

Instituto Politécnico

Universidad Nacional de Rosario Universidad Nacional de Rosario

Circuitos de Corriente Continua Física



40 AÑO

Cod. 7405-14

Oswaldo Godino
Silvana Marini
Alicia Oliva

Dpto. de Física

Masterización: RECURSOS PEDAGÓGICOS



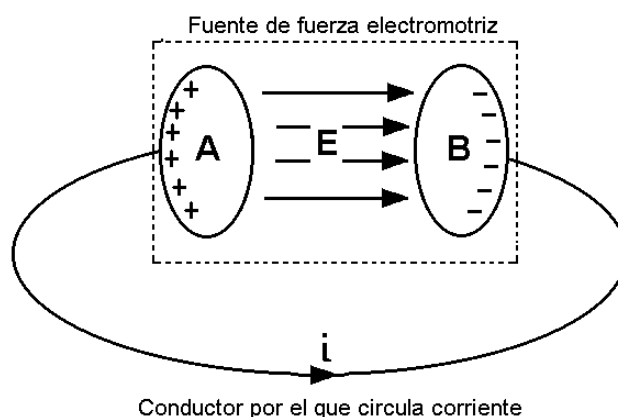
Capítulo 8: Circuitos de Corriente Continua

Introducción

Si algo tiene vital importancia en nuestra tecnología, ciertamente debe ser la electricidad, la que pasa por venas de conductores, conduciendo energía e información, recorriendo un sistema nervioso metálico, en forma parecida a como recorre el nuestro. El flujo ordenado de cargas se llama corriente eléctrica, sea que se hable de electrones impulsados por una batería a través de un conductor, o de protones lanzados al espacio por una estrella que estalla. Y las corrientes transportan energía, gran parte de la energía que “consumimos” es transportada en forma de electricidad, que llega cómodamente a los contactos de pared que hay por doquier y pasa a los refrigeradores, las video caseteras, las computadoras, etc.

Circuito de corriente continua

Para ejemplificar un circuito imaginemos dos cuerpos conductores A y B cargados con cargas positivas el primero y negativas el segundo. Si ambos cuerpos se conectan entre si por medio de un conductor la diferencia de potencial entre los cuerpos A y B hará que se establezca en el interior del conductor un campo eléctrico y en consecuencia que el exceso de cargas positivas del cuerpo A se desplace al B, este movimiento de cargas positivas por el conductor que une ambos cuerpos constituye la **circulación de la corriente eléctrica** o simplemente **corriente**.



En las condiciones que establecimos este experimento imaginario la duración de la corriente será muy breve ya que cuando se equilibren los potenciales entre los cuerpos A y B cesará el movimiento de cargas y con ello la circulación de corriente.

Si de algún modo se consigue trasladar cargas desde el cuerpo B al A en **contra de las fuerzas del campo** será posible mantener la circulación de corriente de manera continua. Los dispositivos que realizan esta función existen y se llaman **fuentes de fuerza electromotriz**.

La flecha indica el sentido convencional de la corriente, que siempre es de portadores positivos; aunque sabemos que en el caso de la conducción metálica, que se realiza por electrones libres el movimiento es en sentido contrario.

Fuentes de fuerza electromotriz

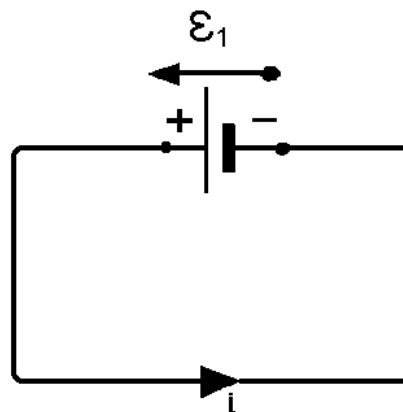
El proceso de trasladar cargas positivas desde el borne de menor potencial al de mayor potencial que significa realizar un trabajo contra las fuerzas del campo requiere una energía que debe ser provista al sistema por algún medio, por tal motivo las fuentes de

fuerza electromotriz o simplemente fem son **convertidores de energía** que convierten energía de cualquier tipo (mecánica, térmica, química, etc.) en energía eléctrica. Por el momento vamos a considerar las fuentes de fem que mantienen un valor constante de fem en sus bornes y se representan con dos barras paralelas.

El nombre de fuerza electromotriz obedece a razones históricas, cuando los conceptos de fuerza y de energía no se encontraban definidos como lo están actualmente, y puede inducir a confusiones ya estas fuentes pese a su nombre no proveen de fuerza sino de energía.

La fem se define como el trabajo por unidad de carga

$$\varepsilon = \frac{dw}{dq} \text{ y su unidad es el volt } [V] = \frac{[J]}{[C]}$$



Intensidad de Corriente

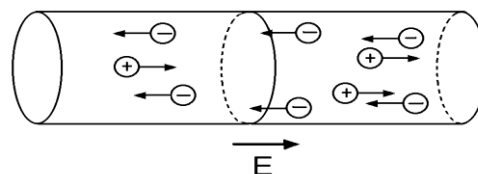
Un conductor es un cuerpo, en cuyo interior hay cargas libres que se mueven por las fuerzas ejercidas sobre ellas por un campo eléctrico.

Las cargas libres en un conductor metálico son electrones; en un electrolito, son los iones positivos y negativos y en un gas, en condiciones adecuadas (tubo fluorescente), son tanto los iones positivos y negativos como los electrones libres.

Para que circule una corriente permanente en un conductor, se deberá mantener continuamente un campo eléctrico, para lo cual será necesario que exista una diferencia de potencial entre los extremos de dicho conductor. Si el campo tiene siempre el mismo sentido, aunque pueda variar de intensidad, la corriente se denomina continua. Si en cambio, el campo se invierte periódicamente, el flujo de carga se invierte también, y la corriente se denomina alterna.

Como nuestro estudio se limitará a la corriente continua, los elementos eléctricos más conocidos que se utilizarán y que tienen la propiedad de mantener constantemente sus bornes a potenciales diferentes son: la pila seca, la batería de acumuladores y el generador de corriente continua o dínamo. Si los extremos de un hilo conductor se conectan a cualquiera de esos dispositivos, existirá un campo eléctrico y las cargas libres se pondrán en movimiento, desplazándose las positivas en el sentido del campo, y las negativas en el sentido opuesto, como se indica en la figura.

Conviene resaltar que las cargas libres en un conductor metálico son exclusivamente electrones pero en otros conductores como los electrolitos las cargas en movimiento



Corriente de portadores positivos y negativos por efecto de un campo



pueden ser tanto positivas como negativas por lo que la carga total que debe considerarse para evaluar la corriente circulante es la suma de cargas positivas y de negativas que atraviesa la sección considerada:

$$q_- + q_+ = q_t$$

La intensidad de la corriente media, se define, como la carga total que pasa por unidad de tiempo:

$$i = \frac{q_t}{t}$$

La unidad en el SI de la corriente es el ampere (A) $[A] = \frac{[C]}{[s]}$

También se utilizan, el miliampere ($1\text{mA} = 10^{-3} \text{ A}$) y el microampere ($1\mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$) y todos los otros múltiplos y submúltiplos que admite el Sistema Internacional (SI)

Cuando la diferencia de potencial entre los extremos de un conductor, no permanece constante a lo largo del tiempo, varía la cantidad de carga que circula por el conductor y consecuentemente la intensidad de la corriente en cada instante será:

$$i_{(t)} = \frac{dq}{dt}$$

El sentido de la corriente, no puede definirse como el sentido del movimiento de las cargas libres, porque según lo visto, en los conductores electrolíticos y gaseosos están en movimiento en sentidos opuestos, cargas libres de ambos signos. Por lo tanto, se establece como sentido convencional de la corriente eléctrica el sentido de movimiento de las cargas positivas.

La intensidad de la corriente en un conductor puede expresarse en función de la velocidad del movimiento de las cargas.

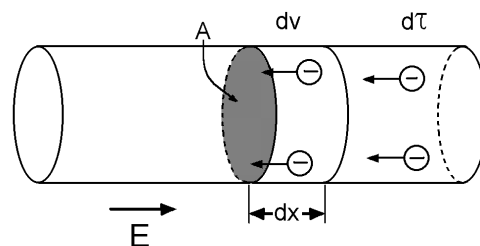
Consideremos un conductor uniforme de área de sección transversal A, como muestra la figura.

Los portadores de carga se mueven con una velocidad v, y la distancia que recorren en un tiempo dt está dado por: $dx = v \cdot dt$. El número de portadores de carga móviles en la sección de longitud dx, está dado por: $n \cdot A \cdot v \cdot dt$, donde n es el número de portadores de carga móviles por unidad de volumen.

$$dq = n \cdot q \cdot dV \quad \text{y} \quad v = \frac{dx}{dt} \Rightarrow dx = v \cdot dt$$

$$dq = n \cdot q \cdot A \cdot dx = n \cdot q \cdot A \cdot v \cdot dt$$

$$i = \frac{dq}{dt} = n \cdot A \cdot v \cdot q$$



Cantidad de portadores negativos contenidos en un volumen dV



Ejemplificación del modelo de electrón libre desplazándose

la velocidad de los portadores de carga v , es en realidad una velocidad promedio conocida como la velocidad de arrastre. Para entender su significado, consideremos un conductor en el cual los portadores de carga son electrones libres. Si el conductor está aislado estos electrones experimentan movimiento aleatorio similar al de las moléculas de un gas. Cuando una diferencia de potencial se aplica a través del conductor (digamos por medio de una batería), se establece un campo eléctrico en el conductor y este campo crea una fuerza eléctrica sobre los electrones y en consecuencia, una corriente. En realidad los electrones no se mueven en líneas rectas a lo largo del conductor. En lugar de eso, experimentan repetidos choques con los átomos del metal y el resultado es un complicado movimiento de zigzag como se puede ver representado en la figura 3. La energía transferida de los electrones a los átomos del metal durante los choques origina un aumento en la energía vibratoria de los átomos y un correspondiente incremento en la temperatura del conductor. Sin embargo, a pesar de los choques, los electrones se mueven lentamente a lo largo del conductor (en una dirección opuesta a E), a la velocidad de arrastre v . El trabajo realizado por las fuerzas del campo sobre los electrones supera la pérdida de energía promedio debida a los choques, y esto brinda una corriente estable.

Resistividad –Resistencia- Ley de Ohm

La intensidad de la corriente en los conductores en general, depende de la intensidad del campo eléctrico. En la mayoría de los metales puros, la intensidad de corriente es directamente proporcional a la intensidad del campo. Se puede definir una propiedad del material llamada resistividad (ρ).

$$\rho = \frac{E}{\frac{i}{A}} \quad \text{ecuación 4}$$

La resistividad de una sustancia es una constante (para cada temperatura), y existen tablas de valores para obtenerlas.

De la definición de resistividad, resulta evidente que las sustancias que poseen grandes resistividades son malos conductores o buenos aisladores, y las de resistividades pequeñas, son buenos conductores. No existe aislador perfecto ($\rho=\infty$), ni un conductor perfecto ($\rho=0$), sólo hay materiales que tiene alta resistividad y se los usa como aisladores y baja resistividad que se los usa como conductores.

