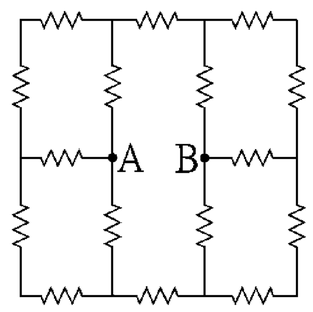
類 3.圖中四個相同的電阻所組合成的電路，當電鍵閉合與開啓時，ab 間的電阻分別為 R_1 與 R_2，則 $\frac{R_1}{R_2} =$ _____。答：$\frac{5}{6}$



類 4.如圖，電阻 r_1、r_2、r_3 分別為 1Ω、2Ω、4Ω，則 A、D 兩點間的等效電阻值為多少？ (A)0Ω (B)7Ω (C)$\frac{4}{7}$Ω (D)$\frac{3}{4}$Ω (E)3Ω。答：(C)



類 5.每個電阻均為 r，有 16 個電阻連接如圖所示。自 A、B 引出接電源，A、B 間等效電阻為 R，今將 A、B 間之電阻 r 接上後，仍接於同一電源，則此時 A、B 間之等效電阻為 x，則下列何者正確？ (A) r＜x (B) $R = \frac{xr}{r-x}$ (C) $x = \frac{Rr}{r-R}$ (D)R = x＋r (E)x = R＋r。答：(B)

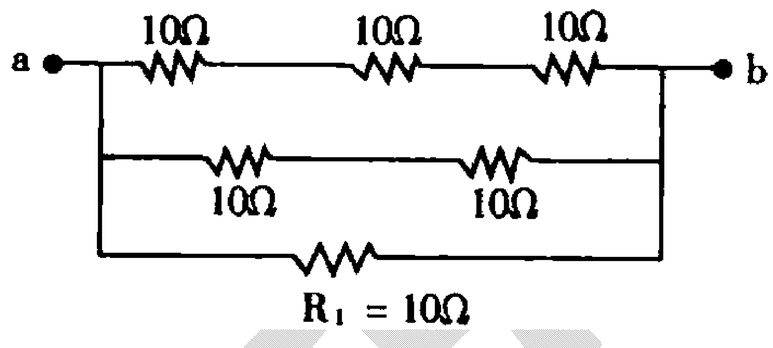


類 6.兩不等值的電阻線，並聯後的總電阻值為 20Ω，則此兩條電阻線串聯後的電阻值可能為哪些？ (A)30Ω (B)60Ω (C)80Ω (D)100Ω (E)120Ω。答：(D)(E)

※電阻的連結⇨簡單電路⇨求電壓、電流

【觀念&公式】
1.串聯：電流相等，電壓相加。
2.並聯：電壓相等，電流相加。

例 10.已知流過 R_1 之電流為 6A，則

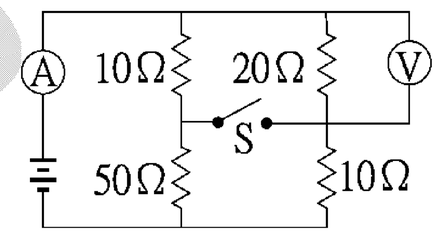


(A)R_{ab} 為若干？答：$\frac{60}{11}\Omega$

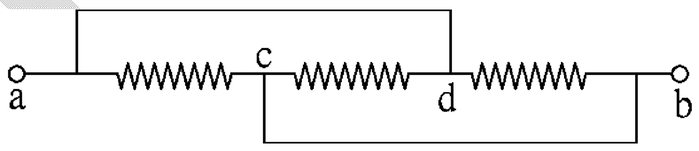
(B)V_{ab} 為若干？答：60V

(C)總電流 I 為若干？答：11A

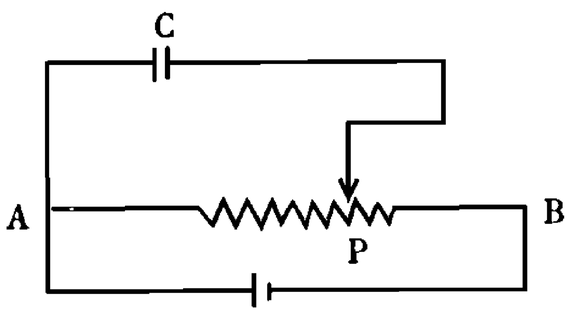
類 1.若將電路中的開關 S 切斷，伏特計 V 的讀數爲 12 伏特，改將 S 接通，則伏特計 V 的讀數爲_____伏特。【81 日大改】答：8



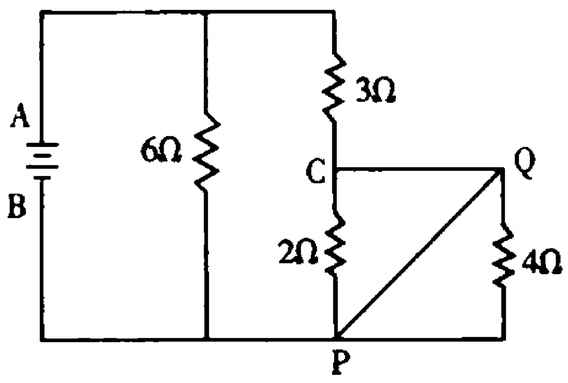
類 2.此圖是三個完全相同的電阻構成的電路，若每個電阻爲 r，下列敘述何者不正確？ (A)ab 間的等效電阻是 r/3 (B)若 ac 間的電流方向是向右，則 cd 間的電流方向是向左 (C)同(B)；db 間的電流方向是向右 (D)ac 間的電流量值與 cd 間的電流相等 (E)ac 間的電流量值是 db 間的電流的二倍。答：(E)



類 3.如右圖，C 爲平行金屬板，其板間之電位差將隨 P 點之移動而改變。今若 P 點往 A 點滑，則(A)C 板之右板電位升高，C 板間電位差變大 (B)C 之右板電位升高，C 板間之電位差變小 (C)C 之右板電位降低，C 板間之電位差變大 (D)C 之右板電位降低，C 板間之電位差變小 (E)C 板間之電位差永不變。答：(B)



類 4.如右圖，V_{ab}=10 伏特，則下列敘述何者正確？ (A)線路中之總電流爲 5 安培 (B)通過 3 歐姆電阻之電流爲 10/3 安培 (C)通過 2 歐姆電阻之電流爲 20/9 安培 (D)通過 4 歐姆電阻之電流爲 10/9 安培 (E)通過 6 歐姆電阻之電流爲 5/3A 。答：(A)(B)(E)



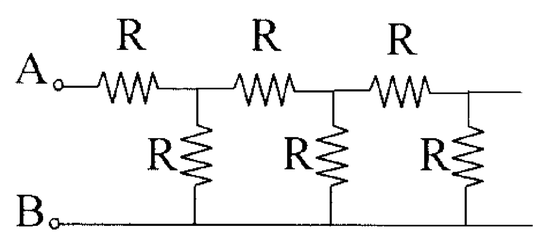
類 5.將電阻分別爲 R_1、R_2、R_3 歐姆之電阻線 A、B、C 並聯後，加一電位差於其兩端時，流過之電流比爲 $R_3:R_2:R_1$，則 R_1、R_2 及 R_3 之間有何關係？ (A)$R_2=\frac{1}{2}(R_1+R_3)$ (B)$R_2=\sqrt{R_1R_3}$ (C)$R_2=\frac{R_1R_3}{R_1+R_3}$ (D)$R_2=R_1+R_3$。【71 夜大】答：(B)

※電阻的連結⇨圓圈、無限聯結

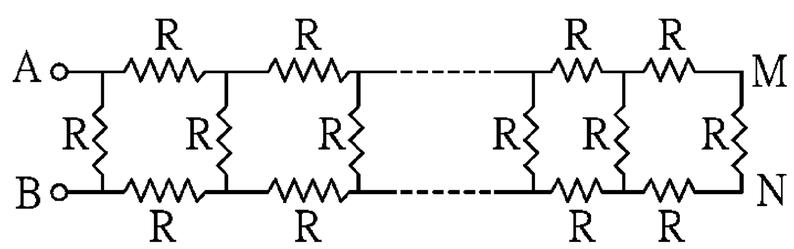
【觀念&公式】
1.圓圈電阻線被 A、B 兩接點分成 2 段，此時 2 段電阻為並聯。
2.無限聯結的電阻：N 個聯結的電阻=N+1 個聯結的電阻。

例 11.一圓圈(圓心為 O)由一均勻電阻線(電阻為 R_o)所繞成。若令圓周上任兩點 A、B 間的合電阻為 R，則： (A)當 $\angle AOB$ 為 $90°$ 時，$R=\frac{3}{4}R_o$ (B)當 $\angle AOB$ 為 $120°$ 時，$R=\frac{2}{3}R_o$ (C)當 $\angle AOB$ 為 θ 時，$R=S(1-S)R_o$，式中 $S=\frac{\theta}{360°}$ (D)當 AB 為直徑時，$R=\frac{R_o}{4}$ (E)R 的最大值為 $\frac{R_o}{4}$，此時 $\angle AOB$ 為 $180°$。【73 夜大】答：(C)(D)(E)

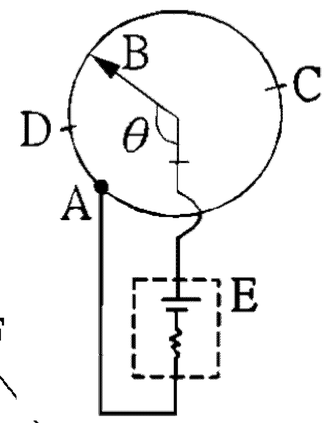
例 12.如右圖所示，R 依次無限制的連接，則此線路 AB 間的等效電阻 R'為何？答：$\frac{1+\sqrt{5}}{2}R$



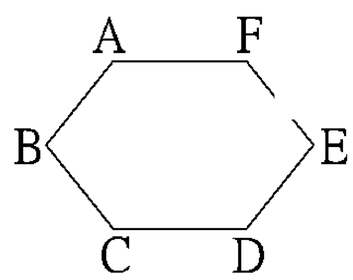
類 1.如圖所示無限多個電阻中，除 M，N 之間的電阻外，其他大小都同為 R，M 與 N 之間的電阻選為_____時，A，B 間的總電阻為定值，與組成電路的單元重複幾個無關，且 A、B 間的總電阻為_____。答：$(\sqrt{3}-1)R$，$(\sqrt{3}-1)R$



類 2.一電池電動勢 ε=17 伏特，內電阻 r=2Ω，分別以固定接點 A 及一可動接點 B 與一總電阻 9Ω 圓周型電阻相連接，B 接點可在圓周上滑動，如右圖，則 A、B 之間的電位差最大值為何？答：9V



類 3.如圖六邊形 ABCDEF 各邊均有相同的電阻，若 AC 間的等效電阻是 R，則 AD 間的等效電阻是_____R。答：9/8

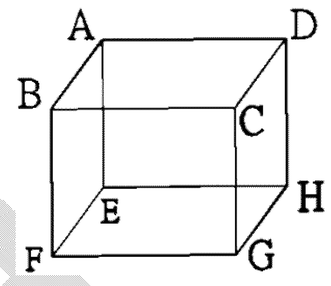


吳錫玠物理

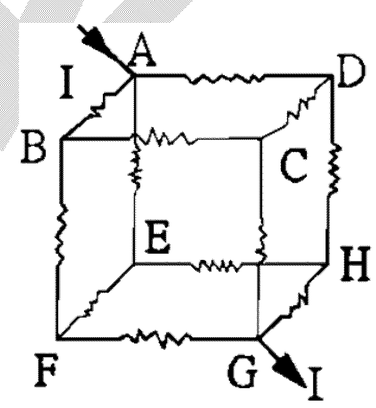
※電阻的連結⇨等位點

【觀念&公式】
1.等位點之電壓相等。
2.簡化電路時，可將等位點連結在一起，或將 $i=0$ 的等位點間之電路拆除。

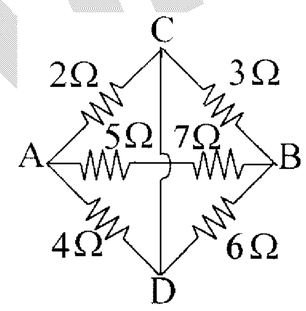
例 13. 12 根同長度的電阻 R 之電阻線，構成一立方體，求(1)兩對頂角之兩頂點 A、G 間的總電阻？(2)求兩頂點 H、F 間之電阻？答：(1) $\frac{5}{6}R$ ；(2) $\frac{3}{4}R$



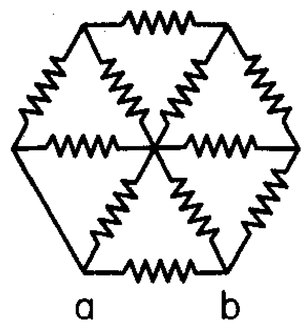
類 1.在附圖之正立方體中每邊上之電阻均相同。若電流 I 由 A 點流入，由 G 點流出，則兩點電位相同的有： (A)A 點和 C 點 (B)B 點和 D 點 (C)C 點和 E 點 (D)C 點和 F 點 (E)D 點和 F 點。【70 日大】答：(B)(D)



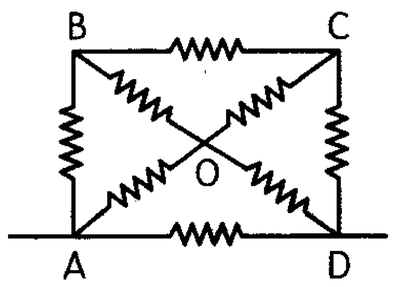
類 2.求右圖 AC 及 AB 間之等效電阻。



類 3.右圖中每個電阻均為 r，求 a、b 間的總電阻？答： $\frac{11}{20}r$



類 4.由右圖所示的電路中，設各電阻皆為 r，求(1)A、C(2)O、C(3)A、B 間的有效電阻值各為何？答：(1) $\frac{2r}{3}$ (2) $\frac{7r}{15}$ (3) $\frac{8r}{15}$



類 5.靜儀帶她五歲的小弟去看電影，
銀幕上突然出現男女主角　親熱的鏡頭，他們把身上的衣服一件件的丟向床下。
靜儀緊張的轉過頭去看他弟弟的反應還好，情況並沒有她想像的糟。
只是她弟弟不服氣的問她：
「姐，為什麼他們可以亂丟衣服，我就不可以呢？」

吳錫玠物理

※電阻的連結⇨△→Y

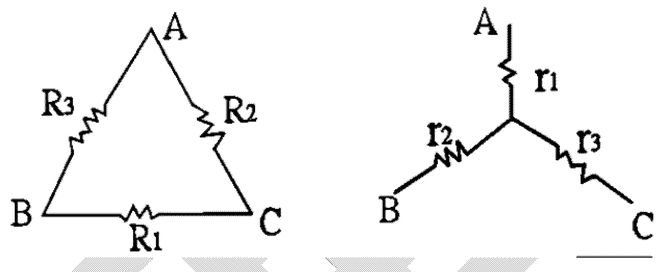
【觀念&公式】

1.△形→Y形：$r_1=\dfrac{R_2R_3}{R_1+R_2+R_3}$，$r_2=\dfrac{R_3R_1}{R_1+R_2+R_3}$，$r_3=\dfrac{R_1R_2}{R_1+R_2+R_3}$

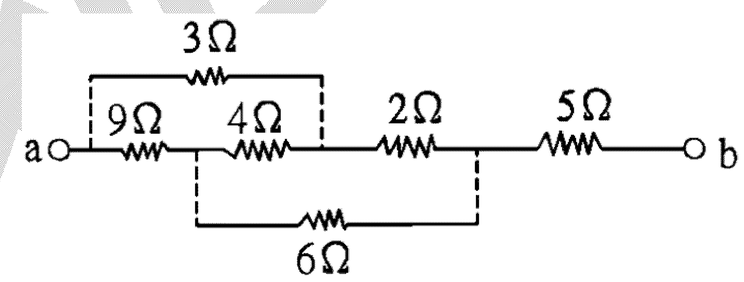
2.Y形→△形：$R_1=\dfrac{r_1r_2+r_2r_3+r_3r_1}{r_1}$，$R_2=\dfrac{r_1r_2+r_2r_3+r_3r_1}{r_2}$；$R_3=\dfrac{r_1r_2+r_2r_3+r_3r_1}{r_3}$

