

FÍSICA

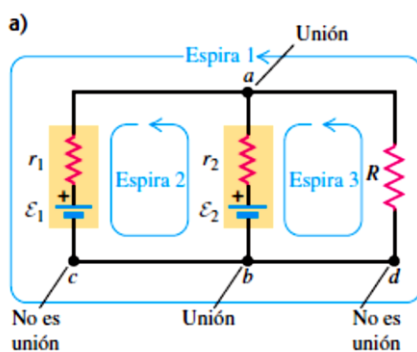
LEY DE KIRCHHOFF

Leyes de Kirchhoff

Conceptos claves

Nodo o unión: es el punto en que se unen tres o más conductores.

Espira o malla: es cualquier trayectoria cerrada de conducción.



Las leyes de Kirchhoff consisten en los dos siguientes enunciados:

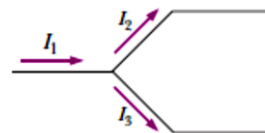
1. **Ley de la Unión.** En cualquier unión, la suma de las corrientes debe ser igual a cero:

$$\sum_{unión} I = 0$$

2. **Ley de la espira.** La suma de las diferencias de potencial a través de todos los elementos alrededor de cualquier espira de un circuito cerrado debe ser igual a cero:

$$\sum_{\text{espira cerrada}} \Delta V = 0$$

La primera ley de Kirchhoff es un enunciado de la conservación de la carga eléctrica. Todas las cargas que entran en un punto dado en un circuito deben abandonarlo porque la carga no puede acumularse en ese punto. Las corrientes dirigidas hacia dentro de la unión participan en la ley de la unión como $+I$, mientras que las corrientes que salen de una unión están participando con $-I$. Si se aplica esta ley a la unión que se muestra en la figura, se obtiene

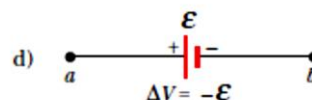
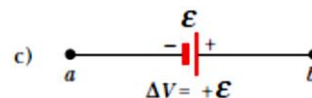
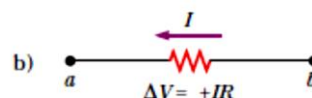
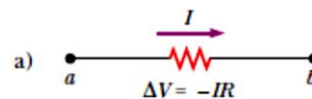


$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

La segunda ley de Kirchhoff es una consecuencia de la ley de conservación de energía. Imagine que mueve una carga alrededor de una espira de circuito cerrado. Cuando la carga regresa al punto de partida, el sistema carga-circuito debe tener la misma energía total que la que tenía antes de mover la carga. La suma de los incrementos de energía conforme la carga pasa a través de los elementos de algún circuito debe ser igual a la suma de las disminuciones de la energía conforme pasa a través de otros elementos. La energía potencial se reduce cada vez que la carga se mueve durante una caída de potencial $-IR$ en un resistor o cada vez que se mueve en dirección contraria a causa de una fuente de fem. la energía potencial aumenta cada vez que la carga pasa desde la terminal negativa a la positiva en una batería.

Convención de signos de la segunda ley

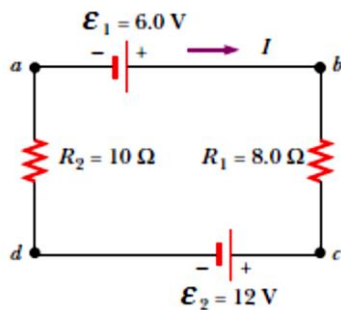
- Las cargas se mueven del extremo de potencial alto de un resistor hacia el extremo de potencial bajo; si un resistor se atraviesa en la dirección de la corriente, la diferencia de potencial ΔV a través del resistor es $-IR$.
- Si un resistor se recorre en la dirección opuesta a la corriente, la diferencia de potencial ΔV a través del resistor es $+IR$.
- Si una fuente de fem (suponiendo que tenga una resistencia interna igual a cero) es recorrida en la dirección de la fem (de negativo a positivo), la diferencia de potencial ΔV es $+\mathcal{E}$.
- Si una fuente de fem (suponiendo que tenga una resistencia interna igual a cero) es recorrida en la dirección opuesta de la fem (de positivo a negativo), la diferencia de potencial ΔV es $-\mathcal{E}$.



Para resolver un problema de circuito en particular, el número de ecuaciones independientes que se necesitan para obtener las dos leyes es igual al número de corrientes desconocidas.

Problemas resueltos

1. Un circuito de una sola espira contiene dos resistores y dos baterías, como se muestra en la figura (Despreciar las resistencias internas de las baterías). Encontrar las resistencias en el circuito.