La resistividad de los conductores metálicos varía con la temperatura según la siguiente expresión:

$$\rho = \rho_t (1 + \alpha \Delta t). \quad \text{ecuación 5}$$

Donde: ρ_t resistividad a la temperatura de referencia t °C (generalmente 20 °C)

α :coeficiente de variación de la resistividad con la temperatura, para cada sustancia.

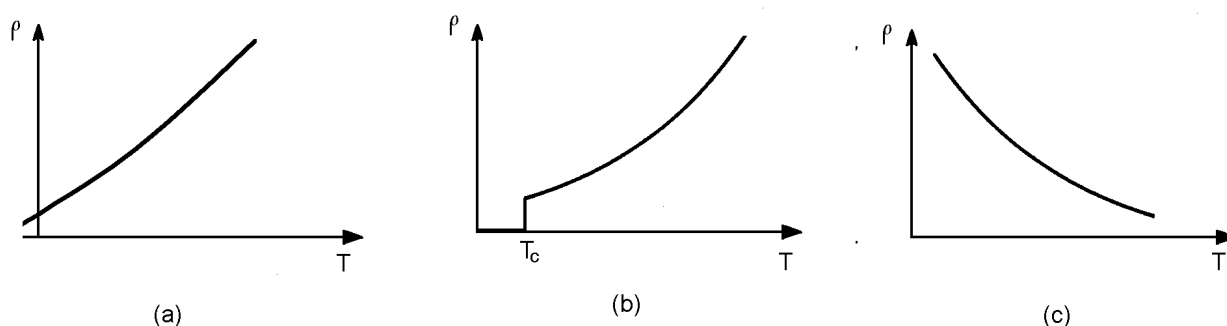
Δt : variación de temperatura que experimente al conductor.



En general los buenos conductores eléctricos, como los metales, son también buenos conductores del calor, mientras que los malos conductores eléctricos, como los materiales cerámicos y plásticos, son malos conductores térmicos aunque en la actualidad se han diseñado materiales plásticos que son buenos conductores eléctricos.

La resistividad de los conductores metálicos aumenta al elevarse la temperatura como se ve en la figura a.

Se han encontrado varios materiales que presentan la propiedad llamada superconductividad (ejemplo: mercurio, algunos cerámicos). Al descender la temperatura, la resistividad disminuye al principio regularmente como la de cualquier metal; hasta la llamada temperatura crítica (entre 0,1 K y 80 K dependiendo de los materiales), luego la resistividad desciende súbitamente a cero (figura 5b).



Variación de la resistividad de los materiales con la temperatura. En los conductores (a) el comportamiento es aproximadamente lineal, en los superconductores (b) cae bruscamente al alcanzar la temperatura crítica y en los semiconductores decae bruscamente al aumentar la temperatura.

Resistividad, conductividad y variación de la resistividad con la temperatura (a 20°C)

Material	Resistividad ρ [$\Omega \text{ m}$]	Conductividad σ [(Ωm) ⁻¹]	Coefficiente de variación de la resistividad con la temperatura [$^{\circ}\text{C}^{-1}$]
Conductores			
Elementos			
Aluminio	2.82×10^{-8}	3.55×10^7	0.0039
Plata	1.59×10^{-8}	3.29×10^7	0.0038
Cobre	1.72×10^{-8}	5.81×10^7	0.0039
Hierro	10.0×10^{-8}	1.0×10^7	0.0050
Tungsteno	5.6×10^{-8}	1.8×10^7	0.0045
Platino	10.6×10^{-8}	1.0×10^7	0.0039

Aleaciones

Nicromo	100×10^{-8}	0.1×10^7	0.0004
Manganina	44×10^{-8}	0.23×10^7	0.00001
Latón	7×10^{-8}	1.4×10^7	0.002

Semiconductores

Carbón (grafito)	3.5×10^{-5}	2.9×10^4	-0.005
Germanio (puro)	0.46	2.2	-0.048
Silicio (puro)	640	1.6×10^{-3}	-0.075

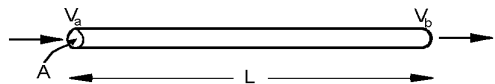
Aisladores

		3.55×10^7	
Vidrio	10^{10} a 10^{14}	10^{-14} a 10^{-10}	
Neopreno	10^9	10^{-9}	
Teflon	10^{14}	10^{-14}	

Los semiconductores (ejemplo: carbono, germanio, silicio) forman un grupo intermedio entre los metales y los aisladores, su importancia no se debe a sus resistividades, sino al modo como quedan afectadas éstas por la temperatura y por pequeñas cantidades de impurezas. La resistividad de un semiconductor disminuye rápidamente al elevar la temperatura (figura c).

En función de la resistividad, podemos definir la conductividad eléctrica (σ) de una sustancia, como la inversa de la resistividad.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad \text{ecuación 6}$$



Sean ahora V_a y V_b los potenciales en dos puntos de un conductor, separados una distancia L (figura); podemos escribir:

$E = \frac{V_a - V_b}{L}$, reemplazando este valor en la **ecuación 4**, tenemos:

$$\rho = \frac{V_a - V_b}{L \cdot i / A} \quad \text{ecuación 7}$$

Despejando i , de la **ecuación 7**

$$i = \frac{V_a - V_b}{\rho \cdot L / A}$$



La magnitud $\rho \cdot L/A$ se denomina resistencia (R) del conductor:

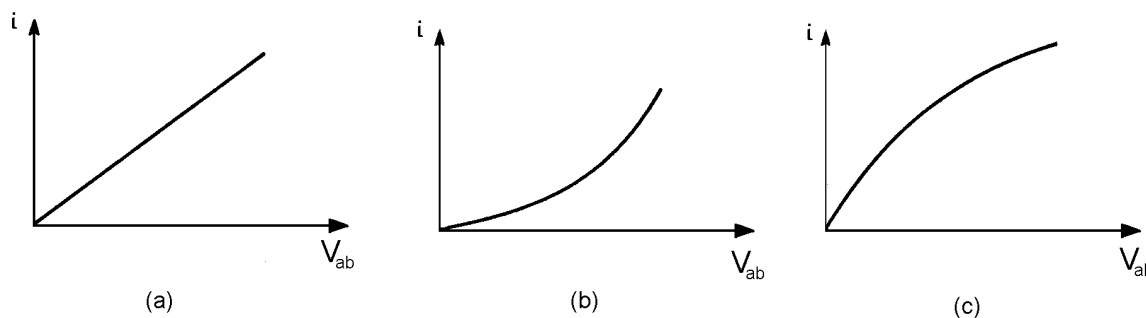
$$R = \frac{\rho \cdot L}{A} \quad \text{ecuación 8}$$

Por lo tanto reemplazando la **ecuación 8** en la **ecuación 7**

$$i = \frac{V_a - V_b}{R}, \text{ o bien } V_a - V_b = V_{ab}$$

$$i = \frac{V_{ab}}{R}$$

Esta proporcionalidad directa entre la intensidad de la corriente en un conductor metálico (lineal) y la diferencia de potencial entre sus extremos se conoce con el nombre de **Ley de Ohm**.



Comportamiento de los distintos conductores

Para un conductor de tipo metálico, R es constante (figura a), en cambio los conductores no lineales no obedecen a la Ley de Ohm (en la figura b la resistencia disminuye con V_{ab} y en la figura c aumenta).

Unidades

$$R = \frac{\text{volt}}{\text{ampere}} = \frac{V}{A} = \Omega \text{ (ohm)}$$

La resistencia de un conductor es un ohmio, si la d.d.p. entre sus extremos es un voltio cuando circula un amper. Otros múltiplos y submúltiplos utilizados son el mega ohm ($1M\Omega = 10^6 \Omega$) y el micro ohm ($1\mu\Omega = 10^{-6} \Omega$) y todos los otros múltiplos y submúltiplos admitidos por el SI.

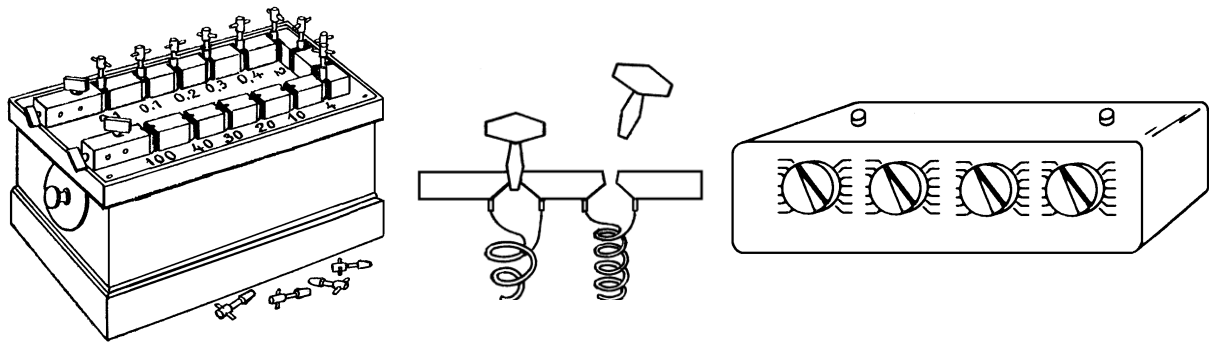
Como la resistencia R de un conductor dado es directamente proporcional a su resistividad; tenemos:

$$R = R_t (1 + \alpha \Delta t) \quad \text{ecuación 10}$$

Con R_t : resistencia del conductor a la temperatura de referencia $t \text{ } ^\circ\text{C}$

Resistencia patrón

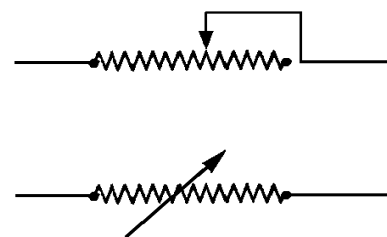
Se llaman resistencias patrones a aquellas que el fabricante garantiza su valor con muy pequeño error. Están construidas en general de hilo de manganina (aleación de pequeña variación resistividad con la temperatura), montada en una caja metálica en la que circula aceite, para mantener la temperatura constante; en el exterior posee gruesos bornes para asegurar una muy buena conexión. Se disponen además, para uso en los laboratorios, cajas de resistencias cuyos valores asegura el fabricante que se encuentran dentro de ciertos valores de incerteza. En general son de dos tipos, a clavijas que permiten seleccionar el valor de la resistencia deseada quitando clavijas o, las más modernas, con llaves selectoras rotativas.