例 14.如右圖示，若 R_1、R_2、R_3 為已知，今將其變為 Y 形電路，而不變其 AB，BC，CA 間之總電阻，求 r_1、r_2、r_3 之值？

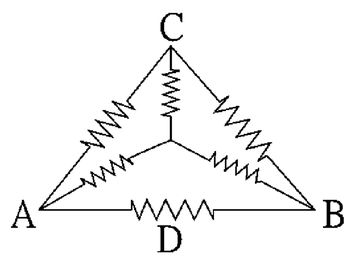
答：$r_1=\dfrac{R_2R_3}{R_1+R_2+R_3}$，$r_2=\dfrac{R_3R_1}{R_1+R_2+R_3}$，$r_3=\dfrac{R_1R_2}{R_1+R_2+R_3}$



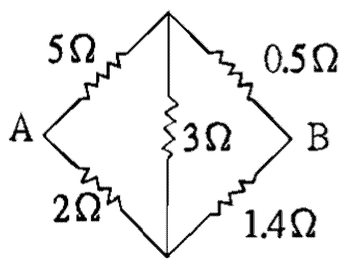
例 15.圖 a、b 兩點間的等效電阻為若干？【81 北聯】答：8.75Ω



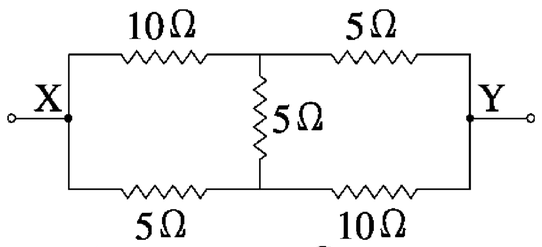
類 1.如圖，每條電阻線之電阻值為 50Ω，則 A、B 間之等效電阻值為多少Ω？(A)25Ω (B)100Ω (C)250Ω (D)300Ω。答：(A)



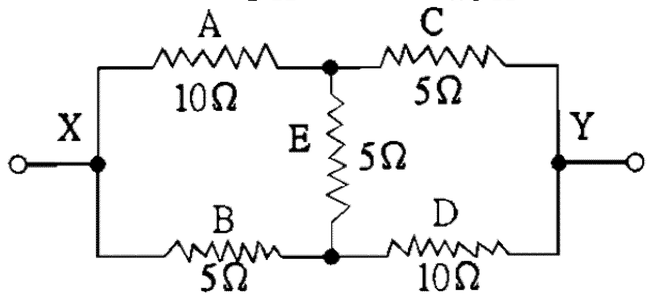
類 2.求右圖中 A、B 間總電阻？答：2Ω



類 3.如圖所示，圖中 X 和 Y 兩點間的等效電阻值為多少？ (A)5Ω (B)7Ω (C)10Ω (D)15Ω。答:(B)



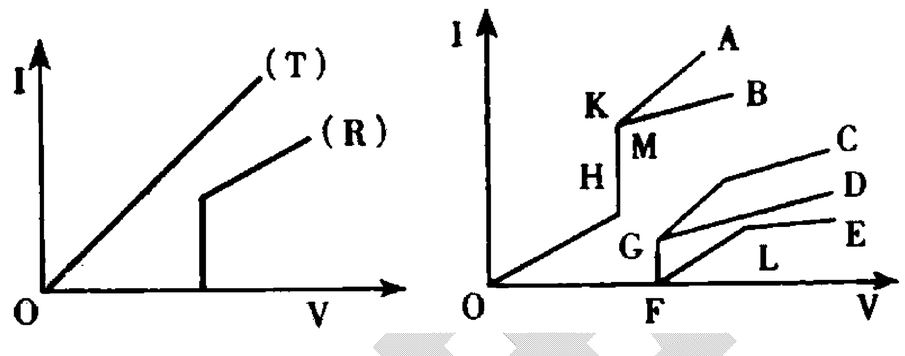
類 4.如圖所示的電路，已知 A、B、C、D、E 五個電阻分別為 10Ω、5Ω、5Ω、10Ω、5Ω，試計算 X 和 Y 兩點間的等效電阻為何？答：7Ω



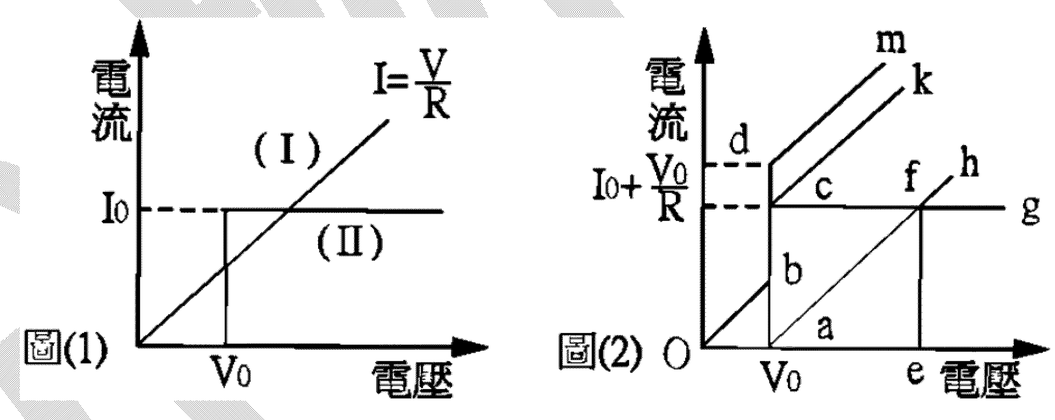
※電阻的連結⇨V-I 圖

【觀念&公式】
1.串聯：電流相等，電壓相加。
2.並聯：電壓相等，電流相加。

例 16.圖(一)中，(T)及(R)代表線路單元(T)及(R)的 I-V 曲線，將此兩線路單元串聯後加電壓於兩端，則所得之 I-V 曲線(圖(二)為 (A)O-H-K-A (B)O-H-K-B (C)O-F-G-M-C (D)O-F-G-D (E)O-F-L-E 。【大學聯考題】答：(E)



類 1.有 I、II 兩種電子零件，其電流一電壓特性如右圖(1)，當 I、II 兩零件串聯時，電流和所加電壓的關係可用右圖(2)中那一條曲線表示？ (A)Obdm (B)Oack (C)Oacg (D)Ocfh (E)Oafg。【69 夜大】答：(E)



類 2.時間又接近十一點半啦！！
一男一女緊緊擁抱～難捨難分～
剩五分鐘　剩四分鐘.....
再忠貞的愛情～也無法阻止宿舍的關門～>>>>>>>>>>
兩隻緊握的雙手
終於被分開啦....
在女生踏進宿舍的第一步時.....
男孩鼓起勇氣大聲說？？
我... 還... 有... 三... 個... 字... 沒... 跟... 妳...說...
所有宿舍的男男女女都探頭出來了包括警衛先生
～全都屏氣凝神～
等待那人類史上～最感人肺腑～深扣人心的三個字
一切喧雜都忽化爲寧靜
只見那男的大聲說：「早.....點.....睡」

吳錫玠物理

19-3 電功率及電流的熱效應

一、電流的熱效應：電流通過電阻器時，會使得電阻器發熱，這是電能轉變成熱能的現象，叫做電的熱效應。

二、電功率：單位時間所產生或消耗的電能，以 **P** 表之。

1.公式：若時間 **t** 內產生或消耗的電能為 $\mathbf{W \Rightarrow P = \frac{W}{t} = \frac{QV}{t} = I\,V}$

2.單位：**(1)**瓦特**(W)**$=\frac{\text{焦耳(J)}}{\text{秒(s)}}=$安培**(A)**×伏特**(V)**

(2)瓦千**(kW)**：**1000w(**叫做 **1** 仟瓦**)**

※仟瓦小時**--**電功的單位**--**即電力公司計價時所稱的「一度」

1 度電＝**1** 瓦千時＝**1000** 瓦特×**1** 小時＝$\mathbf{3.6\times10^6}$ 焦耳

三、焦耳的電熱定律：電流通過線性導體所生之熱速率**(P)**與電流**(I)**之平方成正比。

※公式：$\mathbf{P=I^2R}$　**(R**：導體的電阻**)**

※推導：由 $\mathbf{P=IV}$ 及歐姆定律知　$\mathbf{V=IR \Rightarrow P=I^2R}$

註：**1.**由 $\mathbf{P=IV}$ 且 $\mathbf{I=V/R \Rightarrow P=\frac{V^2}{R}}$

2.在 **t** 時間內電阻器產生之熱量為

$$\mathbf{H=\frac{W}{J}=\frac{Pt}{J}=0.24\,P\,t=0.24\,I\,V\,t=0.24\,I^2\,R\,t=0.24\frac{V^2}{R}t}\text{(卡)}$$

式中熱功當量 **J＝4.187** 焦耳**/**卡

3.電阻串聯後通電因 **I** 相同，則由 $\mathbf{P=I^2R \propto R}$ ⇒ 電阻大的發熱量較多。

4.電阻並聯後通電因 **V** 相同，則由 $\mathbf{P=\frac{V^2}{R} \propto \frac{1}{R}}$ ⇒ 電阻小的發熱量較多。

5.焦耳定律只適用於線性導體。**(**即遵守歐姆定律之導體⇒定溫下 **R** 一定**)**

6.凡符合歐姆定律的導體也必滿足焦耳定律。

7.不論串聯或並聯總功率等於各電器所消耗功率之和。

四、電池的電動勢與端電壓

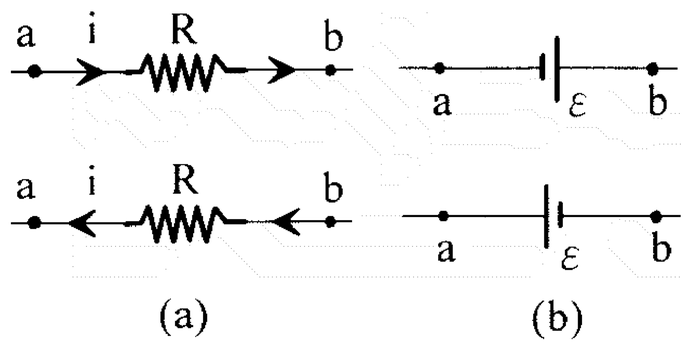
1.簡單閉合電路的理論：

(1)最簡單的閉合電路：

將一個單位電荷繞著電路移動所需要的全部的功就等於這電路的電動勢 ε。故 $\varepsilon=\mathbf{IR}$。

(2)順電流方向通過電阻電位降落，反向通過時，電位升高，如右圖**(a)**。

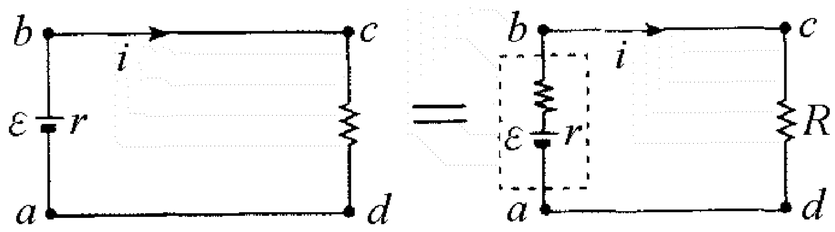
電池正極比負極電位高，不論電流方向如何，如右圖**(b)**。



2.有內電阻的簡單閉合電路：

(1)右圖表示電池有內電阻時之閉合電路。

(2)公式：$\varepsilon=\mathbf{I\,R+I\,r}$



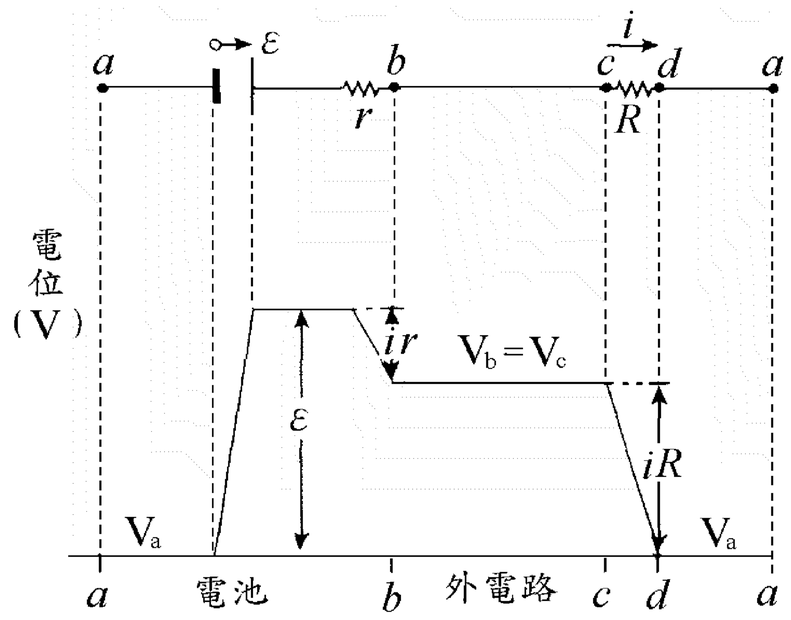
電路成通路時，兩極間的電位差稱為端電壓。即 $\mathbf{V}=\varepsilon-\mathbf{I}\,\mathbf{r}=\dfrac{\varepsilon R}{R+r}$

電池成斷路時，$\mathbf{R}\to\infty$，電池兩極間的電位差即為電池電動勢，$\mathbf{V}=\varepsilon$

$\mathbf{r}=\mathbf{0}$，稱為理想電池，$\mathbf{V}=\varepsilon$。

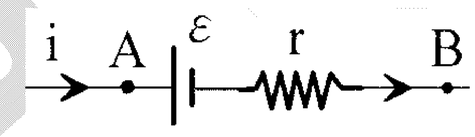
$\mathbf{R}\to\mathbf{0}$，稱為短路，$\mathbf{V}=\mathbf{0}$。

(3)下圖為迴路各點的電位升降示意圖。



3.如右圖，電流與電池之電動勢反向時，此時的電池為充電狀態

$\mathbf{V_{AB}}=\mathbf{V_A}-\mathbf{V_B}=\varepsilon+\mathbf{I}\,\mathbf{r}$



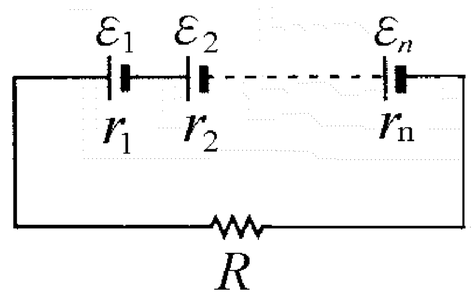
即當電池在充電時，其端電壓大於電動勢。

4.電池的組合：

一電池的化學成分一定時，其電動勢為一定值，其輸出的電流由內、外電阻而定。

若干電池聯合使用時，配置的方式有兩種：

(1)串聯：



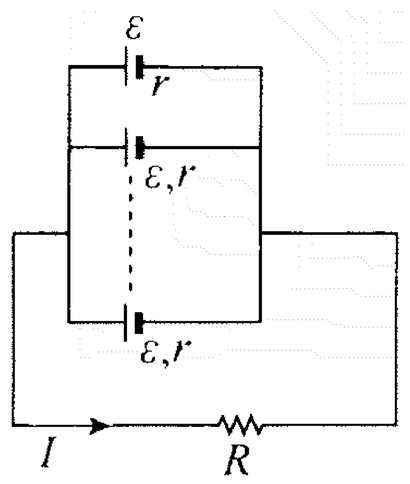
如右圖，**n** 個電池串聯組合的總電動勢 $\varepsilon=\varepsilon_1+\varepsilon_2+\cdots\cdots$

n 個電池串聯組合的總內電阻 $\mathbf{r}=\mathbf{r_1}+\mathbf{r_2}+\cdots\cdots$

依歐姆定律 $\mathbf{I}=\dfrac{\varepsilon_1+\varepsilon_2+\cdots\cdots}{R+r_1+r_2+\cdots\cdots}$