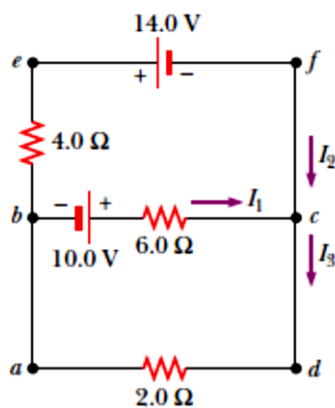
Solución

Paso 1: aplicar la ley de la espira para resolver el circuito.

$$\begin{aligned}\sum \Delta V &= 0 \\ \varepsilon_1 - IR_1 - \varepsilon_2 - IR_2 &= 0 \\ 6 - (I \cdot 8) - 12 - (I \cdot 10) &= 0 \\ -8I - 10I &= 6 \\ -18I &= 6 \\ I &= -\frac{6}{18} = 0,33 \text{ A}\end{aligned}$$

El sentido negativo indica que la corriente es opuesta a la dirección supuesta.

2. Encontrar las corrientes I_1 , I_2 e I_3 en el circuito que se muestra en la figura.



Solución

Paso 1: aplicar ley de la unión a la unión c.

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \quad (1)$$

Paso 2: aplicar la ley de las espiras a las espiras $abcda$ y $befcb$.

$abcda$

$$10 - (6I_1) - (2I_3) = 0 \quad (2)$$

$befcb$

$$-(4I_2) - 14 + (6I_1) - 10 = 0$$

$$-24 + (6I_1) - (4I_2) = 0 \quad (3)$$

Paso 3: resolver la ecuación (1) para I_3 y reemplazar en la ecuación (2)

$$10 - 6I_1 - 2(I_1 + I_2) = 0$$

$$10 - 6I_1 - 2I_1 - 2I_2 = 0$$

$$10 - 8I_1 - 2I_2 = 0 \quad (4)$$

Paso 4: tomar las ecuaciones (3) y (4) y resolverlas como un sistema.

$$-24 + (6I_1) - (4I_2) = 0$$

$$10 - 8I_1 - 2I_2 = 0$$

$$6I_1 - 4I_2 = 24$$

$$8I_1 + 2I_2 = 10$$

Multiplicar la segunda expresión por 2

$$6I_1 - 4I_2 = 24$$

$$16I_1 + 4I_2 = 20$$

Sumar las ecuaciones

$$22I_1 + 0 = 44$$

$$I_1 = 2 \text{ A}$$

Reemplazar el valor de I_1 en la ecuación (4)

$$8I_1 + 2I_2 = 10$$

$$8(2) + 2I_2 = 10$$

$$I_2 = \frac{-6}{2}$$

$$I_2 = -3 \text{ A}$$

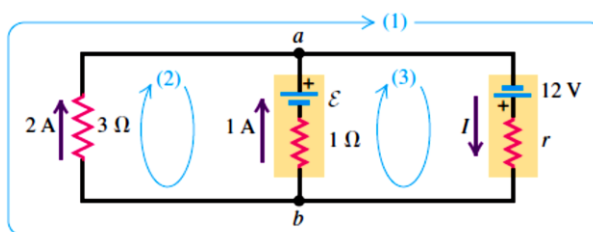
Reemplazar I_1 e I_2 en la ecuación (1)

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

$$2 - 3 - I_3 = 0$$

$$I_3 = -1 \text{ A}$$

3. En el circuito que se ilustra en la figura, una fuente de energía eléctrica de 12 V con resistencia interna desconocida r está conectada a una batería recargable descargada con fem $\mathcal{E}$ desconocida y resistencia interna de $1\ \Omega$, y a una bombilla indicadora con resistencia de $3\ \Omega$ que transporta una corriente de 2 A. La corriente a través de la batería descargada es igual a 1 A en el sentido que se indica. Calcular la corriente desconocida I , la resistencia interna r y la fem $\mathcal{E}$.



Solución

Paso 1: aplicar la ley de las uniones a la unión a para determinar I .

$$-I + 1 + 2 = 0$$

$$I = 3\text{ A}$$

Paso 2: aplicar la ley de las espiras a la espira (1) para determinar r .

$$12 - 3r - 2 \cdot 3 = 0$$

$$r = 2\ \Omega$$

Paso 3: aplicar la ley de las espiras a la espira (2) para determinar $\mathcal{E}$.

$$-\mathcal{E} + 1 \cdot 1 - 2 \cdot 3 = 0$$

$$\mathcal{E} = -5\text{ V}$$

El signo negativo de la fem $\mathcal{E}$ significa que la polaridad real es opuesta a la supuesta en la figura.

Referencias bibliográficas

- Serway, R. & Jewett, J. (2008). *Física para ciencias e ingeniería volumen 1*. México: Cengage Learning.
- Young, H. & Freedman, R. (2009). *Física universitaria con física moderna volumen 1*. México: Pearson Educación.