Caja de resistencia a clavijas con detalle de la forma de conexión de las clavijas y caja de resistencias de llaves selectoras rotativas

Reóstato

Llamamos reóstato a una resistencia variable entre dos extremos, puede construirse arrollando un hilo metálico sobre un tubo de porcelana, con una conexión fija en uno de los extremos y un contacto deslizante. La diferencia entre los reóstatos y las cajas de resistencias está en que mientras en los primeros la variación de resistencia es continua en las cajas de resistencias la variación es discontinua y se pueden elegir los valores de con valores de resistencia deseados dentro de la incerteza asegurada por el fabricante,

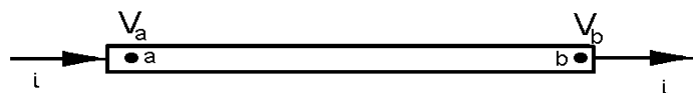


Representación de las resistencias variables o reóstatos



Ley de Joule

Si consideramos un trozo de un circuito, como el de la figura 9, podemos deducir la cantidad de calor desarrollada por el conductor, cuando por el mismo circula una corriente.



Disipación de calor en una resistencia

Esta cantidad de calor será equivalente al trabajo realizado por las cargas eléctricas, dado que desde **a** hasta **b** ha habido un transporte de carga **dq** desde un potencial **V_a** hasta uno **V_b**.

$$dW = dq(V_a - V_b) = i V_{ab} dt$$

Luego, la potencia suministrada al circuito, depende de la diferencia de potencial V_{ab} y de la intensidad de corriente i .

$$P = \frac{dw}{dt} = iV_{ab} \frac{dt}{dt} \Rightarrow P = iV_{ab} \quad \text{ecuación 11}$$

Unidad de $[P] = W$ (Watts)

Para el caso particular en el que el circuito comprendido entre a y b es una resistencia; toda la energía suministrada al circuito se convierte en calor y la diferencia de potencial está dada por:

$$V_{ab} = i R \text{ (Ley de Ohm)}$$

En consecuencia: $P = i V_{ab} \Rightarrow P = i^2 R$

$$P = i^2 R \quad \text{ecuación 12}$$

La ecuación 12 es la expresión matemática de la ley de Joule, que no es una ley general, sino particular de aquellos materiales que cumplen con la ley de Ohm.

Una sustancia que obedece la ley de Ohm, satisface necesariamente la ley de Joule; y éstas dos leyes no son independientes. Para hacer más evidente que en este caso la energía se disipa en forma de calor, se puede expresar la potencia, como:

$$P = \frac{dQ}{dt} = i^2 R$$

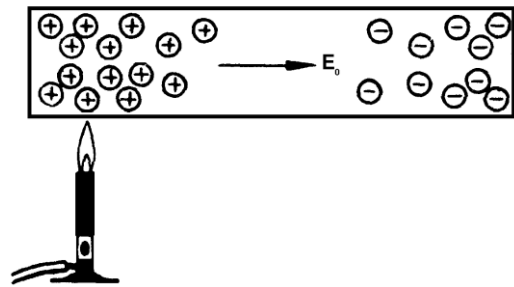
donde dQ es la cantidad de calor producida en el intervalo de tiempo dt

Fenómenos termoeléctricos

Ya se vio que la circulación de corriente produce una elevación de temperatura en la resistencia por transformación de energía eléctrica en térmica, pero no es el único fenómeno que asocia los fenómenos eléctricos y los térmicos, se observan otros fenómenos que se describen a continuación.

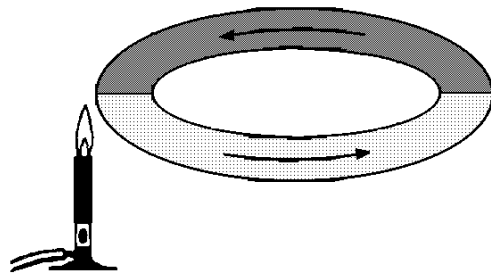
Efecto Thompson o termoeléctrico

Cuando se exponen los extremos de una barra metálica distintas temperaturas aparece en sus extremos una diferencia de potencial. Se trata de un fenómeno complejo y sólo explicable por la mecánica cuántica ya que en algunos metales el borne positivo es el más frío y en otros lo es borne negativo.



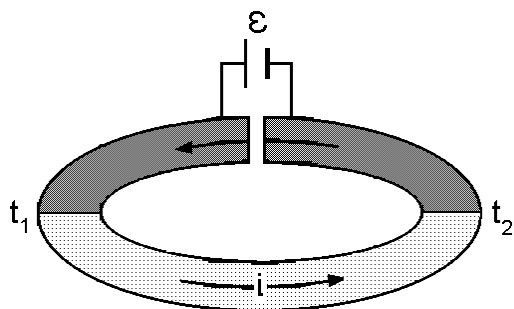
Efecto Seebeck

Este efecto se aprecia cuando a un sistema formado por dos metales diferentes puestos en contacto por los extremos se aplica una diferencia de temperatura. Entre ellos aparece una fuerza electromotriz que hace circular una corriente que se mantiene mientras se mantenga la diferencia de temperatura. Este fenómeno es ampliamente aprovechado para medir temperaturas.



Efecto Peltier

Es el fenómeno opuesto al anterior, si se hace circular una corriente por un sistema constituido por dos metales diferentes unidos por los extremos aparece una diferencia de temperatura en los extremos. Tecnológicamente este efecto se aprovecha para construir refrigeradores de estado sólido aplicables en aquellos lugares donde no es conveniente que existan piezas móviles, por otra parte aunque estos dispositivos por el momento son más caros que los refrigeradores convencionales de compresión y expansión de gases tienen la ventaja que su larga duración justamente por la falta de piezas móviles.





Circuitos eléctricos

Este circuito consiste en una resistencia R , conectada a un generador de resistencia interna r , por medio de hilos conductores cuya resistencia interna se considera despreciable. A la fuerza electromotriz desarrollada por el generador se le asigna el sentido de negativo a positivo. Si llamamos i a la intensidad de corriente que circula por el circuito; las cantidades de energía desarrollada en el mismo serán: la resistencia R disipa una cantidad de calor igual a $R \cdot i^2$, la resistencia interna del generador también disipa calor en una cantidad $r i^2$.

La suma de estas cantidades ($R i^2 + r i^2$) es equivalente, por aplicación del principio de conservación de la energía, a la energía que ha suministrado el generador, entonces:

$$\mathcal{E} \cdot i = R i^2 + r i^2 = (R + r) i^2$$

de donde

$$i = \mathcal{E} / (R + r) \quad \text{ecuación 14}$$

generalizando

$$i = \Sigma \mathcal{E} / \Sigma R.$$

esta expresión se denomina ecuación del circuito. Pero la fem es

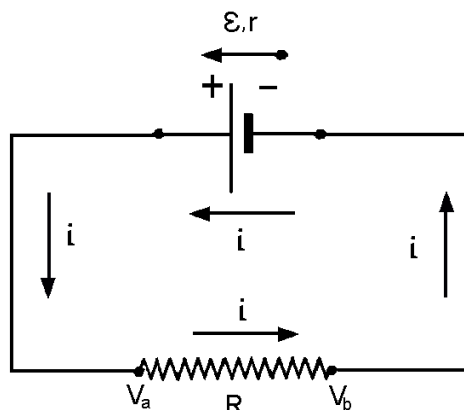
$$\mathcal{E} = \frac{dW}{dq} = \frac{dW}{i \cdot dt} \Rightarrow \frac{dW}{dt} = \mathcal{E} \cdot i \quad \text{por lo tanto } P = \frac{dW}{dt} = \mathcal{E} \cdot i$$

Diferencia de potencial entre puntos de un circuito

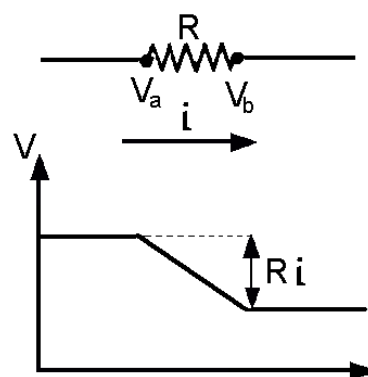
a) Si se recorre una resistencia en el sentido de la corriente el cambio de potencial es $-iR$, el signo menos indica que necesariamente el borne por donde entra la corriente a la resistencia tiene un potencial mayor que el borne por donde sale la corriente ya que los portadores de carga positiva se mueven por sí mismos del potencial más alto al potencial más bajo. Si se recorre en sentido contrario la variación de potencial es $V=i \cdot R$

$$V_a - R \cdot i = V_b$$

$$V_{ab} = V_a - V_b = R \cdot i$$



Circuito eléctrico constituido por una resistencia y una fuente



Capítulo VIII: Circuitos de Corriente Continua

Física II

b) Si se recorre una fuente de fem en el sentido de la fem, la variación del potencial es $+\mathcal{E}$, debido a que la batería realiza un trabajo positivo sobre los portadores de carga, lo que quiere decir que los mueve de un punto de bajo potencial a uno de potencial más elevado.

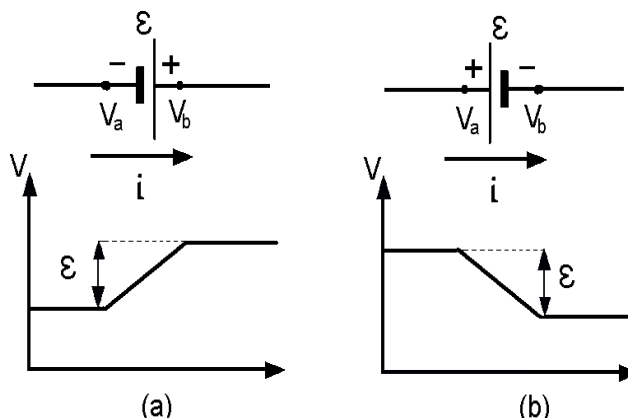
$$V_a + \mathcal{E} = V_b$$

$$V_{ab} = V_a - V_b = -\mathcal{E}$$

Si se atraviesa en sentido contrario tenemos:

$$V_a - \mathcal{E} = V_b$$

$$V_{ab} = V_a - V_b = \mathcal{E}$$



Ejemplos de aumento o caída de potencial según sea la circulación de corriente y la orientación de la fuente

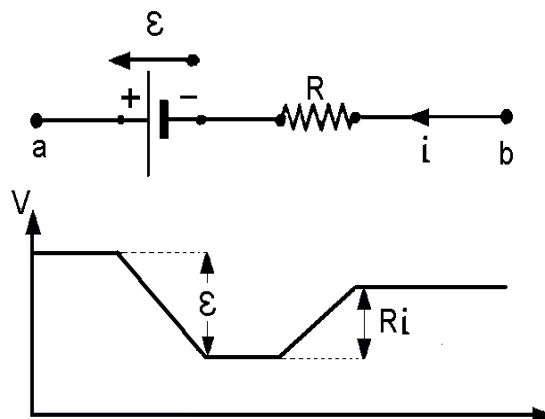
c) Analicemos ahora el siguiente circuito compuesto de una fuente con una resistencia interna r , esto es, una fuente de fem capaz de suministrar energía. Si recorremos el circuito desde b hasta a

$$V_b - r i + \mathcal{E} = V_a$$

$$V_{ab} = V_a - V_b = \mathcal{E} - r.i$$

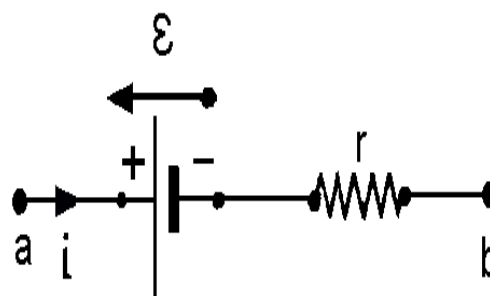
Como se puede observar la diferencia de potencial entre los terminales de una batería V_{ab} es menor que el valor de la fem

\mathcal{E} (en este caso en que la corriente y la fem tienen igual sentido), a menos que la batería no tenga resistencia interna ($r=0$), o bien que se encuentre el circuito abierto ($R = \infty$)





d) Queda para el lector encontrar la diferencia de potencial en los bornes de una fuente con resistencia interna r , cuando circula por ella una corriente que tiene sentido contrario al sentido de la fem. En esta situación, la fuerza se llama contraelectromotriz y el ejemplo es el comportamiento motor que consume energía o también como una batería cargándose.