若 **n** 個電池均相同，則 $\mathbf{I}=\dfrac{n\varepsilon}{R+nr}$

(2)並聯(每個電池皆相同)：



如右圖，在電路中的某一電荷只能通過任一電池的內部，因此，

電池組的總電動勢等於一個電池的電動勢，依歐姆定律 $\mathbf{I}=\dfrac{\varepsilon}{R+\dfrac{r}{n}}$

5.某學長暗戀一位每天放學都會遇到的女孩！！

但苦於沒有機會……

一日跟蹤女孩到一家麵店！！

終於鼓起勇氣跟她說：「小姐！妳叫什麼？」

女孩說：「一碗牛肉麵！」

吳錫玠物理

※電功率的定義

【觀念&公式】

1.電功率 $P=\dfrac{\Delta U}{\Delta t}=\dfrac{V\cdot\Delta q}{\Delta t}=V\cdot i$

2.若電阻符合歐姆定律，則電阻耗電功率 $P=iV=i^2R=\dfrac{V^2}{R}$

例 17.為使一個 30 伏特，90 瓦特的燈泡，能在 120 伏特直流電源上使用，燈泡應當串聯一電阻器，其電阻(以歐姆為單位)為 (A)10 (B)20 (C)30 (D)40。【71 大學】答：(C)

類 1.於一電路上兩點間量得其電位差為 V，電位差之誤差為△V，電流 I，電流之誤差為△I，則電功率之誤差為 (A)△V•△I (B)V△I.+I△V (C)(V-△V)(I-△I) (D)(VI△V△I)I【71 大學】答：(B)

類 2.將一個標明為 100 瓦特、200 伏特的電燈，接於 100 伏特的電源上，則通過的電流為 (A)4 安培 (B)2 安培 (C)1 安培 (D)0.5 安培 (E)0.25 安培。答：(E)

類 3.臺灣普通家庭用電為頻率 60 赫之交流電，交流電壓為 110 伏特(方均根值)。如果有一燈泡，其電阻為 800Ω，則使用此燈泡時之平均功率為_____瓦特。【83 大學】答：15.125

類 4.下列敘述何者正確？(A)P=IV 適合任何導體 (B) $P=I^2R$ 只適合線性導體 (C)凡符合歐姆定律的導體也必滿足焦耳定律 (D)焦耳定律只適用於線性導體 (E)若為線性導體，則 $P=I^2R$ 稱為焦耳定律。答：(A)(B)(C)(D)(E)

類 5.下列敘述何者正確？ (A)V＝I×R 稱為「歐姆定律」 (B)P＝I^2×R 稱為「焦耳定律」 (C)滿足「歐姆定律」的導體稱為線性導體 (D)「焦耳定律」只適用於線性導體 (E)P＝I×V 適用於任何導體。答：(C)(D)(E)

類 7.將電阻率為 2.00×10^{-7} 歐姆．公尺之合金，抽成截面積為 0.500 平方公釐的電阻線，而合金的原體積為 1.00 立方公分。今以 12.0 伏特之電壓加在此電阻線兩端，則電功率是：(A)90 (B)120 (C)150 (D)180 (E)250 瓦特。答：(D)

類 8.家用 60 瓦特，110 伏特之電燈泡，若置以 55 伏特之電壓時，其瓦特數變為：(A)15 (B)30 (C)60 (D)120 (E)$60\sqrt{2}$。【71 夜大】答：(A)

※電功率的單位&換算

【觀念&公式】

1. $1瓦特(Watt)=\dfrac{1焦耳(Joul)}{1秒(\sec)}=1安培(A)\cdot 1伏特(Volt)$
2. $1度電能=1000瓦特\times 1小時=3.6\times 10^{6}J$
3. 1 卡(cal)=4.187 焦耳(J)

例 18.設充滿氦氣的一個密閉絕熱瓶內裝有 12.4Ω 的電阻線，如通以 0.5A 的電流，經 80sec 後氦氣溫度高 4℃，則瓶內有氦氣若干 mole？(A)1 (B)2 (C)3 (D)4 (E)5 。答：(E)

類 1.將電阻率為 2.00×10^{-7} 歐姆-公尺之合金，抽成截面積為 0.500 平方公釐的電阻線，而合金的原體積為 1.00 立方公分。今以 12.0 伏特之電壓，加在此電阻線兩端：(1)電功率是多少瓦特？(2)以此電阻線將一冰塊加熱，設冰塊質量為 100 克，原溫度為 0℃，最後成為 100℃的水，若熱量無散失，則須加熱多少秒？(熱功當量 J=4.19J/cal)【81.夜大】答：(1)180W；(2)419 秒

類 2.電阻 100 歐姆之鎳鉻線中通有 3 安培之電流，將－10℃、600 克之冰加熱成 20℃之水。設冰的比熱為 0.5 卡/克℃，熔化熱為 80 卡/克，且 1 卡等於 4.2 焦耳，將冰完全熔成 20℃之水，需時若干分鐘？ (A)294 (B)94 (C)49 (D)4.9 (E)0.49。答：(D)

類 3.60 瓦特的電燈一盞，接於 110 伏特的電路上，試求：(1)流經電燈的電流；(2)若每度應付電費 1 元，使用 35 小時需花費多少？

類 4.教室內的日光燈管規格為 110V 100W，每間教室內共有 20 支燈管，若一天 8 小時的上課時間皆點燈，則一天每間教室必須用電多少度？ (A)20 (B)16 (C)10 (D)4 度。答：(B)

類 5.有一電鍋規格為 100V、800V，煮一次飯約需 30 分鐘，則每煮一次飯約需_____度的電能。答：0.4

類 6.電阻 20Ω的電熱器接載 100V 的電源上，在 5 分鐘內，其發生的熱量能使 600g、20℃的水，溫度升高多少？(設電熱器所產生的熱全為水所吸收)

類 7.將 1000 瓦特之電熱器浸入盛有 2 升水之壺中，若電熱器產生的熱有 98% 傳給水，由 20℃加熱至剩一半的水需時若干？ (A)50 分鐘 (B)98 分鐘 (C)123 分鐘 (D)210 分鐘 (E)350 分鐘。答：(A)

※電池的內阻、端電壓、輸出功率

【觀念&公式】

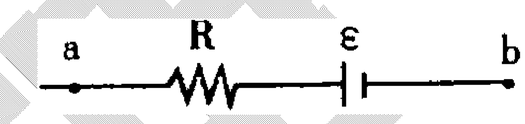
1.端電壓 $V_{ab}=\varepsilon-i\cdot r=i\cdot R$

2.電池提供化學能的功率＝$i\cdot\varepsilon$，內電阻發熱功率＝$i^2\cdot r$，外接電阻發熱功率＝$i^2\cdot R$

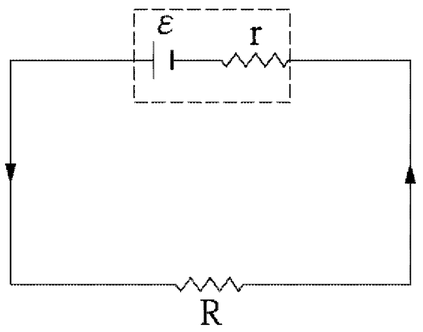
因能量守恆⇨$i\cdot\varepsilon=i^2\cdot r+i^2\cdot R$

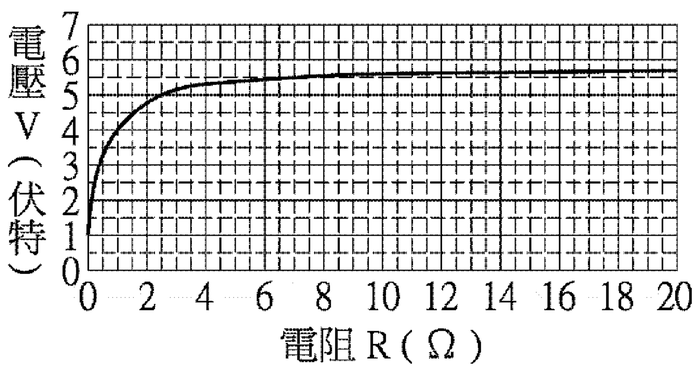
例 19.(A)如圖是在一網路中的一段，若 ε=30volt，電池內阻 1Ω，R=10Ω，電流 2A，由 b 向 a，則(1)R 之電壓 (2)電池之端電壓 (3)ab 間之電壓？答：(1)20V；(2)28V；(3)8V

(B)上題若電流是由 a 向 b，電流大小也是 2A，則(1)R 之電壓 (2)電池之端電壓 (3)ab 間之電壓？答：(1)20V；(2)32V；(3)52V

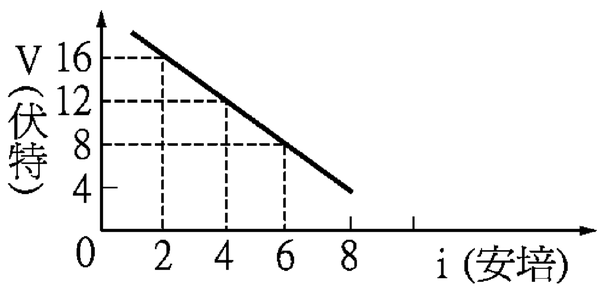


類 1.當一化學電池內的電流為零時，其正負兩極間的電位差稱為電動勢 ε，而當電池內有電流時，電池便有電阻，稱為其內電阻 r，如圖左所示。實驗發現，一電池之電動勢與內電阻，不隨電流而變。當此電池之兩極，以可變電阻連接時，電阻器兩端之電壓 V 與電阻器之電阻 R 之間，有如圖右所示之關係，則下列之電動勢與內電阻，何者較為正確？ (A)r＝0.0Ω，ε＝7.0V (B)r＝0.5Ω，ε＝6.0V (C)r＝0.8Ω，ε＝6.0V (D)r＝1.0Ω，ε＝6.0V (E)r＝1.2Ω，ε＝7.0V。答：(B)





類 2.一電池連接一可變電阻，測出端電壓與電流之關係如圖，則電池內電阻為(A)2 (B)3 (C)4 (D)5 (E)6 歐姆。答：(A)

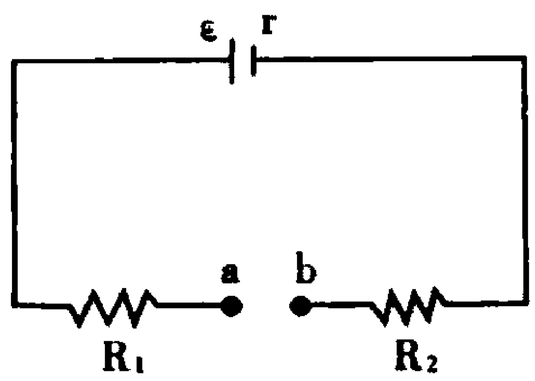


類 3.一個電池之電動勢 10volt，端電壓 8volt，使用 10 秒電流 8 安培，則 (A)流出之總電量若干？ (B)消耗化學能若干？ (C)電池之外電路消耗若干？ (D)電池內阻消耗能量若干？答：(A)80Coul；(B)800J；(C)640J；(D)160J

類 4.右圖中，電池的電動勢為 ε，內電阻為 r，則

(1)圖中 a 與 b 的電位差 V_{ab}=？答：ε

(2)若 a 與 b 之間，以電阻為 R 的導線連接，則電池的端電壓是多少？答：$\dfrac{R_1+R_2+R_3}{r+R_1+R_2+R_3}\varepsilon$



類 5.將一小燈泡接到一個電動勢為 6.3 伏特，內電阻不為零的電池上，電池輸出的電流為 0.6 安培，小燈泡消耗電功率為 3.6 瓦，則電池的內電阻為_____歐姆。【88 日大】答：0.5

※串聯、並聯時之電功率

【觀念&公式】

1.電路串聯：電流相等，電壓相加。

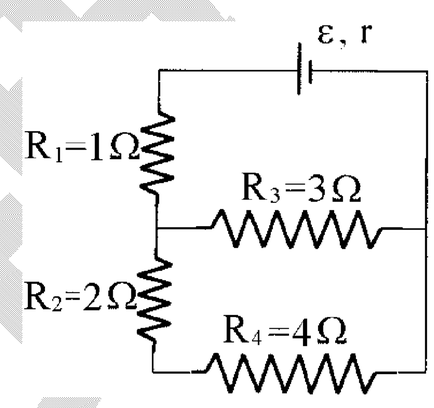
　　並聯：電壓相等，電流相加。

2. $P = iV = i^2R = \dfrac{V^2}{R}$

例 20.一電池電動勢 ε＝12 伏特、內電阻 r＝$\dfrac{1}{3}$歐姆，與電阻器 R_1、R_2、R_3 及 R_4 接成如圖所示的電路，則：

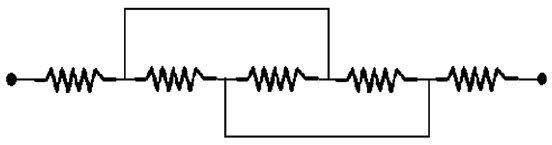
(1)電阻器 R_2 消耗的電功率為_____瓦特

(2)通過 R_3 之電流為_____安培。【79 日大】

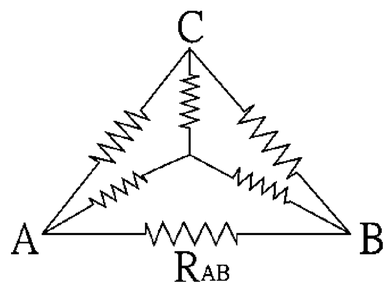


類 1.以電壓 V 加於電阻 R 時，生熱之功率爲 P。今若將 n 個 R 並聯成一組，稱爲 R_A，再將 m 組 R_A 串聯成 R_B，然後以電壓 V 加於 R_B 之兩端，則每個 R 生熱之功率爲：(A)n^2P (B)nP/m (C)P/m^2 (D)n^2P/m^2。【79 夜大】答：(B)

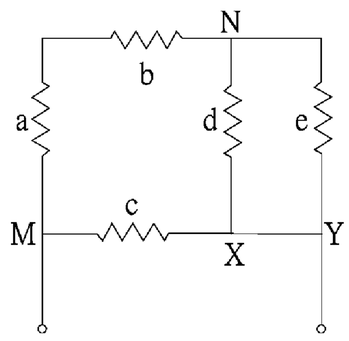
類 2.五個完全相同之電阻器，每個生熱功率不超過 30 瓦特，否則將燒毀，今將五個電阻器連接如圖，則此組合之最大功率爲_____瓦特。答：70



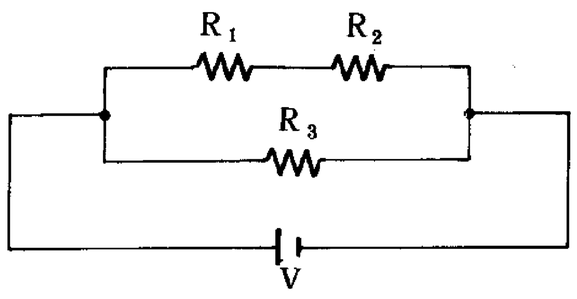
類 3.如圖，每條電阻線之電線阻值爲 50Ω，若 A、B 接上電源，電阻 R_{AB} 耗電功率爲 10 瓦，則 A、B 間的總耗電功率爲多少瓦？ (A)60 瓦 (B)40 瓦 (C)20 瓦 (D)80 瓦。答：(C)



類 4.附圖中，每個電阻器都相同，已知整個電路所能承受的最大電位差爲 10 伏特，最大電功率爲 70 瓦特，此時 (A)e 的電功率爲 20 瓦特 (B)a 的電位差爲 4 伏特 (C)通過 d 的電流爲 3 安培 (D)通過 XY 兩點間(導線電阻略而不計)的電流爲 6 安培 (E)單一電阻器的電阻值爲 4 歐姆。答：(B)(D)



類 5.如圖之電路，R_1=1.0 歐姆，R_2=2.0 歐姆，R_3=3.0 歐姆，V=7.0 伏特，則 R_1、R_2 及 R_3 各電阻電功率之比爲：(A)1:2:3 (B)3:2:1 (C)2:1:3 (D)1:2:1。【81.三專】答：(A)



類 6.將 4 歐姆與 2 歐姆的電阻串聯，接在 110 伏特的電源上。在該兩電阻上所耗電能比 E_4/E_2 等於：(A)1/2 (B)1 (C)2 (D)1/4 (E)4。【70.夜大】答：C

※串聯、並聯時之電功率⇨比亮度

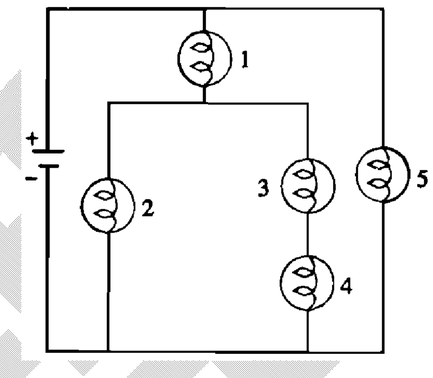
【觀念&公式】

1.串聯：電流相等，R 越大，功率越大。

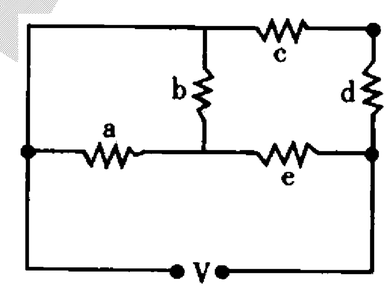
2.並聯：電壓相等，R 越大，功率越小。

3.$P = iV = i^2R = \dfrac{V^2}{R}$

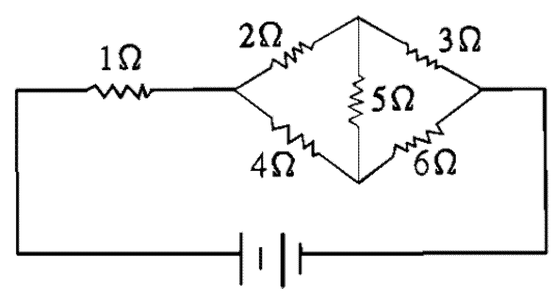
例 21.將 5 個完全相同的燈泡連接在一起，並接上電池，如右圖所示，則最亮的燈泡為第_____號燈泡。【83 大學】答：5



類 1.附圖中 a、b、c、d、e 爲五個完全相同之電阻器。如將電壓 V 逐漸升高，則以下電阻何者應先被燒壞？ (A)電阻 a (B)電阻 b (C)電阻 c (D)電阻 e 。【70 大學】答：(D)



類 2.如圖之電路，設每個電阻均不致燒毀，則哪一個電阻的電功率最大？ (A)1Ω (B)2Ω (C)3Ω (D)5Ω (E)6Ω。【88 北聯】答：(C)

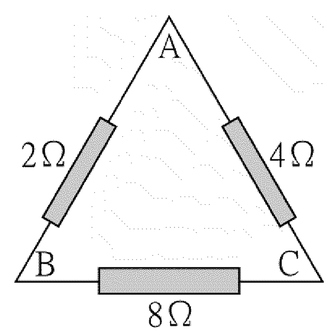


類 3.有 P、Q 兩電燈泡，除 Q 的鎢絲長爲 P 的一半外，其餘均相同。今分別單獨將之接上同一電源(無內電阻)，則對 Q 而言，正確的是：(A)因鎢絲兩端間電壓較大，故 Q 較亮 (B)因鎢絲發光部分較小，故 Q 較暗 (C)因流經鎢絲的電流較大，故 Q 較亮 (D)因鎢絲兩端間電壓較小，故 Q 較暗 (E)流經鎢絲的電流較大，但電壓較低，故 P、Q 亮度相同。【76 夜大】答：(C)

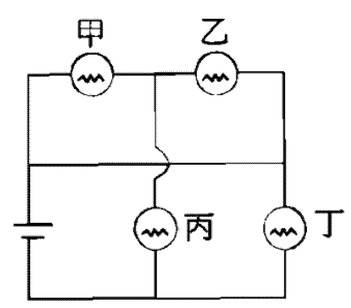
類 4.(1)圖中三個電阻連成三角形組成的電路，將穩定直流電源接於_____兩點，電路的總電阻最大。

(2)在上題中，將穩定的直流電源接於_____兩點，電路消耗的功率最大。

答：(1)B、C；(2)A、B



類 5.甲乙丙丁爲四個規格相同的小燈泡，則下列敘述何者正確？ (A)甲和乙都不會亮 (B)甲比丙亮 (C)丙比丁亮 (D)丙和丁一樣亮 (E)甲和乙一樣亮。答：(E)



※串聯、並聯時之電功率⇨改變電路

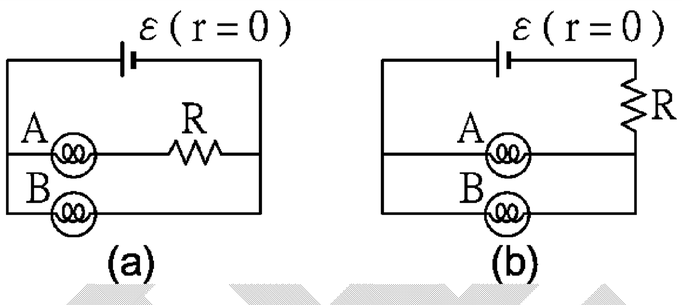
【觀念&公式】

1.串聯：電流相等，電壓相加。

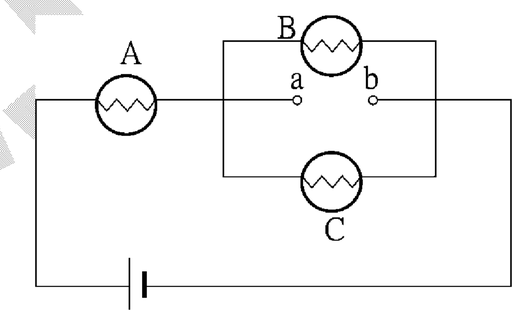
2.並聯：電壓相等，電流相加。

3. $P = iV = i^2R = \dfrac{V^2}{R}$

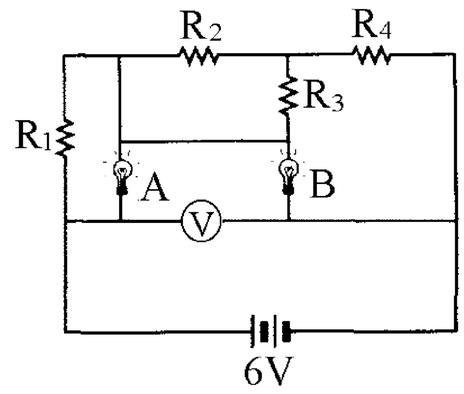
例 22.如圖所示燈泡 A，B 正在發亮，若將 B 從燈座取下，則 (a)、(b)兩圖中 A 各將_____。(填：更亮或變暗或亮暗不變) 答：(a)不變，(b)變亮



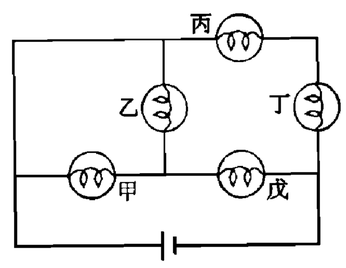
類 1.如圖中 A、B、C 三燈完全相同，電池無內電阻，當 a、b 兩點間不接通時，A 燈上之電流為 I_A；a、b 兩點間以良導線接通時，A 燈上之電流為 I_A，則 $I_A : I_A'$為_____。答：2：3



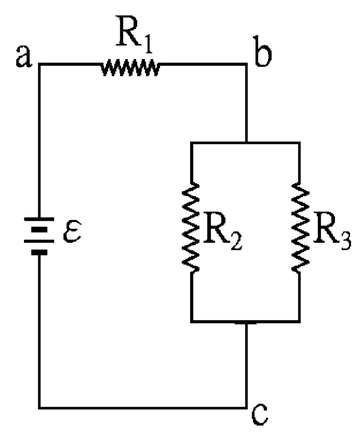
類 2.如右示線路圖，A、B 兩燈泡之電阻分別為 4 歐姆與 8 歐姆，$R_1 = R_2 = R_3 = 4$ 歐姆，$R_4 = 6$ 歐姆。若伏特計讀數為 6 伏特，當使用一段時間後，某一電阻燒斷，結果 A 燈泡變得更亮，而 B 燈泡比原來暗，試問哪一個電阻燒成斷路？又試問 A 燈泡在該電阻燒斷前的功率為若干瓦？燒斷後為若干瓦？



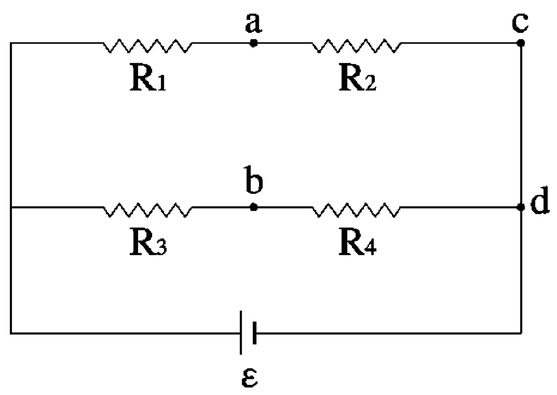
類 3.五個完全相同之燈泡連接如右圖所示，當甲燈泡燒壞時，何者會更亮？(A)乙 (B)丙 (C)丁 (D)戊 (E)沒有 o【85 北聯】答：(A)



類 4.如圖所示的電路中，若 R_3 量值減少，則： (A)a、b 間的電位差量值減少 (B)電源 ε 輸出之功率減少 (C)通過 R_1 的電流量減少 (D)通過 R_2 的電流量減少 (E)通過 R_3 的電流量減少。【86 日大】答：(D)



類 5.如圖中，每條電阻值皆為 r，電池電動勢為 ε，其內電阻不計，每條電阻線的電功率皆為 P，則下列何者正確？ (A)電源輸出的功率為 2P (B)以導線連接 a、b 兩點，則每條電阻線的功率仍為 P (C)以導線連接 b、c 兩點，且增加電動勢，則 R_4 先燒燬 (D)以導線連接 b、c 兩點，則 R_3 的電功率變為 4P (E)分別以導線連接 a、b 和 b、c 兩點，則電源的輸出功率變為 8P。答：(B)(D)(E)



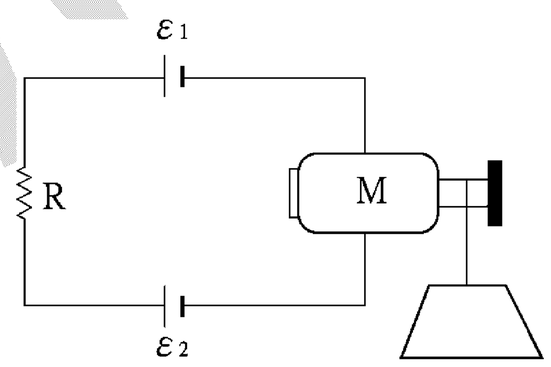
※作功

【觀念&公式】
電池化學能=熱能+作功

例 23. 1000 公斤的電動車以 100 伏特的電瓶為電源，在平地上以 36km/hr 行駛時，要 20A 的電流，若當爬 20/1000 之斜坡時，欲以同速率行駛，至少需要電流： (A)26.5A (B)29.3A (C)39.6A (D)48.5A (E)56.2A 。【68.夜大】答：(C)

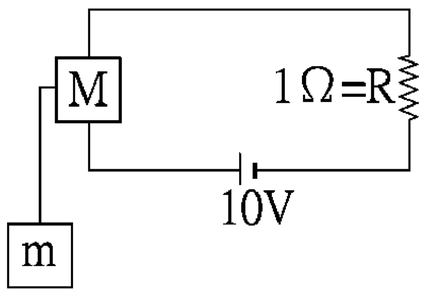
類 1.馬達兩端之電位差爲 32 伏特，通過之電流爲 10 安培，電阻爲 2 歐姆，則此馬達輸出功率爲若干瓦特？ (A)60 (B)120 (C)64 (D)320 (E)512 。答：(B)

類 2.如圖中，兩電池 ε_1=40 volt，ε_2=10 volt，其內電阻均爲 1Ω，電阻器電阻 R=4Ω，兩端的電位差 V_R=8 volt，馬達 M 的內電阻爲 2Ω，則：



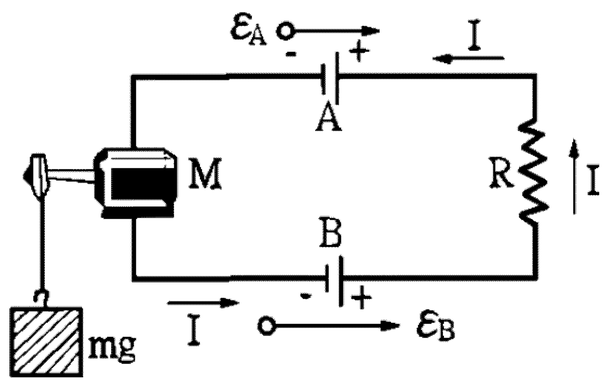
(1)馬達對外界作功的功率爲_____瓦特。
(2)電池 ε_2 消耗電能轉換成化學能的功率爲_____瓦特。答：(1)28；(2)20

類 3.如圖之電路中，若電池之電動勢爲 10V，沒有內電阻，電路上有一電阻 R=1Ω，及一個電動機，電動機之轉軸上捲一條線，下端繫一質量 500 公克的物體，當電動機轉動時，物體乃隨之上升，若上升速度爲 3(m/s)，重力加速度 g=10(m/s^2)，電路上之電流爲 3A，則



(1)電動對外作功之功率爲_____瓦特。
(2)電動機之內電阻爲_____Ω。答：(1)15；(2)2/3

類 4.右圖所示之電路包含：①一個理想(其內部無內電阻)的電池 B，其電動勢爲 12 伏特。②內電阻 r_A=2 歐姆且在充電中的蓄電池 A，其兩端電位差經測定爲 V_A=4 伏特。③電阻器 R=12 歐姆。④電動機(馬達)，其內電阻 r_M=1 歐姆，兩端電位差爲 V_M=2 伏特。試求：(1)R 之發熱功率及電位差。(2)蓄電池中單位時間內轉變爲化學能的電能。(3)電動機輸出的功率。若此電動機正在提起重量 mg=10 牛頓的物體，則在若干時間內可提高 1 公尺？答：(1)3W，6V；(2)1.5W；(3)0.75W，$\frac{40}{3}$ 秒



類 5.有一斜度 30°，速率爲每秒 0.4m 的電動扶梯。今有一體重 50kg 的人踏上扶梯上樓，則驅動扶梯的馬達所需的電流比載人時至少增加多少？(設電源壓爲 200 伏特)