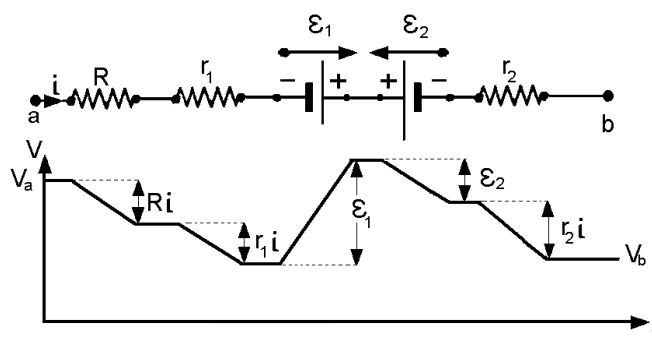


Rama de un de un circuito donde una fuente está conectada en oposición a la corriente circulante dando lugar a una fuerza contra electromotriz.

$$V_a - \mathcal{E} - r i = V_b$$

$$V_{ab} = V_a - V_b = \mathcal{E} + r.i$$

e) Analicemos ahora el siguiente tramo de circuito:



Tramo de circuito en el que existen fuentes en oposición

$$V_a - Ri - r_1 i + \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 - r_2 i = V_b$$

$$V_{ab} = V_a - V_b = Ri + r_1 i + r_2 i - \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2$$

$$V_{ab} = V_a - V_b = i(R + r_1 + r_2) - (\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2)$$

$$V_{ab} = V_a - V_b = \sum R i - \sum \mathcal{E}$$

Si cerramos la porción del circuito uniendo a con b, resultará $V_{ab} = 0$ por lo tanto

$$0 = \sum R i - \sum \mathcal{E}$$

$$i = \frac{\sum \mathcal{E}}{\sum R}$$

llegamos a la ecuación 14

Resistencias en serie y en paralelo

Conexión en serie: dadas R_1, R_2, R_3 ; se dice que están conectadas en serie si ofrecen a la corriente un recorrido único entre los puntos inicial a y final b como muestra la figura 16.

$$V_{ad} = V_{ab} + V_{bc} + V_{cd}$$

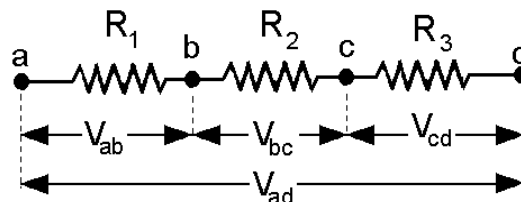
Si R_{eq} es la resistencia equivalente a R_1, R_2 y R_3 como la corriente que circula por las resistencias es la misma se debe cumplir que

$$R_{eq} i = R_1 i + R_2 i + R_3 i$$

Cancelando las i tenemos:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \quad \text{ecuación 17}$$

Como conclusión podemos observar, que la resistencia equivalente obtenida de una conexión en serie es mayor que cada una de las resistencias dadas.



Resistencias en serie. La misma corriente circula por todas las resistencias.

Conexión en paralelo:

En la figura se observa que el nudo llega la corriente i y salen i_1, i_2, i_3 . y por el principio de conservación de la carga se cumple que

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

que es la primera ley de Kirchoff

De la ley de Ohm se tiene que

$$i = \frac{V}{R} = \frac{V_{ab}}{R_{eq}} = \frac{V_{ab}}{R_1} + \frac{V_{ab}}{R_2} + \frac{V_{ab}}{R_3}; \text{ por lo que}$$

simplificando se obtiene

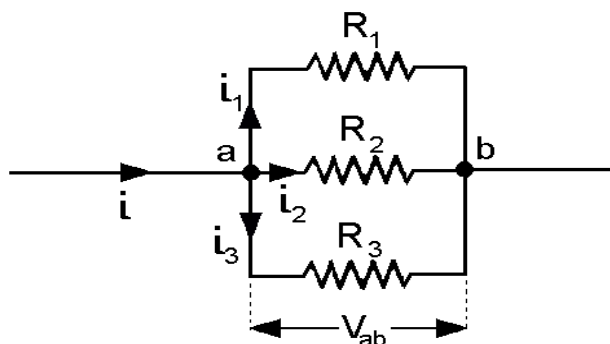
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

ecuación 18

Podemos concluir que la resistencia equivalente obtenida de una conexión en paralelo, es menor que cada una de las resistencias dadas.

Instrumentos de medición

Cualquier dispositivo que se emplee para detectar una corriente eléctrica se llama galvanómetro. Su funcionamiento se verá mas adelante, cuando se tengan conocimientos de magnetismo. A partir de este instrumento se pueden construir el Amperímetro, el voltímetro y el óhmetro.



Resistencias en paralelo, todas las resistencias están a la misma diferencia de potencial V_{ab}

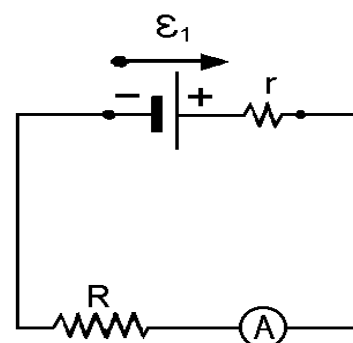


Amperímetro

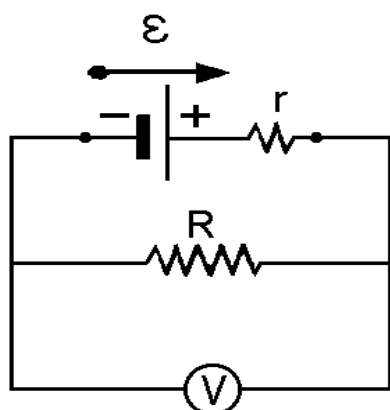
Un amperímetro es un dispositivo que mediante escalas calibradas proporciona una indicación de la corriente eléctrica (i) sin alterarla apreciablemente.

Como el amperímetro debe conectarse en serie con la porción del circuito a través del cual debe medirse la corriente, su resistencia interna debe ser muy pequeña para no modificar considerablemente el resultado de la medición. Es decir, la corriente que desea medirse, circula a través del instrumento.

Para medir la corriente que circula por la resistencia R el amperímetro se coloca en serie con ella



Conexión de amperímetro



Conexión de voltímetro para la medición de una ddp

Voltímetro

Un voltímetro es un instrumento que sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito. Para medir esa diferencia de potencial, el instrumento debe conectarse en paralelo con dicha porción del circuito y debe poseer una resistencia interna grande, de modo que la corriente no se derive por el instrumento.

Cuando es necesario medir la caída de tensión entre los extremos de una resistencia se debe colocar un voltímetro en paralelo con ella como se muestra en la figura 19

Medición de resistencias

De acuerdo a lo visto anteriormente, el valor de la resistencia eléctrica puede calcularse de acuerdo a la ecuación 9, si se conocen los valores de la diferencia de potencial en sus bornes (V_{ab}) y la corriente que circula en ese instante por la resistencia (i),

$$R = \frac{V_{ab}}{i}$$

Los valores de V e i se determinan respectivamente con un voltímetro y un amperímetro. Los voltímetros que se intercalan en paralelo son instrumentos de altas resistencias (del orden de $10.000 / 100.000 \Omega$); los amperímetros se colocan en serie con la resistencia a medir y son instrumentos de bajas resistencias (del orden de $0,01 / 0,001 \Omega$). El agregado de estos instrumentos de medida modifica las condiciones del circuito, las que se deberán tener en cuenta para la determinación de una resistencia incógnita R_x

Cabe la posibilidad de dos montajes:

a) En la figura el amperímetro A, señala correctamente la intensidad i que pasa por la resistencia R , sin embargo, el voltímetro V indica la suma de la diferencia de potencial V_{ab} a través de la resistencia y de la diferencia de potencial V_{bc} a través del amperímetro. Para calcular R se procede de la siguiente manera:

El valor de resistencia es

$$R_x = \frac{V_{ab}}{i}$$

pero con los valores leídos en los instrumentos, tendremos un valor de la resistencia que denominaremos R_{med} (valor obtenido por las mediciones)

$$R_{med} = \frac{V_{ac}}{i} = \frac{V_{ab} + V_{bc}}{i} = R_x + R_A \approx R_x$$

donde, si R_x es un valor grande frente a R_A , este puede despreciarse frente a aquel, por lo tanto si este montaje se utiliza para medir resistencias de valores grandes, el error producido será mínimo.

b) Si en el esquema anterior trasladamos la posición del borne del voltímetro de c a b, como en la figura, este señalará correctamente la diferencia de potencial V_{ab} , pero el amperímetro indicará ahora la suma de la intensidad i_x que pasa por la resistencia y de la intensidad i_v que circula por el voltímetro, así para calcular R_x :

El valor de la resistencia es $R_x = \frac{V_{ab}}{i_R}$

y el valor de la resistencia que se obtiene con las lecturas en los instrumentos es:

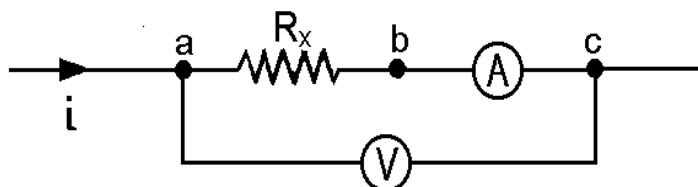
$$R_{med} = \frac{V_{ab}}{i} = \frac{V_{ab}}{i_R + i_v}$$

$$\frac{1}{R_{med}} = \frac{i_R + i_v}{V_{ab}} = \frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_v}$$

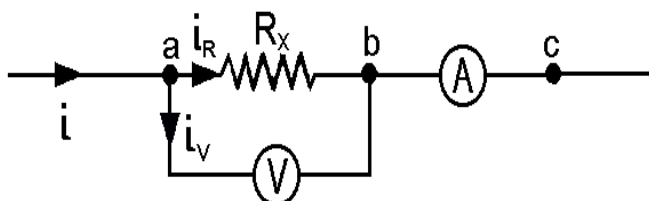
por lo tanto

$$R_{med} = \frac{R_x R_v}{R_x + R_v} \approx R_x$$

donde, si R_x es un valor pequeño frente a R_v se puede despreciar en el denominador de esta última ecuación. Pudiendo luego simplificarse R_v en el numerador y denominador. Por lo tanto, si este montaje se utiliza para medir resistencias de valores pequeños, el error producido será mínimo.