19-4 克希何夫定則

一、克希何夫(Kirchhoff)定律：

在分析任一個包含有多種聯結的電阻及電池的電路之電流分布的問題時，應用下述的克希何夫定律：

1.第一定律：在電路中任一結點**(**即電路中，兩個以上導體的交點**)**，流入的總電流等於流出的總電流。

2.第二定律：電路中的任一迴路**(**封閉路徑**)**中，從一點起經一迴路回到此點之總電位降落為零。

註：第一定律亦稱為結點原理：在電路中任一結點，必無電荷之積聚、產生或消滅，故第一定律即電荷守恆定律的結果。

第二定律亦稱為迴路原理：在電路中電源所消耗的化學能完全轉換成電器所產生之電能，故第二定律即能量守恆定律的結果。

二、如何運用克希何夫定律

1.畫出電路圖，標示電路中所有的元件。

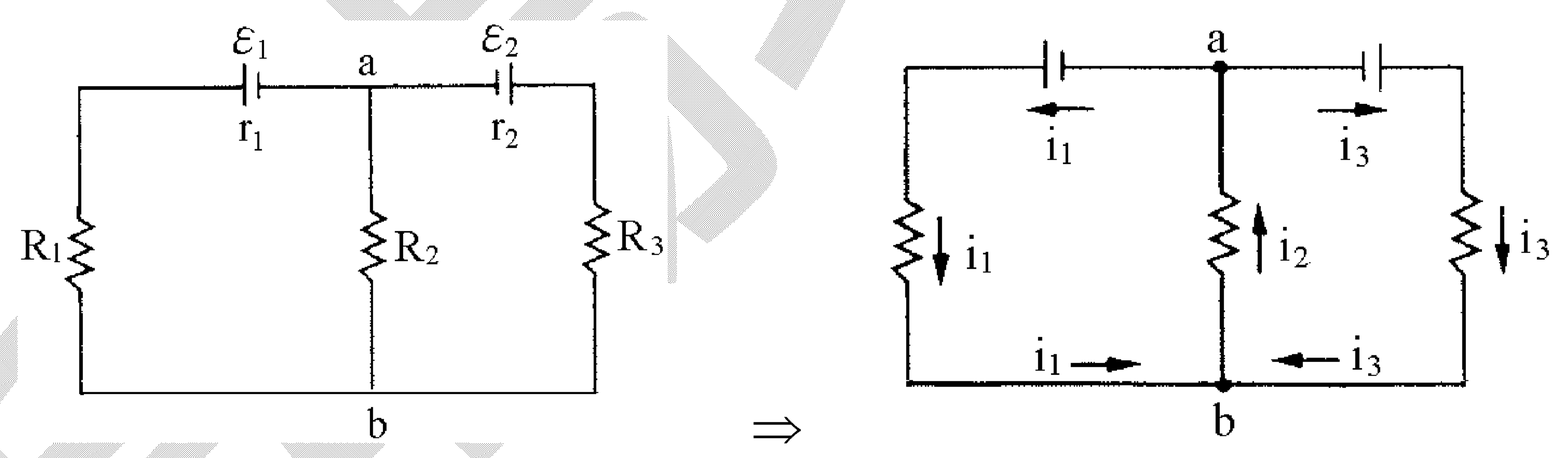
2.標示各分支線路電流，其方向可先暫行假設。

3.運用克希何夫分支點規則，建立電流方程式。

4.運用克希何夫迴路規則，取不同迴路**(**選順時針方向或逆時針方向**)**，建立電位變化的方程式。

5.解聯立方程式，解出各分支電流後，若有負號，表示電流方向與假設方向相反。

例：今假設有如圖之網路要求通過 $\mathbf{R_1}$、$\mathbf{R_2}$、$\mathbf{R_3}$ 之電流，其中 ε_1 及 ε_2 為電池電動勢，而 $\mathbf{r_1}$ 及 $\mathbf{r_2}$ 為其內阻。假設通過各電阻之電流為 $\mathbf{i_1}$、$\mathbf{i_2}$、$\mathbf{i_3}$ 如圖 **3-47**。當然若方向假設錯誤，將來計算出來電流會出現負號，表示電流反方向。今就結點 **a** 與 **b** 可列式子



(1)對 **a** 點 $\mathbf{i_2-i_1-i_3=0}$ **(**$\mathbf{i_2}$ 流入，$\mathbf{i_1}$ 及 $\mathbf{i_3}$ 流出**)**

對 **b** 點 $\mathbf{i_1+i_3-i_2=0}$ **(**$\mathbf{i_1}$ 及 $\mathbf{i_3}$ 流入而 $\mathbf{i_2}$ 流出**)**

(2)事實上，上面二個式子是相等的，只能算一個方程式。今再就圖中就迴路 $\varepsilon_1\mathbf{R_1R_2}$**(**即由 **a** 點起算經 ε_1 再經 $\mathbf{R_1}$ 到 **b** 點再經 $\mathbf{R_2}$ 回到 **a** 點**)**之迴路規則可列式子。

⇒ ε_1**(**電池升壓**)**$-\mathbf{i_1r_1}$**(**內阻降壓**)**$-\mathbf{i_1R_1}$**(**電阻降壓**)**$-\mathbf{i_2R_2}$**(**電阻降壓**)**$=\mathbf{0}$

(3)再對 $\varepsilon_2\mathbf{R_3R_2}$ 之迴路**(**即由 **a** 點經 ε_2，再經 $\mathbf{R_3}$，再經 $\mathbf{R_3}$ 到 **b** 點經 $\mathbf{R_2}$ 回到 **a** 點**)**，按迴路規則列式為

⇒ ε_2**(**電池升壓**)**$-\mathbf{i_3r_2}$**(**內阻降壓**)**$-\mathbf{i_3R_3}$**(**電阻降壓**)**$-\mathbf{i_2R_2}$**(**電阻降壓**)**$=\mathbf{0}$

⇒ 由上面共三個有效方程式可解 $\mathbf{i_1}$ 及 $\mathbf{i_2}$、$\mathbf{i_3}$ 三個變數。

※克希何夫(Kirchhoff)定律⇨一個迴路

【觀念&公式】
1.迴路定律：電路中的任一迴路(封閉路徑)中，從一點起經一迴路回到此點之總電位降落為零。
2.接地點之電壓為零。

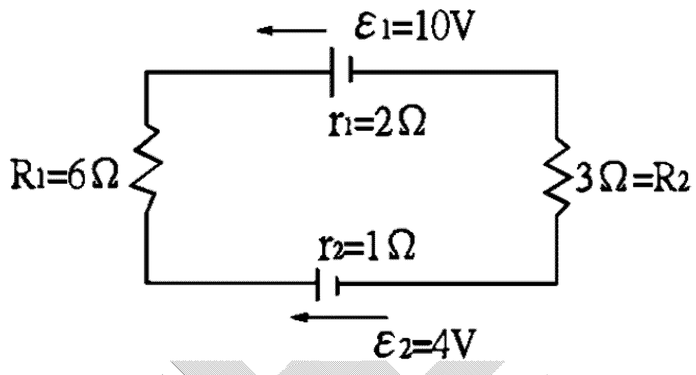
例 24.電路如右圖，求：

(1)電流大小及方向？答：0.5A 逆時針

(2)ε_1的端電壓？答：9V

(3)ε_2的端電壓？答：4.5V

(4)ε_2獲得化學能的功率？答：2W

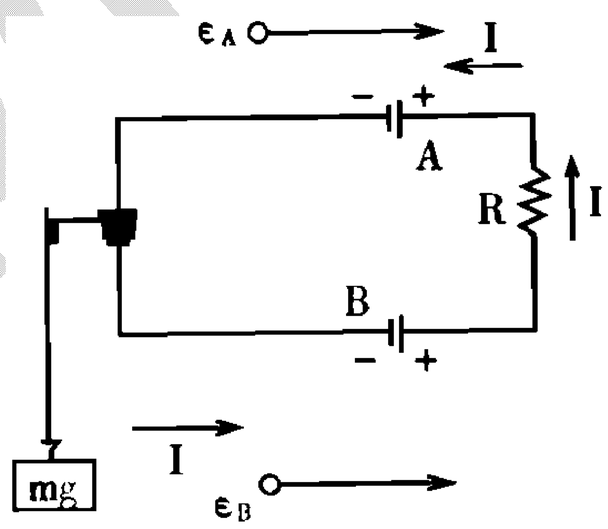


類 1.如圖，B 為理想電池 ε=12V，電池 A 為充電中之蓄電池內阻 2Ω，經測定其兩端之電位差為 4V，電阻 R 為 12Ω，馬達 M 內阻 1Ω，馬達兩端之電位差為 2V，則

(1)電阻 R 之生熱功率為何？答：3W

(2)蓄電池 A 中轉變成化學能功率為何？答：1.5W

(3)馬達輸出功率為若干？答：0.75W



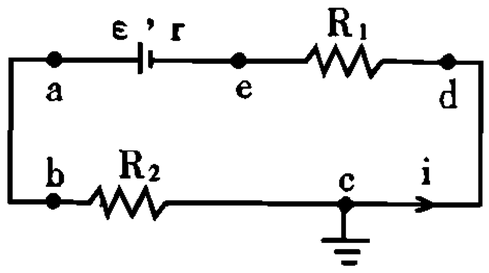
類 2.右圖中，電池的 ε=12 伏特，內電阻 r=1Ω，另接兩電阻器 R_1=2Ω 及 R_2=3Ω，圖中 c 點接地。求

(1)電路中的電流？答：2A

(2)電池中消耗化學能的功率？答：24W

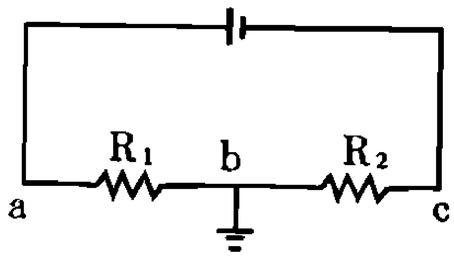
(3)電池內電阻、R_1 及 R_2 發熱功率各為若干？答：4W，8W，12W

(4)圖中 a、b、c、d、e 各點電位？答：6V，6V，0，0，-4V

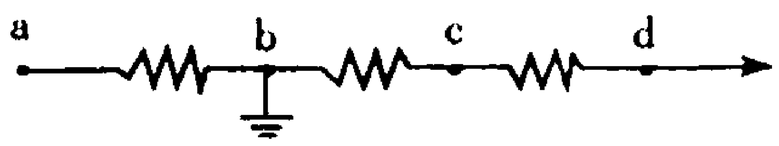


類 3.(1)如下圖電路之電流為 2A，而 R_1 與 R_2 分別為 2Ω 與 3Ω，則電池電壓為 (A)4V (B)6V (C)10V (D)2V (E)0V 。答：(C)

(2)上題，b 點接地，則 a、b、c 三點之電位各為若干伏特？(A)4，0，6 (B)4，0，-6 (C)10，6，0 (D)0，-4，-10 (E)以上(B)，(C)，(D)均可。答：(B)



類 4.如圖，電流為 10A，且方向由 a 至 d，已知 ab 間電阻 2Ω，bc 間電阻 3Ω，cd 間電阻 4Ω，則 V_{ad}，V_a，V_c，V_d 各為若干？答：90V，20V，-30V，-70V

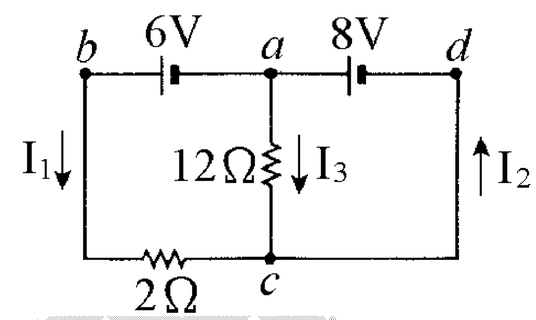


吳錫玠物理

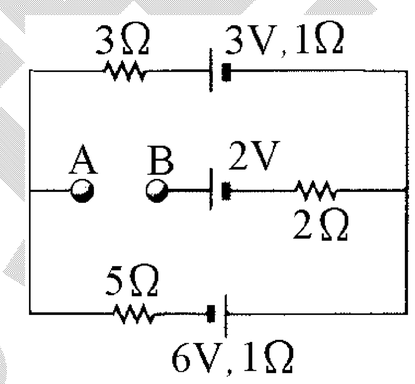
※克希何夫(Kirchhoff)定律⇨兩個迴路

【觀念&公式】
1.結點定律：電路中任一結點，流入的總電流等於流出的總電流。
2.迴路定律：電路中的任一迴路(封閉路徑)中，從一點起經一迴路回到此點之總電位降落為零。

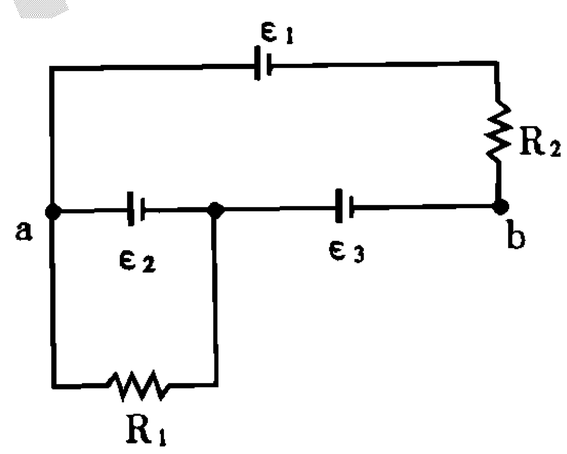
例 25.如右圖，求流過 12 歐姆的電流為若干安培？



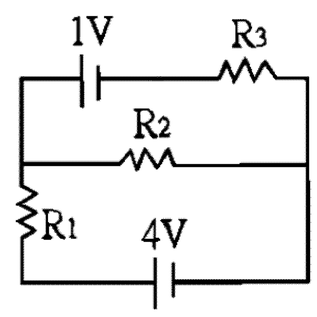
例 26.在右示的電路圖中，A、B 兩點為斷路，求 A、B 兩點間之電位差。



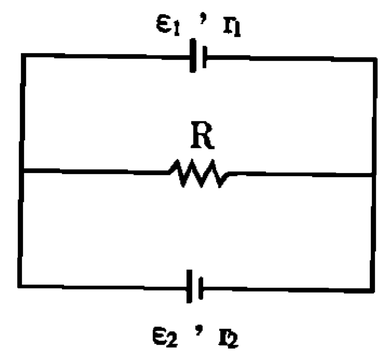
類 1.如右圖所示，若 ε_1=6.0 伏特，ε_2=5.0 伏特，ε_3=4.0 伏特，R_1=100 歐姆，R_2=50 歐姆，試回答下列各題：
(A)求經過各電阻器之電流為若干？答：流過 R_1 為 0.05A，流過 R_2 為 0.06A
(B)求 a 和 b 間之電位差為若干？答：9V



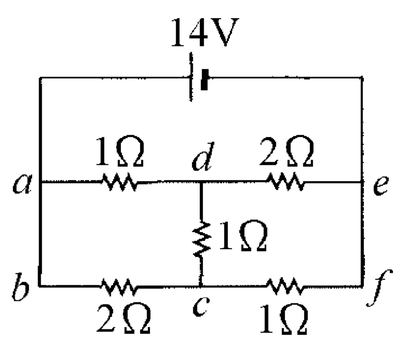
類 2.圖中，兩電池電動勢分別為 4V 與 1V，$R_1=10\Omega$，$R_2=5\Omega$，$R_3=10\Omega$，則流經各個電阻器的電流？答：$\frac{11}{40}$A，$\frac{1}{4}$A，$\frac{1}{40}$A



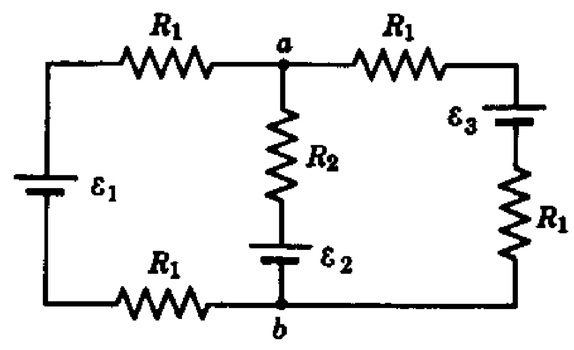
類 3.右圖之電路中，電池之電動勢各為 ε_1，ε_2；內電阻各為 r_1，r_2。若沒有電流通過 ε_2 電池，則 ε_1：ε_2 = (A)r_1：r_2 (B)R：(R+r_2) (C)(R+r_1)：R (D)(R+r_1)：(R+r_2) 【大學聯考題】答：(C)



類 4.如右示電路圖，求流過 c、d 間的電流？



類 5.如右圖之電路，試計算各迴路之電流大小。設 $\varepsilon_1=2$V，$\varepsilon_2=\varepsilon_3=4$V，$R_1=1\Omega$，$R_2=10\Omega$。答：

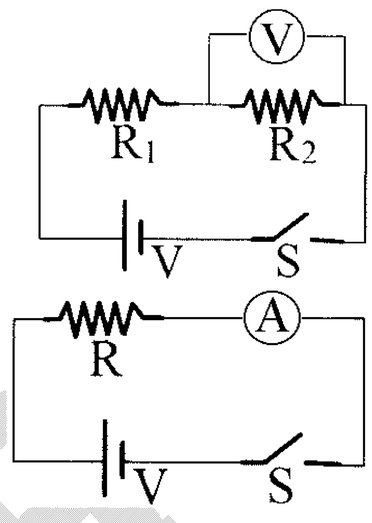


19-5 電流、電壓、電阻的測量

一、以安培計與伏特計測量電路中的電阻

1.安培計、伏特計的特性：

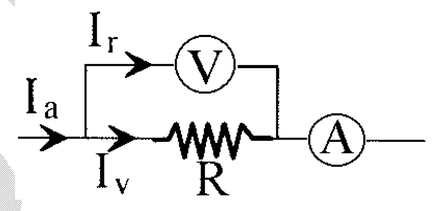
量度電流及電壓的儀器，稱為電流計(亦稱安培計)及電壓計(亦稱伏特計)。安培計、伏特計的構造原理，將於下章才討論，此處將只述兩種儀器的用法。



(1)安培計：用安培計量度電路中任何兩點間的電流，必須將安培計串聯於此兩點之間(如右圖)。為了使原電路的電流不因安培計串聯其間而改變，安培計的內電阻務須極小。

(2)伏特計：用伏特計量度電路中任兩點間的電位差，則必須將伏特計並聯該兩點(如右圖)。為了使此並聯不影響原電路的電流，伏特計的內電阻務須極大。

2.低電阻測量：如右圖所示，伏特計與被測電阻 **R** 兩者並聯，若伏特計中電阻為 $\mathbf{R_V}$，測量值為 $\mathbf{R_1}$



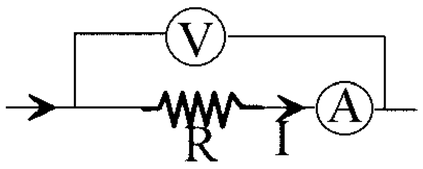
依 $\mathbf{I_a}=\mathbf{I_r}+\mathbf{I_v} \Rightarrow \mathbf{I_a}=\dfrac{V}{R}+\dfrac{V}{R_v}$

得 $\mathbf{R_1'}=\dfrac{RR_v}{R+R_v}<\mathbf{R}$

當 $\mathbf{R}<<\mathbf{R_V}$ 時，$\mathbf{R_1'}\fallingdotseq\mathbf{R}$

故此種連接方式用以測定低電阻。

3.高電阻測量：如右圖所示，安培計與 **R** 串聯，若 **Ra** 表安培計中電阻，**R2'**表測量值，則伏特計讀數 **V** 必為



$\mathbf{V}=\mathbf{I}(\mathbf{R}+\mathbf{R_a}) \Rightarrow \mathbf{R_2'}=\mathbf{R}+\mathbf{R_a}$

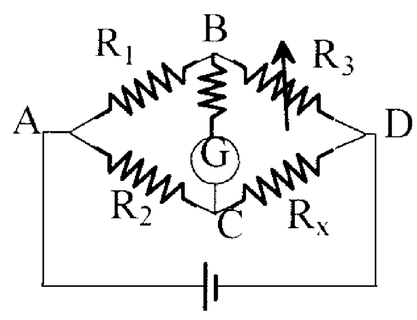
當 **R** 較 $\mathbf{R_a}$ 甚大時$(\mathbf{R}>>\mathbf{R_a})$，上式可化為 $\mathbf{R_2'}\fallingdotseq\mathbf{R}$

故此種連結方式用以測定高電阻。

二、惠司同**(Wheatstone)**電橋：

1.在電學上，常為測定電阻或校正電阻而設計一電路。如圖，$\mathbf{R_1}$、$\mathbf{R_2}$ 為固定電阻及 $\mathbf{R_3}$ 為可調整的 可變電阻，**BC** 間之Ⓖ為檢流計。

2.從電池流出之電流到 **A** 點後，分為 **AB** 與 **AC** 兩路，若流過 $\mathbf{R_2}$ 之電流為 $\mathbf{I_2}$，則 **AB** 間之電壓為 $\mathbf{I_1R_1}$，**AC** 間之電壓為 $\mathbf{I_2R_2}$。若 **AB** 間電壓大於 **AC** 間電壓，則 **C** 點電位高於 **B** 點，會有電流由 **C** 到 **B**。若 **AC** 電壓大於 **AB** 間電壓，則 **B** 點電位高於 **C**，**BC** 間電流是由 **B** 到 **C**。今若調整 $\mathbf{R_3}$，使 **BC** 間沒有電流(可由檢流計Ⓖ中看出)，則 $\mathbf{I_1R_1}=\mathbf{I_2R_2}$



3.那麼 $\mathbf{I_1}$ 便會完全流到 $\mathbf{R_3}$，而 $\mathbf{I_2}$ 會完全流到 $\mathbf{R_x}$。此時 **B** 與 **C** 等電位，**BD** 間電壓與 **CD** 間電壓相等，則 $\mathbf{I_1R_3}=\mathbf{I_2R_x}$

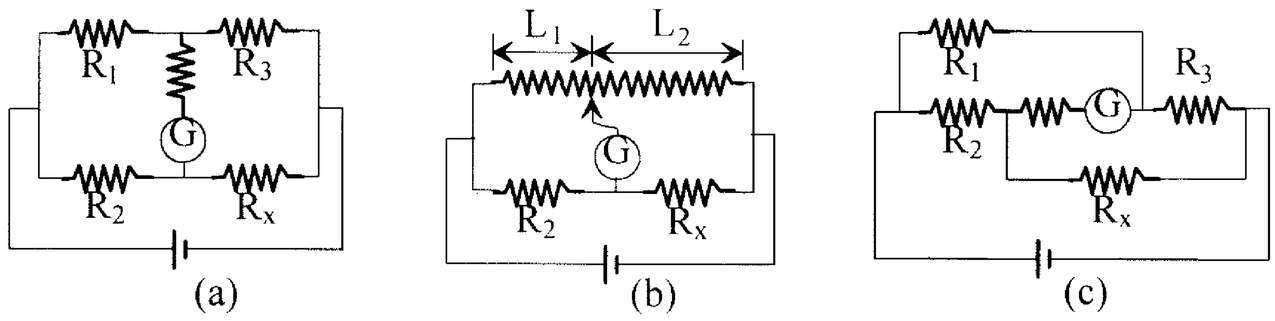
4.利用上兩等式可消去 $\mathbf{I_1}$ 及 $\mathbf{I_2}$

$\Rightarrow \dfrac{I_1R_1}{I_1R_3}=\dfrac{I_2R_2}{I_2R_x}$ 得 $\mathbf{R_x}=\dfrac{R_2R_3}{R_1}$

※下列電路也是惠司同電橋，比較看看是否相同，如圖。

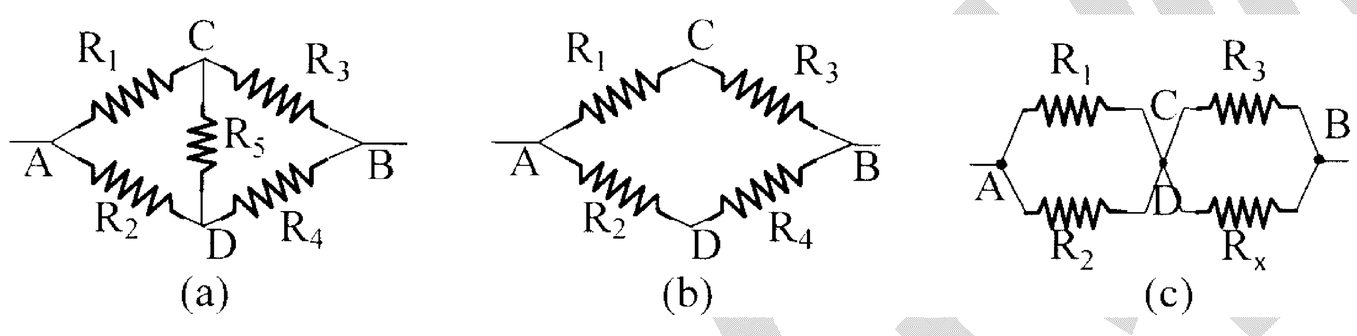
在下圖中，**(b)**圖可用 $\frac{L_2}{L_1}$ 來代表**(a)**圖中的 $\frac{R_3}{R_1}$，

$\Rightarrow \mathbf{R_x} = \frac{R_2 R_3}{R_1} = \frac{L_2}{L_1} \cdot \mathbf{R_2}$　**(**可不必求 **R_1** 及 **R_2)**

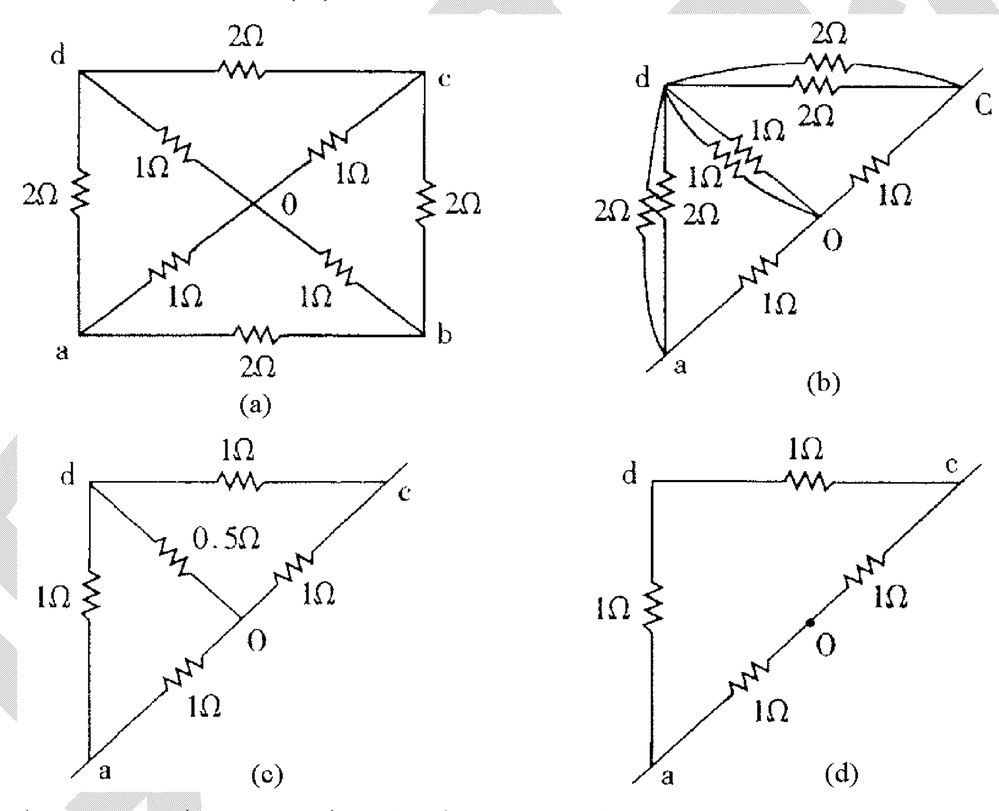


三、等位點間之應用：

1.下圖**(a)**中若符合惠司同電橋 $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$ 之條件下，**C** 與 **D** 等電位，即 **CD** 間沒有電流，此時 **CD** 間是否有電阻比並不重要。可看成圖**(b)**，**R_1** 與 **R_3** 串聯，**R_2** 與 **R_4** 串聯，再二者並聯。或看成圖**(c)**，**C** 與 **D** 點聯結在一起，此情況對電阻網路之計算有甚大幫助。



2.如下圖**(a)**求 **R_{ac}(**即 **a** 到 **c** 間電阻**)**，從 **a** 圖可看出電流走 **abc** 與 **adc** 機率相同，故 **b** 與 **d** 等電位，可將其聯結如圖**(b)**，再看成如圖**(c)**，又符合惠司電橋，**d** 與 **O** 等電位，可再看成圖**(d)**，便可求出 **a**、**c** 間總電阻為 **1**Ω。



3.「老師，我說的都是真的啊！！」

歷史老師在教清朝歷史，

發現有個學生在睡覺。

老師把他叫醒，問道：「清廷最大的敵人是什麼？」

學生睡眼惺忪的回答：「青蛙！！」

※電流計的改裝

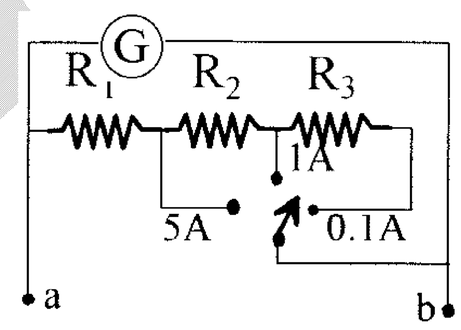
【觀念&公式】

1.安培計：檢流計並聯一個小電阻r_A，即成為安培計，在電路圖中以Ⓐ表示。

2.伏特計：檢流計串聯一個大電阻r_V，即成為伏特計，在電路圖中以Ⓥ表示。

例 27.有一電流計，其線圈電阻為 500 歐姆，全額偏轉時，所需的電流為 20 毫安培，則(1)將此電流計改裝為安培計，使其全額讀數為 1 安培，則應如何？(2)將此電流計改裝成 150 伏特的伏特計，則應如何？答：(1)並聯$\frac{500}{49}\Omega$之低電阻；(2)串聯 7000Ω之電阻

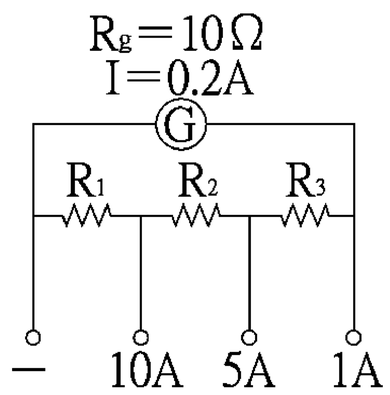
類 1.右圖中，電流計內的轉動線圈之電阻為 4，當電流是 0.01 安培時，指針偏轉最大。若欲使其變成三個全額讀數為 0.1A、1A 與 5A，則圖中 R_1、R_2 與 R_3 之值各為若干？



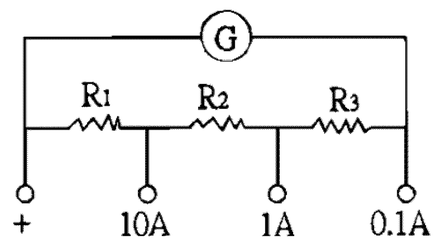
類 2.一檢流計線圈電阻為 200Ω，可容許最大電流為 0.5mA，若利用檢流計製成以下測試儀器，應如何製作？(1)最大容量為 10A 之電流計。(2)最大容量為 100V 之伏特計。答：(1)並聯$\frac{200}{19999}\Omega$；(2)串聯 199800Ω

類 3.有一圈轉式電流計的內電阻為 r=20Ω，最大允許電流為 2A，欲改裝成最大可測量電壓為 100V 及 500V 的多量程伏特計，須如何處理？答：(1)串聯 30Ω(2)串聯 230Ω

類 4.如圖所示："三標"安培計的內部電路，其端分別註以－及 10A、5A 與 1A。若－Ⓖ－之電阻 R_g 為 10Ω，當此線圈中之電流為 0.2 安培時，可產生全額偏轉，則 R_3 之電阻值等於若干Ω？答：R_3＝2(Ω)



類 5.如圖一動圈式之電流計 G 其線圈之電阻大小為 25Ω；0.01A 的電流可使此電流計偏轉至全刻度。要將此電流計轉為多範圍之電流表，使全刻度之電流分別為 10A、1A 及 0.1A 所需之電阻 R_1、R_2 及 R_3，其大小各多少？答：$R_1=\frac{1}{36}\Omega$，$R_2=\frac{1}{4}\Omega$，$R_3=\frac{5}{2}\Omega$