Medición de resistencia con amperímetro y voltímetro en la variante llamada "conexión larga"



Medición de resistencia con amperímetro y voltímetro en la variante llamada "conexión corta"



Ohmetro

Un óhmetro u ohmímetro es un instrumento para medir resistencias. Para determinar su valor es necesario que a través de ella circule una intensidad de corriente para lo cual el instrumento debe estar provisto de una pila o batería que suministre dicha intensidad.

La resistencia a medir se conecta en paralelo con el instrumento. La escala puede calibrarse en función de la R medida desde 0, a fondo de escala, hasta una resistencia infinita a desviación cero.

Puesto que la calibración de la escala no es lineal y depende de la constancia de la fem de la pila o batería, el óhmetro no es un instrumento de alta precisión.

Puente de Wheatstone

Se utiliza para efectuar medidas rápidas y precisas de resistencias desconocidas. En la figura R_1 , R_2 y R_3 , son resistencias variables previamente calibradas cuyos valores son conocidos y R_x , representa la resistencia desconocida cuyo valor se quiere determinar.

La rama que une los puntos b y c tiene un galvanómetro indicado con la letra G que es un instrumento muy sensible que indica pequeñas circulaciones de corriente eléctrica en uno u otro sentido. Los interruptores K_1 , y K_2 , se colocan para evitar la circulación de corriente (K_1) y proteger el instrumento (K_2).

Al iniciar el proceso de medición se cierran los interruptores K_1 y K_2 se modifican los valores de las resistencias variables R_1 , R_2 y R_3 , hasta que el instrumento no indica G desviación. Si no circula corriente entre los puntos b y c significa que se encuentran al mismo potencial, o sea $V_{ab} = V_{ac}$ y $V_{bd} = V_{cd}$, y la corriente por las ramas ab y bd es i_1 y en las ramas ac y cd es i_2 en consecuencia resulta

$$i_1 R_1 = i_2 R_2$$

$$i_1 R_3 = i_2 R_x$$

Dividiendo ambas ecuaciones miembro a miembro y despejando R_x queda

$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

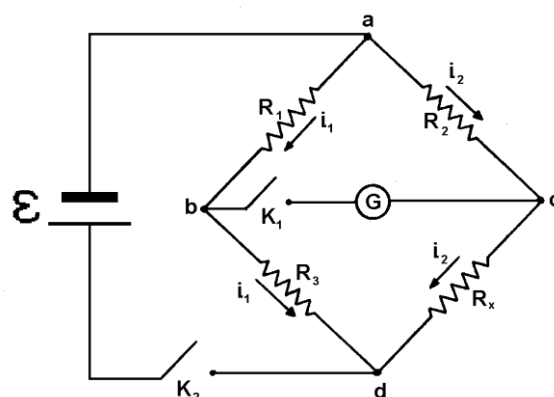


Diagrama del puente de Wheatstone

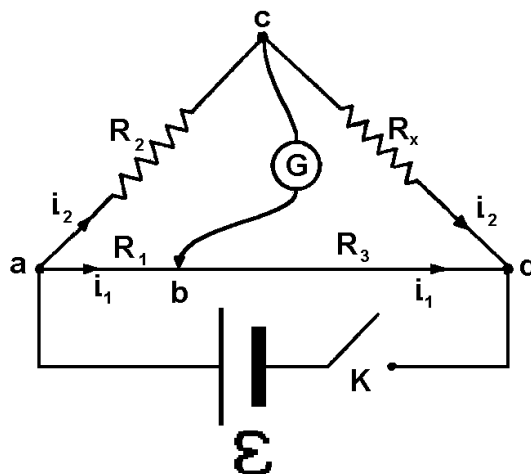
Puente de Hilo

El puente de hilo es una variante del puente de Wheatstone donde se reemplazan dos de las resistencias variables por un alambre metálico de sección uniforme sujeto a un bastidor con escala métrica calibrada mientras se mantiene la tercera resistencia variable, puede ser una caja de resistencias patrón tipo

Capítulo VIII: Circuitos de Corriente Continua

Física II

Las resistencias R_1 y R_3 son ahora tramos del alambre de y como la resistencia de cada tramo del alambre es directamente proporcional a su longitud la resistencia R_x es equivalente a la razón de las longitudes correspondientes.



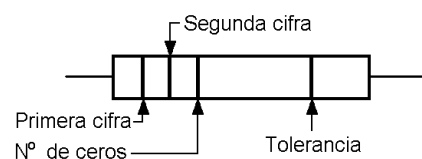
Si indicamos con L_1 y L_2 a los segmentos ab y bd , la resistencia desconocida R_x puede encontrarse como

$$R_x = \frac{L_2 R_2}{L_1}$$

Código de colores

Existen en el mercado resistencias eléctricas muy económicas, ya que en general están construidas sobre la base de compuestos de carbón como son muy pequeñas en lugar de escribir sobre ellas los valores de resistencia y la tolerancia de fabricación de modo directo se lo hace a través de un código de colores.

Color	Primera cifra	Segunda cifra	Nº de ceros	Tolerancia %
Negro	0	0	10^0	
Marrón	1	1	10^1	
Rojo	2	2	10^2	
Naranja	3	3	10^3	
Amarillo	4	4	10^4	
Verde	5	5	10^5	
Azul	6	6	10^6	
Violeta	7	7	10^7	
Gris	8	8	10^8	
Blanco	9	9	10^9	
Dorado				5
Plateado				10
Sin color				0

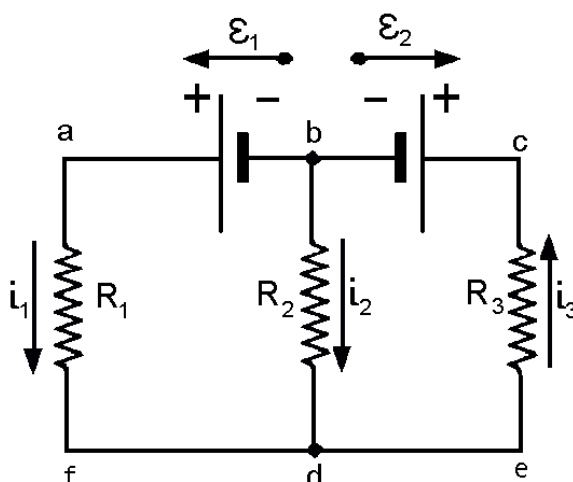




Redes

La mayoría de los circuitos eléctricos están compuestos por varias fuentes de f.e.m. resistencias, capacitores, motores, etc; a estos circuitos los llamamos red.

En la figura se muestra una red eléctrica. Se identifican en ella las partes de una red o circuito



Nudos, son aquellas partes del circuito al que llegan tres o más conductores. En el caso de la figura sólo hay dos y están identificados con las letras b y d

Ramas, son las partes de la red o circuito que unen los nudos, en nuestro caso hay tres que son bafd, bd y bced

Malla, están constituidas por cualquier recorrido cerrado en nuestro caso hay tres y son: abdfa, bcedb y acefa

Leyes de Kirchoff

Estas leyes son dos y no son más que los principios de conservación de la carga y de la energía aplicada a los circuitos lineales pasivos.

Primera Ley

En cualquier punto de la red la cantidad de cargas que llegan a un punto es igual a la que sale. Esto significa que en estos circuitos no se acumulan cargas en ningún punto. Matemáticamente se expresa como

$$\sum i = 0$$

Los circuitos no lineales no cumplen con esta condición por lo que a ellos no se podrán aplicar estas leyes, un caso ya visto es el de circuitos con capacitores, ya que estos pueden acumular cargas en un tramo del mismo. Esencialmente esta ley no es otra cosa que la aplicación del principio de conservación de la carga.

Segunda Ley

Es la aplicación del principio de conservación de la energía ya que expresa que toda la energía provista por las fuentes, y sólo esa, es la que se consume en el circuito y se expresa matemáticamente: la suma algebraica de las f.e.m. en una malla cualquiera de una red es igual a la suma algebraica de las caídas de potencial los productos en la misma malla.

$$\sum \mathcal{E} = \sum R_i$$

Procedimiento para aplicar las leyes de Kirchoff

Las leyes de Kirchoff son útiles para resolver circuitos de cierta complejidad, para ello es conveniente seguir los pasos del procedimiento que sistematizan el proceso

Paso uno

Se realiza un diagrama del circuito en el que se especifican claramente los datos disponibles, generalmente valores de las fuentes de fem y de las resistencias por una parte y de las incógnitas por la otra. El número de incógnitas será el número de ecuaciones que tendrá el sistema de ecuaciones que habrá que plantear.

Paso dos

Se asignan direcciones de corrientes arbitrarias a todas las ramas cuyas corrientes no son datos del problema.

Paso tres

Se cuenta el número de nudos y de ramas del circuito. Si N es el número de nudos se pueden plantear (N -1) ecuaciones de nudos que son linealmente independientes. Restará escribir la cantidad de ecuaciones restante con las ecuaciones de malla con el sentido de las corrientes incógnitas adoptado en el paso dos. El criterio para que estas ecuaciones restantes sean linealmente independientes es que todas las ramas integren algún circuito de malla y que todos los circuitos sean distintos.

Paso cuatro

Se resuelve el sistema de ecuaciones resultante y si los resultados de las corrientes son negativos quiere decir que el sentido arbitrario asignado en el punto dos es opuesto al real. Se sugiere **no modificar** ni los valores de las corrientes para hacerlos positivos ni las direcciones de las corrientes ya que si es necesario revisar el planteo del sistema de ecuaciones o su resolución se hace difícil rastrear los valores originales. Para cualquier persona inteligente queda claro que el signo negativo de la corriente quiere decir que circula en el sentido contrario al que indica la flecha.



Actividades

1) Contesta v ó f según corresponda

a) La resistencia efectiva de dos resistencias en serie es siempre mayor que la de una cualquiera de ellas.

b) La resistencia efectiva de dos resistencias en paralelo es siempre menor que la de una cualquiera de ellas.

c) Para medir la corriente que circula a través de una resistencia, se coloca un amperímetro en serie con esta.

d) Para medir la caída de potencial entre los extremos de una resistencia se coloca un voltímetro en paralelo con ella.

e) Para medir una f.e.m. se utiliza un puente de Wheatstone.

Cuestionario.

1) ¿Cuál es el sentido convencional de la corriente eléctrica en un circuito de continua?

2) Cuál es el papel desempeñado por un generador al mantener una corriente eléctrica?

3) Con los conocimientos adquiridos hasta ahora ¿s posible tener corriente en un circuito cerrado sin una fuente de fuerza electromotriz montado en él?