類 6.利用三用電表來檢測標示 110V、100W 電燈泡的好壞，下列敘述何者正確？ (A)用電阻檔，測燈泡的電阻 (B)用電流檔，測燈泡的電流 (C)用直流電壓檔，測燈泡的電壓 (D)用交流電壓檔，測燈泡的電壓 (E)以上皆非。答：(A)

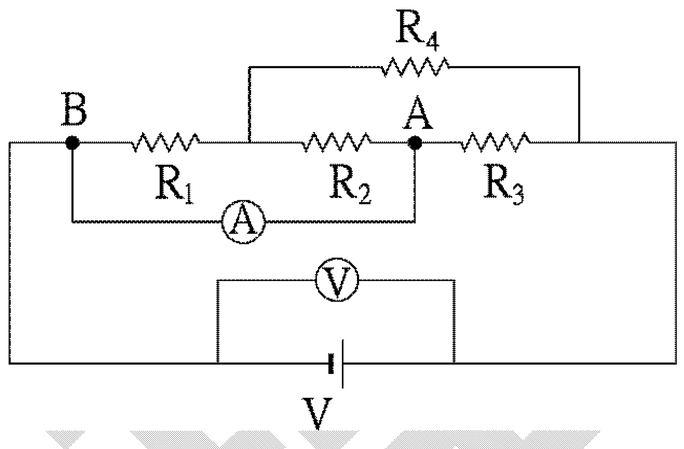
※安培計&伏特計的聯結

【觀念&公式】

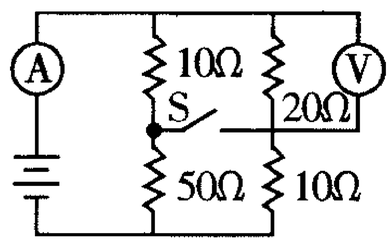
1.安培計與待測電路電路串聯；伏特計與待測電路電路並聯。

2.理想安培計內阻$r_A \to 0$；理想伏特計內阻$r_V \to \infty$。

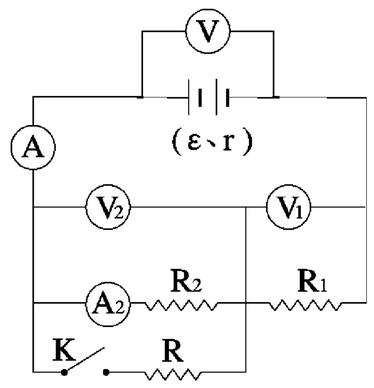
例 28.如圖之電路中電池之電動勢為 7 伏特，內電阻為 0.5Ω、$R_1=3\Omega$、$R_2=6\Omega$、$R_3=6\Omega$、$R_4=4\Omega$，則下列何者正確？(A)伏特計之讀數為 6V (B)安培計之讀數為 1.5A (C)電路圖中，電池外電路之等效電阻為 6Ω (D)流經 R_4 之電流為 1A (E)四個電阻中功率最大者為 R_3。答：(A)(D)(E)



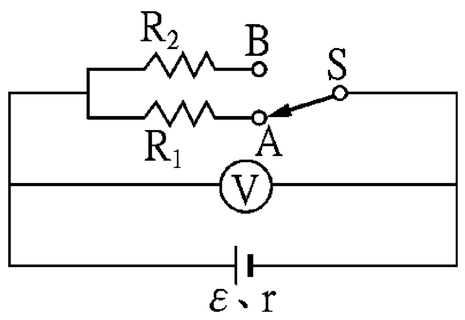
類 1.(1)若將圖示電路中的開關 S 切斷，伏特計 V 的讀值為 12 伏特。此時安培計 A 的讀值為____安培。
(2)若接通 S，則伏特計 V 及安培計 A 之讀數各為何？



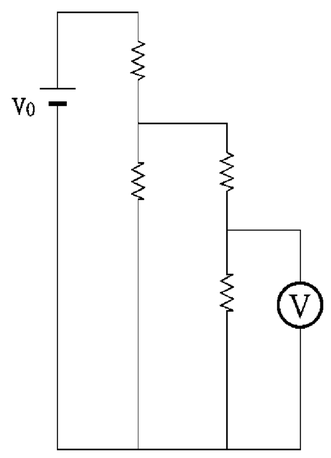
類 2.如圖所示，電池的內電阻 r，各安培計的電阻極小而各伏特計電阻極大，今將電鍵 k 按下，則： (A)安培計 A 讀數將增加 (B)伏特計 V 讀數仍不變 (C)伏特計 V_1 讀數將減少 (D)伏特計 V_2 讀數仍不變 (E)安培計 A_2 讀數將減少。答： AE



類 3.設計實驗測量電池的內電阻 r 與電動勢 ε；如圖所示 $R_1=2\Omega$，$R_2=1\Omega$，當 S 與 A 接通時，伏特計的讀數為 2 伏特；當 S 與 B 接通時，伏特計的讀數為 1.5 伏特，則 r=_____Ω，ε=_____伏特。答：1Ω；3V



類 4.如圖，每條電阻線的電阻值均相同，電池的電壓為V_o，則電路中伏特計的讀數為_____。答：$\frac{1}{5}V_o$

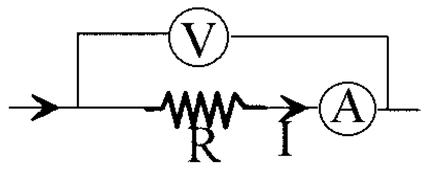


類 5.有兩個電壓計 V_1 和 V_2：V_1 的內電阻為 50 仟歐姆，最大刻度為 150 伏特；V_2 的內電阻為 30 仟歐姆，最大刻度為 75 伏特。今將 V_1 和 V_2 串聯後，在其兩端 A、B 跨接一電源。試求
(1)若 V_1 的指針指示 115 伏特，則 V_2 的指針指多少伏特？答：69V
(2)AB 間可流通的最大電流為多少？答：2.5mA
(3)以如此串聯而成的電壓計組，可測出的 AB 間電壓最大為多少？【73 夜大】答：200V

※電阻的測量

【觀念&公式】

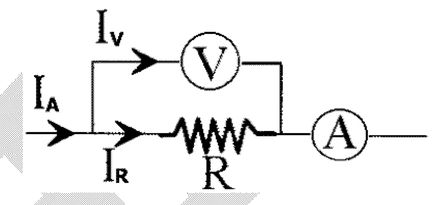
1.高電阻的測量 $R \geq \sqrt{r_A \cdot r_V}$



①安培計所測量得的電流為流經待測電阻 R 的電流。

②伏特計所測量得的電壓為安培計兩端電位差加上電阻兩端電位差，$V = Ir_A + IR$

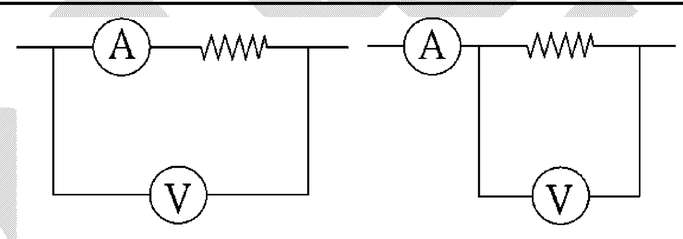
2.低電阻的測量 $R \leq \sqrt{r_A \cdot r_V}$



①伏特計所測量得的電位差為待測電阻 R 兩端的電位差。

②安培計所測量得的電流為流經伏特計的電流加上流經電阻的電流，$I_A = I_V + I_R$

例 29.在「歐姆定律」實驗中，若安培計電阻為 10Ω，伏特計電阻為 1000Ω

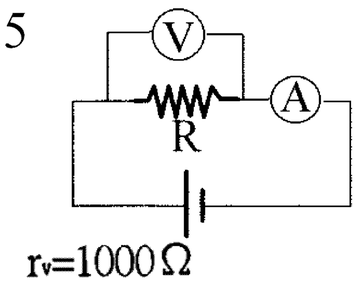


圖(一)　圖(二)

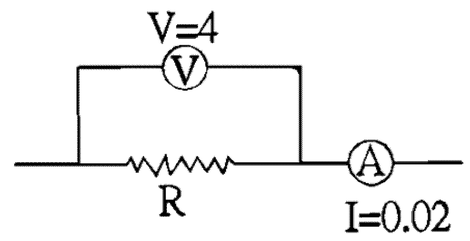
(1)如圖(一)之接法，安培計為 0.20A，伏特計為 22 V，則待測電阻之正確值為_____歐姆。

(2)如圖(二)之接法，若安培計仍為 0.20A，則伏特計之讀數為_____伏特。答：(1)100；(2)18

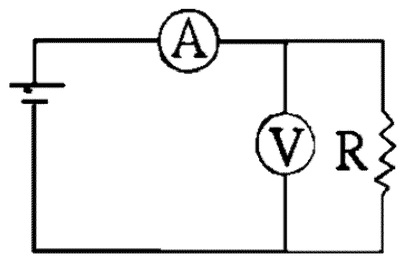
類 1.右圖所示伏特計之內電阻為 10^6Ω，其讀數為 80 伏特，安培計之讀數為 1.5 $\times 10^{-4}$ 安培，則 R 之真實電阻值為_____Ω。



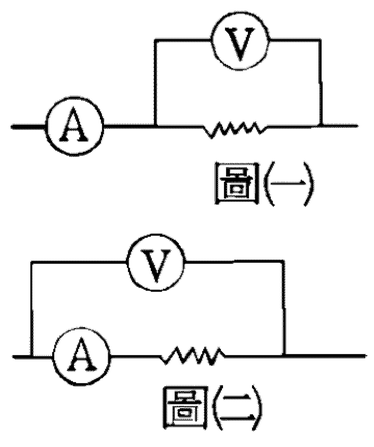
類 2.一伏特計，其內電阻為 1000 歐姆，與電阻器並聯後，再與安培計串聯，當安培計之讀數為 0.02 安培時，伏特計之讀數為 4 伏特，求電阻器的電阻為何？答：250Ω



類 3.右圖中，安培計的電阻為 20Ω，讀數為 4.05A。伏特計電阻為 1000Ω，讀數為 50V，求：(1)未知電阻 R 為多少歐姆？(2)R 電阻之電功率測量值的誤差百分率為多少？答：(1)12.5Ω；(2)1.25%



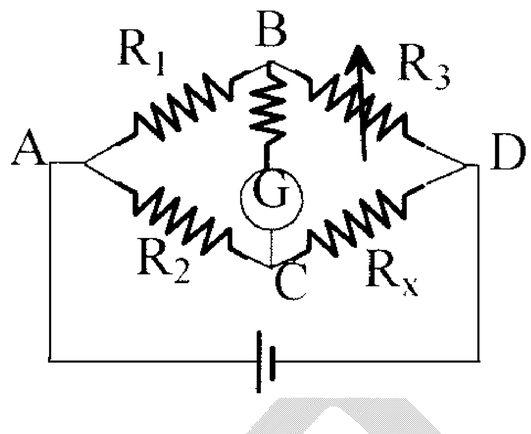
類 4.設安培計之內電阻為 R_A，伏特計之內電阻為 R_V，待測電阻 R 與安培計、伏特計連接如右二圖，設由圖(一)所測得之電阻為 R_1，圖(二)所測出之電阻為 R_2，則 (A) $\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R_V} + \frac{1}{R}$ (B) $R_2 = R_A + R$ (C) $R_2 > R > R_1$ (D)R 為高電阻時，圖(一)所測之結果較不準確 (E)R 為低電阻時，圖(二)所測之結果較不準確。答：(A)(B)(C)(D)(E)



※惠司同電橋

【觀念&公式】

當流經電流計Ⓖ之電流為 0



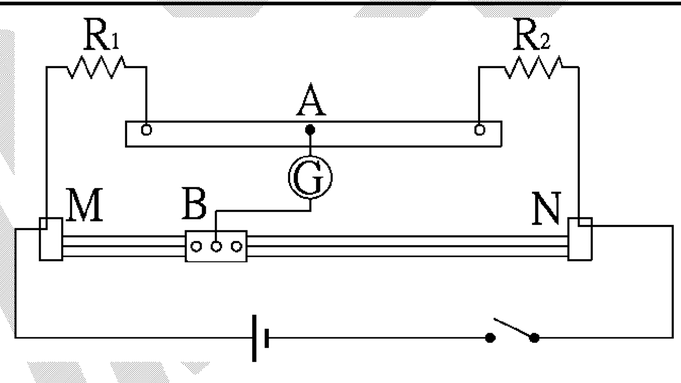
(1) $\varepsilon = i_1R_1 + i_1R_3 = i_2R_2 + i_2R_4$

(2) $V_{AB} = V_{AC} \rightarrow i_1R_1 = i_2R_2$

(3) $V_{BD} = V_{CD} \rightarrow i_1R_3 = i_2R_4$

(4) $R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$

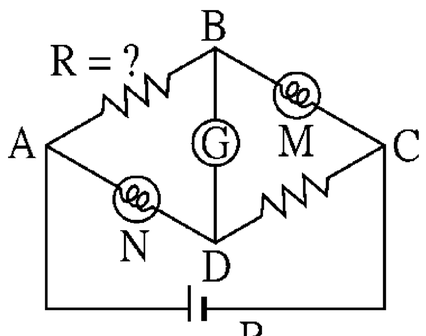
例 30.(1)惠司同電橋的裝置如圖，MN 為一均勻的金屬線，全長 100 公分，R_1 為電阻箱，R_2 為待測電阻。當電流計的讀數恰為零時，MB＝40 公分，R_1＝300 歐姆，可知待測電阻為若干歐姆？



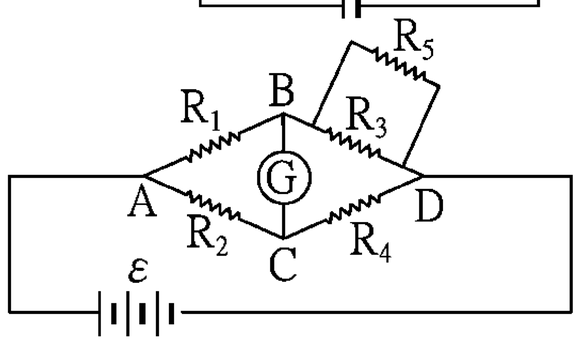
(2)今取下 R_1、R_2 以及連接二者的導體片，將接頭 M 及接頭 A 與一未知電動勢的電池兩端相連接。移動電流計另一接頭 B，當電流計的讀數為零時，MB＝x，若 MN＝L，電源的端電壓為 V，則此時未知電池的電動勢應為若干？答：

(1)450(Ω)；(2)$\frac{x}{L}V$

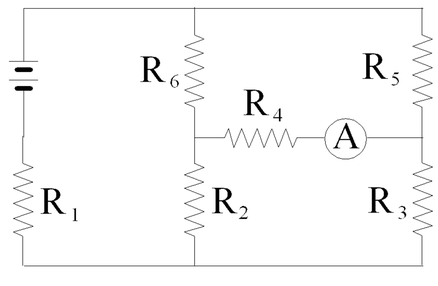
類 1.如圖所示 M（3V，2W），N（6V，4W）兩燈泡正常發亮，且電流計讀數為 0，則 R＝_____Ω，電池內阻 r＝_____Ω。答：9；$\frac{9}{40}$



類 2.如圖，電流計Ⓖ無電流通過，R_1＝50Ω，R_3＝50Ω，R_4＝100Ω，ε＝30V，內電阻為 0。當 R_5＝50Ω時 (A)R_2＝200Ω (B)R_2＝100Ω (C)AB 間之電位差 20V (D)BD 間之電位差 10V (E)AC 間之電流 0.1A。答：(A)(C)(D)(E)



類 3.在右圖所示之電路中已知電流計 G 中沒有電流，則下列那些改變仍然可以維持電流計中沒有電流？(A)只減少 R_1 之值 (B)只減少 R_2 之值 (C)只增加 R_3 之值 (D)只增加 R_4 之值 (E)只減少 R_5 之值。【74 日大】答：(A)(D)