4) Los electrones cuyo flujo constituye la corriente eléctrica, vienen suministrados por el generador?, en caso contrario qué es lo que suministra el generador y de dónde proceden los electrones?

5) Si se tienen varias resistencias en serie, ¿pasa más corriente por la de menor valor?

6) ¿A qué se debe la diferencia entre la f.e.m. de un generador y la diferencia de potencial entre sus bornes?

7) ¿A qué se debe la disminución de la luz que experimentan las lámparas de la casa al poner en funcionamiento un aparato de cierto consumo, como planchas, estufas, etc.?"

8) ¿Cuál es la temperatura máxima que puede alcanzar un conductor al paso de la corriente eléctrica?

9) Cuando un conductor está recorrido por una corriente eléctrica, ¿se carga eléctricamente?

10) Por qué las resistencias patrones, además del valor correspondiente en ohms, llevan también una indicación de temperatura?

11) Cómo se consigue mediante una caja de resistencias patrones, variar el valor de la resistencia interpuesta en el circuito?

12) En una instalación eléctrica doméstica dos lámparas están conectadas de modo que al fundirse una se apaga la otra ¿cómo debería realizarse la conexión para que esto no suceda?

13) Dónde debe conectarse un amperímetro en un circuito eléctrico, ¿antes o después de la resistencia de consumo?

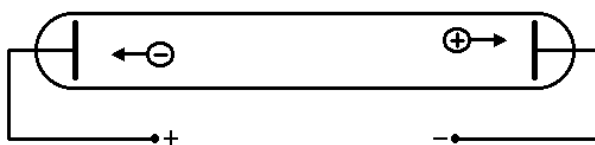
14) Si se conecta un amperímetro en paralelo, ¿que ocurre? y ¿si se conecta un voltímetro en serie?

15) Cuál es la diferencia entre una f.e.m. y una diferencia de potencial

Ejercicios aplicativos

1) Cuando se aplica una diferencia de potencial suficientemente elevada entre dos electrodos situados dentro de un gas, este se ioniza, los electrones se desplazan hacia el electrodo positivo y los iones positivos hacia el electrodo negativo. Se pregunta:

a- ¿Cuál es la intensidad de la corriente en un tubo de descarga de hidrógeno si en cada segundo 4×10^{18} electrones y $1,5 \times 10^{18}$ protones atraviesan en sentido opuesto una sección transversal del tubo?



b- ¿Cuál es el sentido de la corriente?

R: a) $i = 0,88 \text{ A}$

b) convencional: el del movimiento de los portadores positivos.

2) Un alambre conductor de plata de 1mm de diámetro, transporta una carga de 90 coulomb en 1 h 15 min. La plata contiene $5,8 \cdot 10^{22}$ electrones libres por cm^3

a- ¿Cuál es la intensidad de la corriente en el conductor?

b- ¿Cuál es la velocidad de arrastre de los electrones en tales condiciones?

R: a) $i = 0,02 \text{ A}$ b) $v = 2,74 \cdot 10^{-4} \text{ cm/s}$

3) Una barra cuadrada de aluminio tiene 1m de largo; 5 mm de lado:

a- ¿Cuál es la resistencia entre sus extremos?

b- ¿Cuál debe ser el diámetro de una barra de cobre de sección circular y de 1m de longitud para que tenga la misma resistencia?

Datos: $\rho_{\text{Al}} = 2,63 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$ $\rho_{\text{Cu}} = 1,72 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$

R: a) $R = 1,052 \cdot 10^{-3} \Omega$ b) $d = 4,56 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

4) Con un resistor construido con una aleación metálica se hicieron las siguientes mediciones:

Intensidad (A)	Tensión (V)
0,5	2,18
1.0	4.36
2.0	8.72
4.0	17.44

Construya una gráfica que represente V en función de la intensidad. ¿Obedece esta aleación a la ley de ohm? ¿Cuál es la resistencia eléctrica del resistor?

5) Se tiene un alambre de cobre de $2,16 \Omega$ de resistencia a $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Si se le aplica una tensión de 6 V entre sus extremos y se supone que no hay cesión de calor al medio ambiente ¿cuánto tiempo transcurrirá hasta que el conductor comience a fundirse? (Desprecie la variación de resistencia con la temperatura).

Datos: Temperatura de fusión del Cu: $1.083 \text{ }^\circ\text{C}$ $c_p = 0,092 \text{ cal/g }^\circ\text{C}$ $m_{\text{Cu}} = 43,6 \text{ g}$
R: $t = 18 \text{ min}$

6) En una olla eléctrica se debe calentar un litro de agua desde $16 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta $100 \text{ }^\circ\text{C}$ en un tiempo de 12,5 min. La tensión de la alimentación es de 220 V. Calcula:



- a) La resistencia que debe tener el elemento calefactor, si se supone un rendimiento térmico de la olla de 87,5 %.
b) La intensidad de corriente.
c) La potencia disipada.
d) La energía eléctrica consumida.

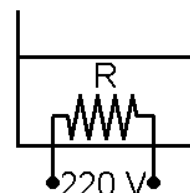
R: a) $R = 91 \Omega$ b) $i = 2,42 \text{ A}$ c) $P = 532 \text{ W}$ d) $W = 0,111 \text{ kW/h}$

7) Un calentador eléctrico tiene indicadas las siguientes características nominales: 660W/220 V. Se pregunta:

- a) ¿Cuál es el valor de su resistencia?
b) ¿Qué cantidad de calor desarrolla por segundo?
c) Si el voltaje de la línea de alimentación desciende a 200 V ¿Qué potencial disipará el calentador? (Supone que la resistencia del elemento calefactor permanece constante)

R: a) $R = 73,3 \Omega$ b) $Q = 158,4 \text{ cal}$ c) $P = 545 \text{ W}$

8) En el calorímetro ideal de la figura se desea vaporizar totalmente en 10 minutos, 1 kg de agua que se encuentra inicialmente a 30 °C de temperatura a presión atmosférica normal; mediante un elemento calefactor de resistencia R, sumergido en el agua. Calcula el valor de dicha resistencia.



R: $R = 11,4 \Omega$

9) Compara el costo de calentamiento de 95 litros de agua que se encuentran a 15 °C hasta llevarla a 45 °C, según se la caliente con gas natural o electricidad, suponiendo que el gas natural cuesta \$ 3 el metro cúbico y suministra 9500 kcal por metro cúbico y que el costo de la energía eléctrica es de \$ 3,80 por kwh. (desprecia todas las pérdidas)

R: a) costo con gas \$ 0,9
b) costo con electricidad \$ 12,53

10) Un circuito cerrado en serie se compone de una batería de 12V de fem y $0,3 \Omega$ de resistencia interna, un interruptor y una resistencia de $3,7 \Omega$. Suponga que el interruptor esté abierto. En tal caso se pregunta:

- a) ¿Cuál será la indicación de un voltímetro de gran resistencia interna al conectarlo entre los bornes de la batería?
b) ¿y si se lo conecta entre los bornes de la resistencia?
c) ¿Y entre los bornes del interruptor?
d) Repita las respuestas que correspondan en el caso de que el interruptor esté cerrado.

R: a) $V_{ab} = 12\text{V}$ b) $V_R = 0\text{V}$ c) $V_{int} = 12\text{V}$ d) $V_{ab} = 11,1\text{V}$ $V_R = 11,1\text{V}$ $V_{int} = 0\text{V}$

11) Un generador de 100 V de fem suministra 15 A de corriente cuando sus bornes se conectan a una resistencia de 6Ω . Calcule:

- a) La tensión en bornes V_{ab}
b) La resistencia interna del generador r
c) La potencia disipada en la resistencia exterior R (en W y HP)

Capítulo VIII: Circuitos de Corriente Continua

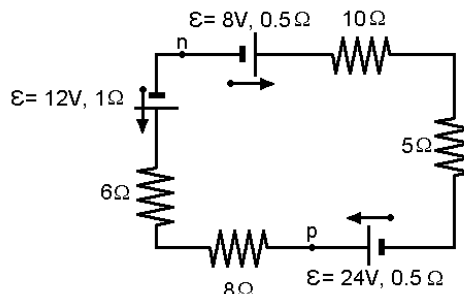
Física II

R: a) $V_{ab} = 90 \text{ V}$ b) $r = 0.6 \Omega$ c) $P = 1350 \text{ w} = 1.8 \text{ HP}$

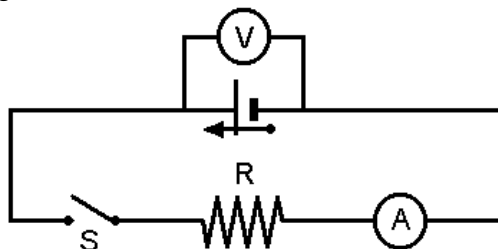
12) En el siguiente circuito, calcula:

- La intensidad de la corriente circulante
- La d.d.p. entre los puntos n y p
- La cantidad de calor desarrollada por minuto en la resistencia de 8Ω

R: a) $i = 0,65 \text{ A}$
 b) $V_{np} = -21,75 \text{ V} \rightarrow V_n < V_p$
 c) $Q = 48,67 \text{ cal}$



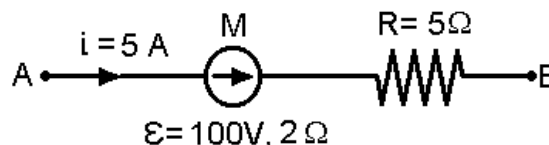
13) Cuando se abre el interruptor S en el circuito siguiente, el voltímetro V conectado a los bornes de la pila indica 1,52 V. Cuando se cierra, la indicación del mismo desciende a 1,37 V y el amperímetro indica una corriente de 1,5 A. Calcula la fem y la resistencia interna de la pila sin tener en cuenta las correcciones del amperímetro y del voltímetro.



R: a) $\epsilon = 1,52 \text{ V}$ b) $r = 0,1 \Omega$

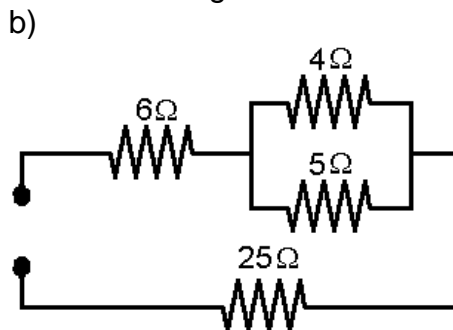
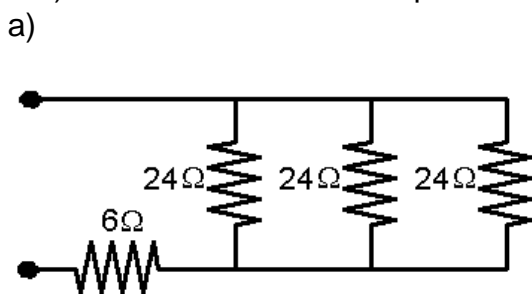
14) En la figura siguiente determina

- Si la máquina M es un motor o un "generador"
- Si el circuito AB absorbe o cede energía
- El valor de la resistencia R_e que conectada entre A y B cierre exteriormente el circuito



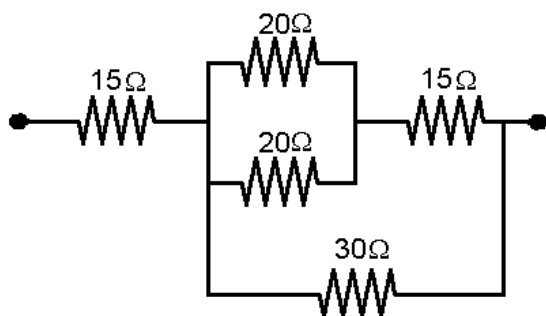
R: a) M es un generador (fem y corriente de igual sentido)
 b) El circuito "AB" cede energía a razón de 325 J/s
 c) $R_e = 13 \Omega$

15) Calcula la resistencia equivalente de cada uno de los siguientes circuitos:

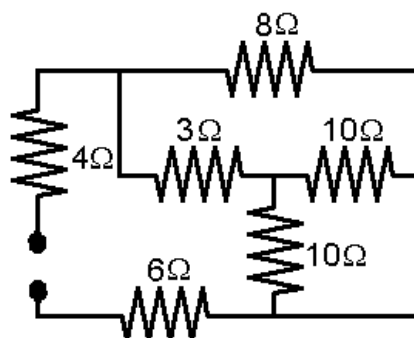




c)



d)



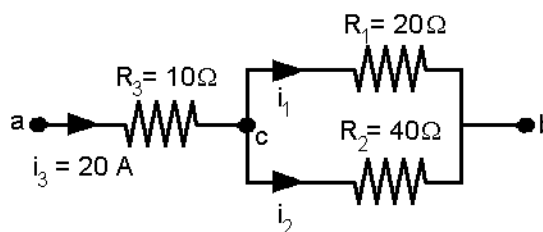
R: a) $R_e = 14 \Omega$ b) $R_e = 33,2 \Omega$ c) $R_e = 28,63 \Omega$ d) $R_e = 14 \Omega$

16) Dos lámparas comunes de incandescencia cuyas indicaciones nominales son: 40w/220 V y 60 W /220 V se conectan en serie a la línea domiciliaria de 220 V. ¿Qué potencia se disipa en cada lámpara? (Supone que la resistencia de los filamentos no varía con la corriente)

R: $P_1 = 14,6 \text{ W}$ $P_2 = 9,76 \text{ W}$

17) En el siguiente circuito, calcula:

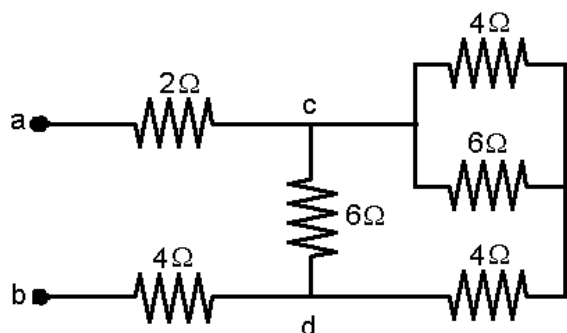
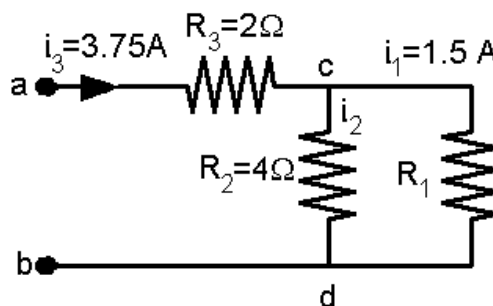
- Las corrientes i_1 e i_2
- La potencia disipada en la resistencia R_1
- La energía total consumida entre los puntos a y b durante 5 hs de funcionamiento
- La potencia disipada en el circuito



R: a) $i_1 = 13,3 \text{ A}$ $i_2 = 6,6 \text{ A}$ b) $P_1 = 3554 \text{ w}$ c) $W = 46,65 \text{ kwh}$ d) $P_t = 9,33 \text{ kw}$

18) En el siguiente circuito, determina el valor de la resistencia R_1 , la corriente i_2 , y la tensión V_{ab} ; sabiendo que: $i_3 = 3,75 \text{ A}$ e $i_1 = 1,5 \text{ A}$.

R: a) $R_1 = 6 \Omega$ b) $i_2 = 2,25 \text{ A}$ c) $V_{ab} = 16,5 \text{ V}$



19) Calcule el valor de la tensión V_{ab} en los bornes de la siguiente red, de modo de que por la misma pueda circular una corriente total de 2 A. ¿Cuál es, en tales condiciones, la tensión entre los puntos c y d?

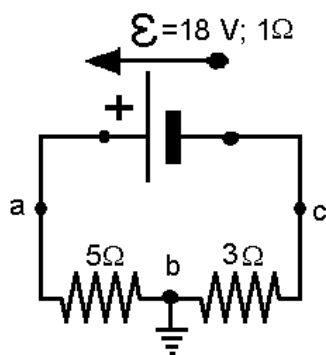
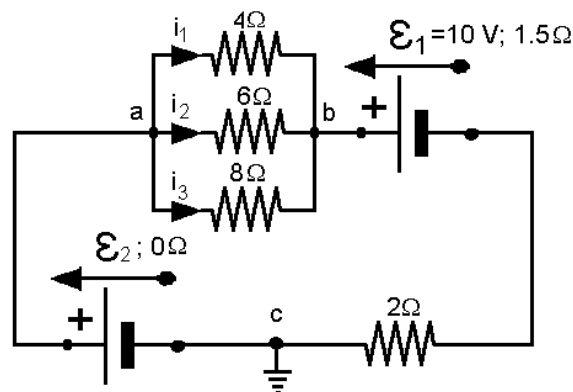
R: a) $V_{ab} = 18,2 \text{ V}$ b) $V_{cd} = 6,2 \text{ V}$

Capítulo VIII: Circuitos de Corriente Continua

Física II

20) En el siguiente circuito calcula: la fem \mathcal{E}_2 y el potencial del punto b respecto a tierra (V_b), sabiendo que la corriente i_1 vale 1 A

R: a) $\mathcal{E}_2 = 21,55 \text{ V}$ b) $V_b = 17,56 \text{ V}$



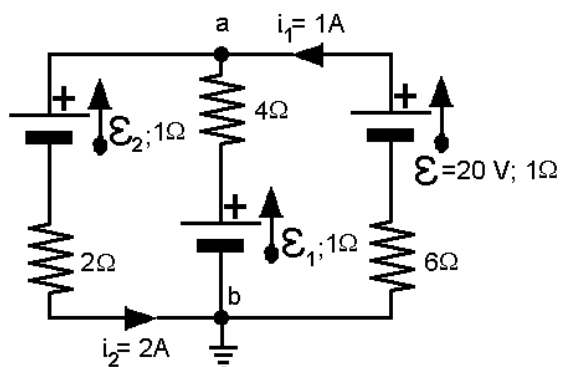
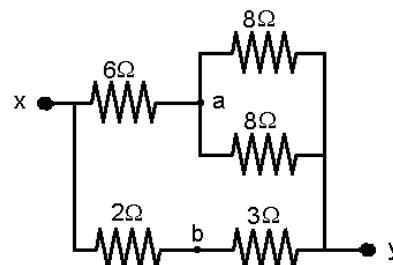
21) En el circuito de la figura se pregunta:

- ¿Cuál es el potencial en el punto a?
- ¿Qué resistencia debe intercalarse en el punto c del circuito si se desea hacer $V_a = 7,5$?
- Una batería tiene una resistencia interna de 1Ω . ¿Qué fem ha de tener para hacer $V_a = 2\text{V}$ cuando se la intercala en el punto c? (Se supone que en este caso se ha eliminado del punto c la resistencia correspondiente al apartado b)

R: a) $V_a = +10\text{V}$ b) $R = 3\Omega$ c) $\mathcal{E}_2 = 14\text{V}$

22) Calcula la diferencia de potencial entre los puntos a y b del siguiente circuito si $V_{xy} = 20\text{V}$

R: $V_a = -4\text{V}$



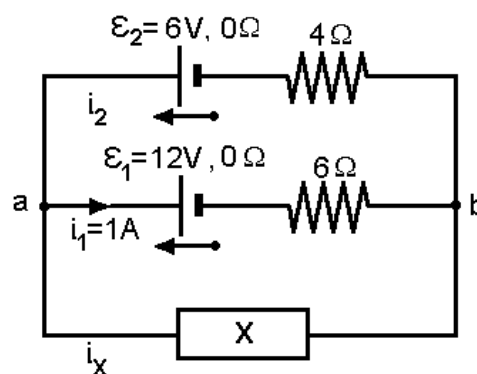
23) En el siguiente circuito se dan como datos los valores de las corrientes i_1 e i_2 indicados y sus correspondientes sentidos. Calcule:

- las fem de las fuentes \mathcal{E}_1 y \mathcal{E}_2
- el potencial en el punto a

R: a) $\mathcal{E}_1 = 18\text{V}$; $\mathcal{E}_2 = 7\text{V}$ b) $V_a = 13\text{V}$



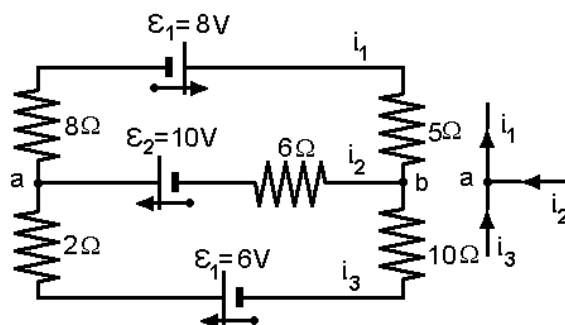
24) a) Calcule el valor y sentido de la intensidad de la corriente en el elemento X del circuito indicado a continuación si $i_1 = 1 \text{ A}$ en el sentido indicado
 b) De acuerdo al resultado obtenido: ¿qué puedes decir sobre la naturaleza de dicho elemento? ¿Es un resistor o una fuente de fem? ¿de qué valor?
 Dato: $i_1 = 1 \text{ A}$ en el sentido indicado



R: a) $i_x = 4 \text{ A}$ desde b hacia a
 b) como $V_{ab} = 18 \text{ V}$, es $V_a > V_b$ y como i_x circula de b hacia a, X debe ser necesariamente una fuente de fem (\mathcal{E} , r) con $\mathcal{E} = 18 + 4r$

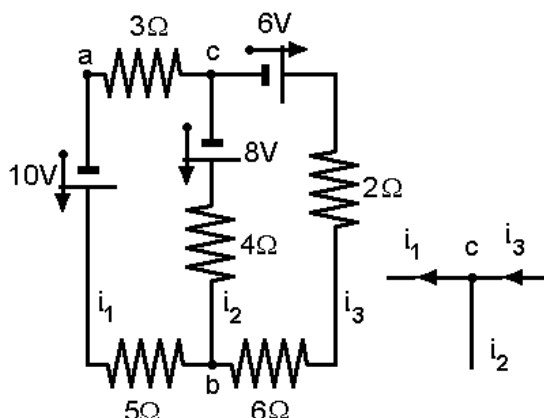
Aplicaciones de las leyes de Kirchoff:

25) En la red siguiente, calcula las intensidades de las corrientes circulantes. (Todas las fuentes de fem se suponen de resistencia interna nula)



R: $i_1 = 0,98 \text{ A}$
 $i_2 = 0,875 \text{ A}$
 $i_3 = 0,105 \text{ A}$ con los sentidos indicados:

26) En la siguiente red determine la tensión entre los puntos a y b y entre los puntos b y c



R: $V_{ab} = -8,75 \text{ V}$ $V_{bc} = 8 \text{ V}$
 $i_1 = 0,25 \text{ A}$ $i_2 = 0 \text{ A}$ $i_3 = 0,25 \text{ A}$

Capítulo VIII: Circuitos de Corriente Continua

Física II

Trabajo Práctico: Medición indirecta de Resistencias Eléctricas

Objetivo: Determinar el valor de una resistencia por el método del Amperímetro.- Voltímetro.