吳錫玠

19-6 家用電器與用電安全

一、交流電：電流方向隨時間作週期性的變化，稱為交流電，簡記為「**ac**」。

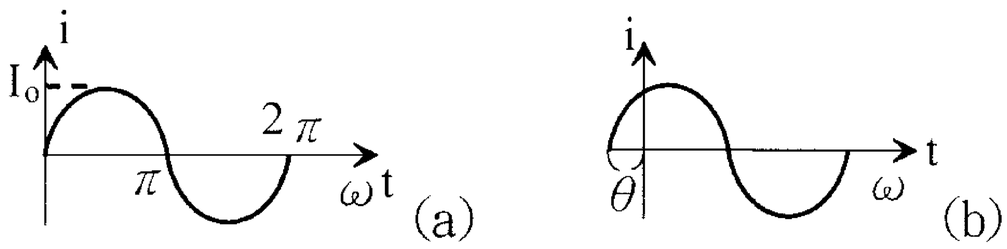
二、交流電壓與交流電流

1. 交流電源的端電壓隨時間的變化可用正弦函數表示為

$\mathbf{V(t)=V_o\sin(\omega t+\theta)}$，$\theta$：相角。

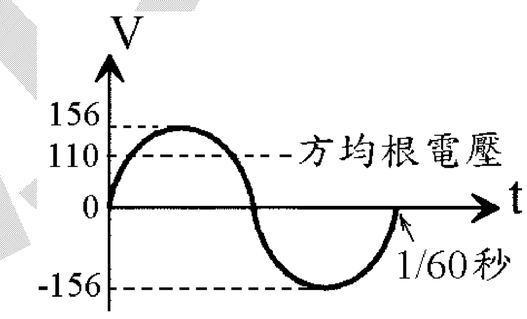
2. 在交流電路中，流經電阻 **R** 的電流與電壓同步變化，即兩者同相，故交流電流對時間的變化為 $\mathbf{i(t)=I_o\sin(\omega t+\theta)}$，$\mathbf{I_o}$ 是封閉電路中所通過的交流電流之峰值。

(1) $\theta=\mathbf{0^o}$ 時，**i** 對 **t** 圖如下圖 **(a)**



(2) $\theta\neq\mathbf{0^o}$ 時，**i** 對 **t** 圖如上圖 **(b)**

3. 利用交流伏特計，交流安培計測出來的值，等於將隨時間變化的電壓，電流平方後，求一週期內的平均值再開根號，稱為方均根電壓 $\mathbf{V_{rms}}$ 及方均根電流 $\mathbf{i_{rms}}$



$$\mathbf{V_{rms}}=\frac{V_o}{\sqrt{2}}\quad;\quad \mathbf{i_{rms}}=\frac{I_o}{\sqrt{2}}$$

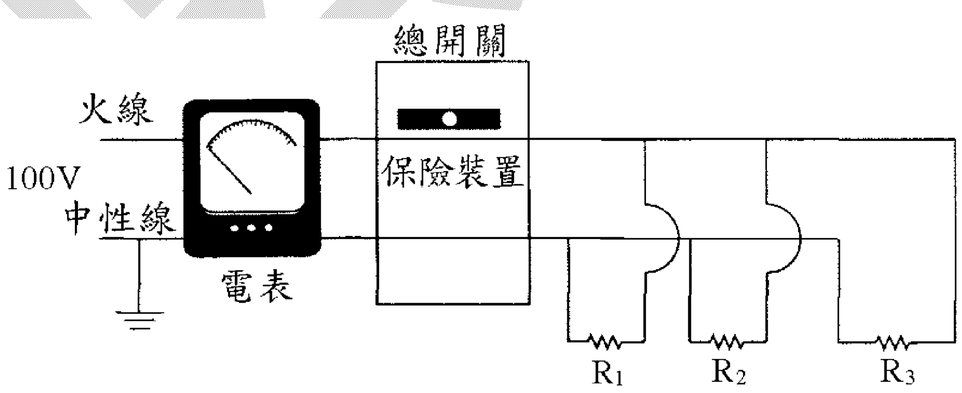
4. 臺灣電力公司供給家庭用戶的交流電，頻率為 **60** 赫，電壓為 **110** 伏特。

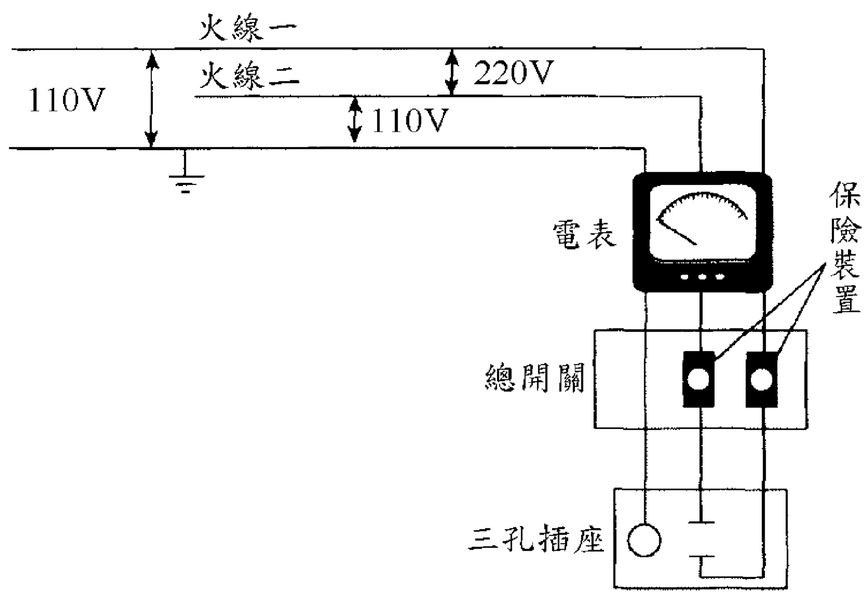
三、火線、中性線

電力公司利用電線將電能輸送到用戶端時，在用戶端的插座上分為兩線：一條為火線，另一條為中性線。

1. 火線：火線與地面間的電壓隨時間而變，時而高時而低，時而正時而負。由於火線與地面間的電壓經常不為零，因此不小心誤觸火線時，會有電擊的危險。

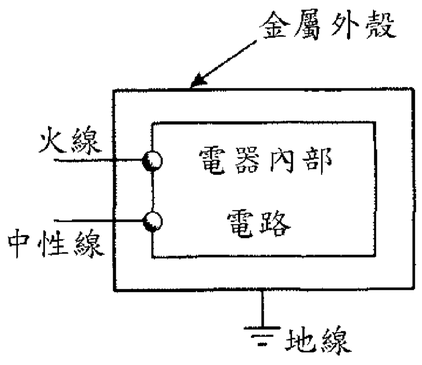
2. 中性線：中性線是插座上將電流由用戶端引回電廠的電線，該電線與地面間的電壓為零，因此若不慎碰觸中性線時，也不會有觸電的危險。





四、地線與保險裝置

1. 當電器發生漏電現象時(如導線鬆動、塑膠皮軟化破皮等現象)，若不能將電流先行導開，則碰觸時所發生的危險將是難以預料的。為避免受到家電用品漏電的傷害，應在電器內部(或外部)的金屬殼用導線接地，使多餘的電荷或電流導入廣大的地面，才不會發



生危險。

2.保險裝置：

為了避免不慎造成短路時的極大電流造成的傷害，通常會在總電源的火線處，加裝保險絲**(**或是斷路器**)**，它的主要用途在於電路上的電流異常增大時，保險裝置會自然熔斷**(**或跳開**)**，切斷整個電路，避免發生火災。

五、家用電器之規格認知：

※一般家庭用電，常附有規格說明。即使用電壓與正常使用之功率。

由公式　**P(**電功率**)＝I(**通入電器之電流**)×V(**電器使用之電壓**)**

※可知通入此電器之電流。我國一般家庭用電壓為 **110V(**也有電器如冷氣機使用電壓 **220V)**。若不照規格說明上之電壓使用時，過大之電壓會造成電器之損壞或使用壽命減短。過小之電壓則不能發揮應有之功能或功能降低。故使用進口電壓不符合之電器，必須經過變壓器之電壓轉換，才可安全使用。也有些精密電器甚至限制使用之電源之交流電的振盪頻率。我們家用交流電為 **60Hz(**即每秒來回 **60** 次或 **60** 周**/**秒**)**。

※家用冷暖氣機之排熱能力，習慣上採用英制，它 **1** 噸**(T)**代表每小時可處理 **8000BTU** 的熱量**(**每小時 **2000** 仟卡的熱量**)**。所謂 **1BTU** 表示使 **1** 磅純水升高 **1°F** 所須之熱量，相當於 **252cal**。家用電器均並聯使用。使用得愈多，總功率愈大。每個電器均符合 **P＝IV** 公式，其中 **V** 家用為 **110V** 或 **220V**。但使用公式 **P＝I^{2}R** 公式必須是熱效應。任何電器均有部分熱效應，而有能量之浪費。甚至有些電器之熱效應使用過久會造成電器之損害，故有散熱之裝置。如有些電源變壓器常塗黑色以利散熱，或電腦**(**電算機**)**內部有風扇裝置。

※媽媽帶小連去聽音樂會，他顯然對指揮很感興趣，眼睛跟著指揮棒，一會兒看看交響樂團、一會兒看看獨唱女高音，努力的要找出中間的關係。

最後他終於得到結論，轉頭問他媽媽說：「媽咪～中間那個叔叔為什麼一直拿棍子嚇那個阿姨？」

「沒有丫！你為什麼說那個叔叔嚇她？」

「那她為什麼一直尖叫？」

吳錫玠

※保險絲

【觀念&公式】
1.保險絲的成分：伍德氏合金(由鉛、錫、鎘、鉍合金)。
2.保險絲的特性：電阻略大，但熔點低，當電流過大時生熱多，溫度升高而熔斷成斷路，使電路中斷以保護電器。

例 31.使用「家庭電器」時，下列那一個敘述錯誤？(A)保險絲用銅線代替不易燒斷，故較安全 (B)一般使用直流電 (C)各電器串聯使用時較並聯使用時省電 (D)各電器並聯使用時，把電器數繼續增加，保險絲終會燒斷 (E)各電器串聯使用時，把電器數繼續增加，保險絲終會燒斷。答：(A)(B)(E)

類 1.下列有關保險絲之常識何者正確？ (A)保險絲之電阻較銅線大 (B)保險絲之熔點應較銅線低 (C)大電流之保險絲，其電阻較之小電流保險絲電阻小 (D)大電流之保險絲其截面直徑較小電流者粗 (E)保險絲的電阻應大於輸送電流之銅線的電阻。答：(A)(B)(C)(D)(E)

類 2.一條均勻的直電阻絲所標示規格 110V(伏特)，550W(瓦特)。把它切斷，成爲長度比爲 1：4 的兩段時，若將較長的一段同樣加以 110V 電壓，則下列敘述中，那個是正確的？ (A)功率變成 440W (B)電流爲 5A(安培) (C)將它和限額 6A 的保險絲串聯，則保險絲不致於被燒斷 (D)它看起來比原電阻絲加以 110V 電壓時更亮。【78 年夜大】答：(D)

類 3.使用家庭電器時，下列何者正確？(A)保險絲可以用銅線代替 (B)家庭一般使用直流電 (C)使用電線愈細愈安全 (D)把兩個電爐並聯使用比串聯使用時更省電 (E)把電爐並聯使用，若並聯的電爐繼續增加，則保險絲終會燒斷。答：(E)

類 4.下列有關保險絲之常識何者正確？ (A)保險絲之電阻較銅線大 (B)保險絲之熔點應較銅線低 (C)大電流之保險絲，其電阻較小電流之保險絲電阻小 (D)大電流之保險絲其截面直徑較小電流者粗 (E)保險絲的電阻應大於輸送電流之銅線的電阻。答：(A)(B)(C)(D)(E)

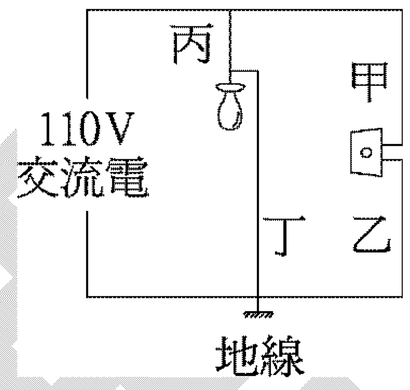
類 5.電路或電器中裝的保險絲，使用的材料要求符合 (A)電阻小但熔點低 (B)電阻小但熔點高 (C)電阻稍大，但熔點高 (D)電阻稍大，但熔點低。答：(D)

類 6.下列敘述何者正確？ (A)保險絲是鎳鉻絲的合金 (B)保險絲的材料熔點要高 (C)電熱器之發熱部份所用之材料，熔點要高 (D)每一種電器能負荷的電流都沒有限額 (E)保險絲熔點高不易熔化。答：(C)

※家庭電路

【觀念&公式】
1.家庭用電為交流電。
2.家用電器大多以並聯方式連接。
3.電器外殼接地以避免觸電。

例 32.如圖為家用 110 伏特交流電的線路圖，甲、乙為插座之接線，丙、丁為電燈之接線，乙和丁均與電壓為零之地線相接。下列有關此電路之敘述，何者正確？ (A)流經丙與丁之電流時大時小 (B)接線丙之電壓恆為 110 伏特 (C)接線乙與丁之電壓恆相等 (D)接線丙之電壓恆比丁高 (E)接線甲之電壓恆比乙高 (F)電流恆由丙流向丁。答：(A)(C)

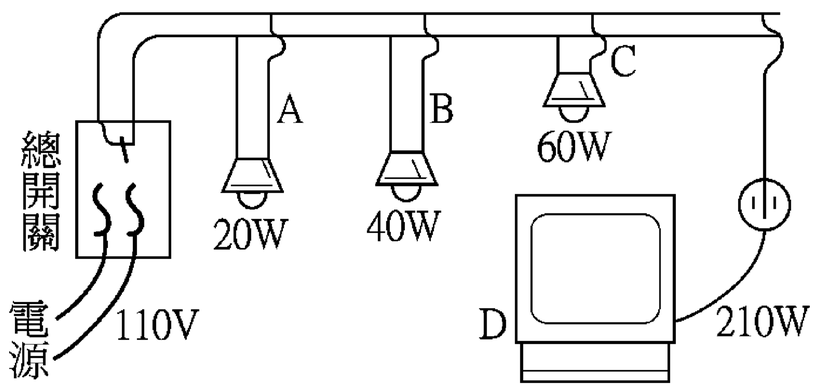


類 1.接地是 (A)變壓器的輸出兩端均與地面相接 (B)接地之一端電位爲零 (C)電器之金屬殼部分接地可以避免漏電造成觸電 (D)人碰到電器之漏電金屬殼時，若腳底爲絕緣鞋則不會觸電 (E)人碰觸接地的電器金屬殼時，人之電位與金屬殼相同。答：(B)(C)(D)(E)

類 2.下列電路的使用法中，不正確的是 (A)欲測量燈泡上的電壓時，將伏特計與燈泡串聯 (B)欲測量燈泡上的電流時，將安培計與燈泡串聯 (C)燈絲兩端無正負極之分。反過來接，效果相同 (D)保險絲燒斷後，可用粗銅線代替 (E)保險絲應與燈絲並聯。答：(A)(D)(E)

類 3.如圖中各電器均正常使用 110V 的電源。試求：

電　　器	A	B	C	D
時間（hr）	4	2	1	3



(1) 電器全開時，通過總開關的電流爲_____安培。
(2) 燈泡 A 之電阻爲_____歐姆。
(3) 若每天各電器平均使用時間如表，則一個月（30 天）共耗電_____度。
答：(1)3；(2)605；(3)25.5

類 4.在使用「家庭電器」時，將電燈、電爐和熨斗串聯使用，則可能發生的現象爲： (A)保險絲燒斷 (B)電燈亮度減弱 (C)熨斗過燙 (D)各電器間之電壓降低 (E)總電壓降低。答：(B)(D)

類 5.電力公司在你家所安裝的電度表，是用來測量什麼物理量？ (A)電能 (B)電功率 (C)電流強度 (D)端電壓。【85 大考中心題庫】答：(A)