Introducción Teórica: Existen varios métodos para determinar el valor de resistencias desconocidas. En este trabajo se utilizará el correspondiente al método Amperímetro-Voltímetro.

Si por una resistencia circula una intensidad de corriente, generando una diferencia de potencial en sus bornes, por aplicación de la ley de Ohm, podemos establecer que

$$R = \frac{V_R}{I_R},$$

Dónde: R : valor de la resistencia

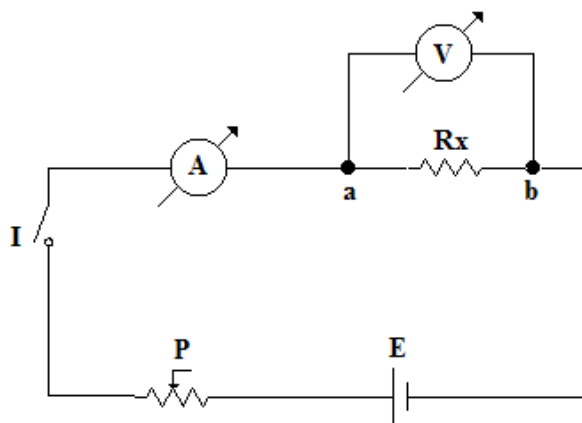
V_R : diferencia de potencial en sus bornes

I_R : intensidad de corriente que circula por la resistencia

Para efectuar esta determinación, se pueden utilizar dos circuitos

i) Conexión Corta:

circuito (1)



Dónde: R_x : resistencia incógnita

R : valor determinado experimentalmente

V : diferencia de potencial indicada por el voltímetro

I : intensidad de corriente indicada por el amperímetro

R_V : resistencia interna del voltímetro

De acuerdo a lo desarrollado en la teoría deducimos:



$$R = \frac{R_X \cdot R_V}{R_X + R_V} \Rightarrow R_X = \frac{R \cdot R_V}{R_V - R} \quad (\text{Corrección metodológica o del método utilizado})$$

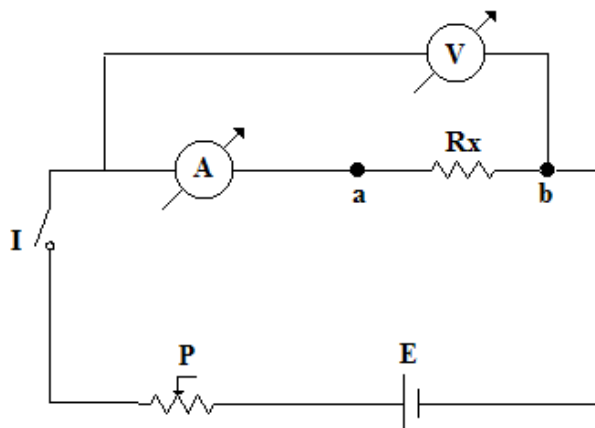
Si de la ecuación, despejamos el valor de la resistencia incógnita, obtenemos el valor de la resistencia con la corrección del método utilizado.

Se puede observar que la resistencia R que calculamos como resultado de las mediciones, es el paralelo entre la resistencia incógnita y la resistencia del voltímetro. Concluimos que R será una buena medida de R_X , cuando ésta sea muy pequeña con respecto a R_V .

$$\text{Si } R_X \ll R_V \Rightarrow R \cong R_X$$

ii) Conexión Larga:

circuito (2)



Utilizando la notación anterior y llamando R_A a la resistencia interna del amperímetro, de acuerdo a lo desarrollado en teoría:

$$R = R_A + R_X \Rightarrow R_X = R - R_A \quad (\text{Corrección metodológica})$$

Si de la ecuación, despejamos el valor de la resistencia incógnita, obtenemos el valor de la resistencia con la corrección del método utilizado.

En este caso se aprecia que R será una buena medida de R_X , cuando ésta sea muy grande respecto de R_A .

$$\text{Si } R_X \gg R_A \Rightarrow R \cong R_X$$

Materiales utilizados:

Resistencia incógnita (1200 Ω según código de colores)

Plaqueta

Cables conductores

Capítulo VIII: Circuitos de Corriente Continua

Física II

Fuente de corriente continua de 6 V

Potenciómetro de 320 Ω

Amperímetro (utilizar en escala de 7 mA ; $R_A = 65 \Omega$)

Voltímetro (utilizar en escala de 7V ; $R_V = 20 \frac{k\Omega}{V} \cdot \text{Esc}(V)$)

Procedimiento:

Conexión corta:

- i) Arma el circuito (1) con el interruptor abierto y con el potenciómetro en su máximo valor de resistencia.
- ii) Previa supervisión del docente del laboratorio, cierra el interruptor I
- iii) Registra los valores leídos en los instrumentos
- iv) Aplicando la Ley de Ohm calcula el valor de R
- v) Calcula el valor de R_X
- vi) Propaga la incerteza de R_X y expresa correctamente el resultado

Conexión Larga:

Repite los pasos de la conexión anterior.

De acuerdo a los conceptos teóricos referidos en la introducción, decide cuál de las dos conexiones es la más conveniente para determinar R_X y exprésalo como resultado final de la determinación experimental que has realizado

Cuestionario:

- 1- ¿El valor de la resistencia interna del amperímetro, debe ser grande o pequeña? ¿Por qué?
- 2- ¿El valor de la resistencia interna del voltímetro, debe ser grande o pequeña? ¿Por qué?
- 3- ¿Qué valores deberían tener las resistencias internas del amperímetro y del voltímetro si fueran instrumentos ideales?
- 4- Menciona que otros métodos conoces para medir o determinar los valores de resistencias desconocidas.

El informe deberá contener:

- Fundamentación teórica
- Desarrollo del procedimiento
- Observaciones
- Valores medidos
- Análisis de datos
- Propagación y cálculo de incertezas
- Cuestionario
- Conclusiones



Problemas Sugeridos

1-Dos alambres cilíndricos de cobre tienen la misma masa y están a la misma temperatura. El alambre A tiene el doble de largo del alambre B. La resistencia del alambre A se relaciona con la del alambre B mediante:

- a) $R_A = R_B/4$ b) $R_A = R_B/2$ c) $R_A = R_B$ d) $R_A = 2 R_B$ e) $R_A = 4R_B$

2-Dos barras metálicas tienen exactamente la misma resistencia. La barra A tiene una longitud L_A y un diámetro D_A . La longitud L_B y el diámetro D_B de la barra B se relacionan con L_A y D_A mediante $L_B = 2L_A$ y $D_B = 2D_A$. Por tanto, la barra A tiene una resistividad relacionada con la de la barra B mediante:

- a) $\rho_A = \rho_B/4$ b) $\rho_A = \rho_B/2$ c) $\rho_A = \rho_B$ d) $\rho_A = 2\rho_B$ e) $\rho_A = 4\rho_B$

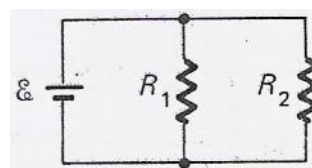
3-Tres resistencias iguales están conectadas a una batería, dos están conectadas en paralelo, y esta combinación va seguida en serie por una tercera resistencia ¿Cuál resistencia tiene:

- a) La mayor corriente.
b) El mayor voltaje.
c) La mayor potencia disipada.

Justifica en cada caso.

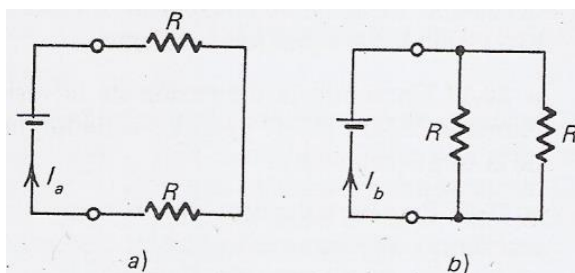
4-Si en el circuito de la figura disminuye el valor de la resistencia R_2 ,

- a) la caída de voltaje a través de R_2 disminuye
b) la corriente a través de R_1 es constante
c) la corriente a través de R_1 aumenta
d) la potencia disipada por R_2 disminuye
e) tanto b) como d) son correctas



5-En las siguientes figuras a) y b) son iguales las fem de la batería, y los resistores tienen las mismas resistencias. La corriente en a) es I_a . La corriente en b) está dada por:

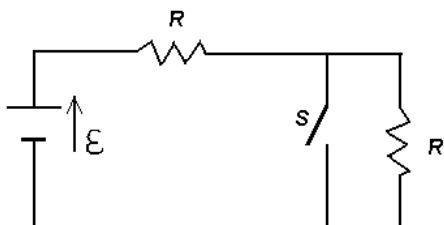
- a) $I_b = I_a$ b) $I_b = 2 I_a$ c) $I_b = 4 I_a$ d) $I_b = 16 I_a$ e) $I_b = 32 I_a$



Capítulo VIII: Circuitos de Corriente Continua

Física II

6-Dado el siguiente circuito, donde S es un interruptor, dibuja como quedaría el circuito con S abierto y con S cerrado; y en ambos casos determina I_1 (S abierto) e I_2 (S cerrado) y compáralas.



7-La batería que se muestra en la figura de este problema tiene una fem ϵ y una resistencia interna r . Se encuentra conectada a un reóstato y a un interruptor S que puede abrir o cerrar el circuito. Entre las afirmaciones siguientes señala las que estén equivocadas.

- a) Si S está abierto, la lectura del voltímetro será igual a ϵ
- b) Si S está cerrado y el cursor está en C, la lectura del voltímetro será menor que ϵ
- c) Con S cerrado y el cursor en B, la lectura del voltímetro será menor que ϵ
- d) Estando cerrado S y el cursor en A, la lectura del amperímetro será máximo.
- e) Estando cerrado S y el cursor en A, la lectura del voltímetro será nula.

