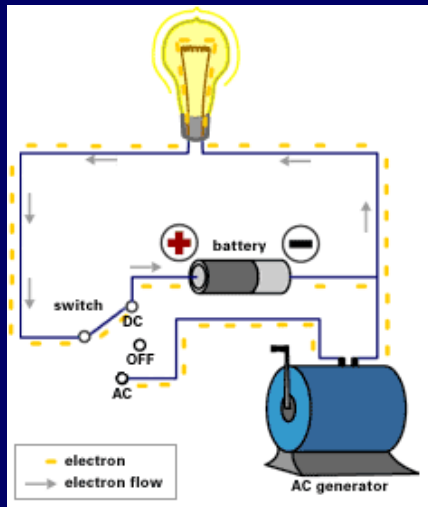


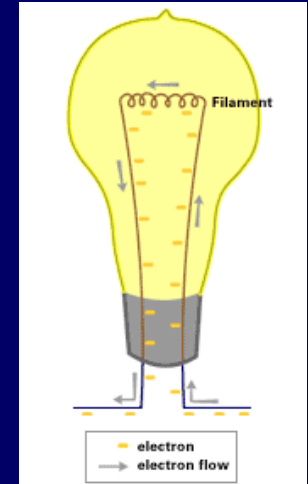
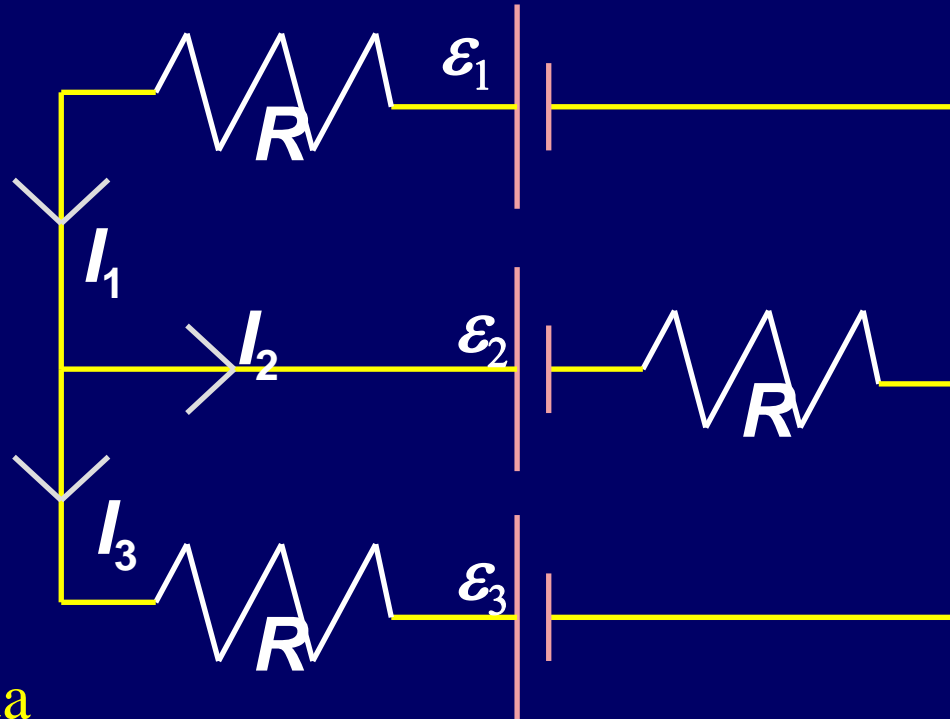
Circuitos Simples



Fuente de *fem*



Corriente continua



potencia

$$\sum_{\text{lazo}} V_n = 0$$

$$I_{\text{entra}} = \sum I_{\text{sale}}$$

Qué aprenderemos en este capítulo?

Corriente eléctrica: definición

Los generadores de energía eléctrica

El concepto de resistencia, resistividad y conductividad.

La ley de Ohm y la resistencia de los materiales. Potencia eléctrica

Circuitos resistivos: resistencias en serie y paralelo.

Las Leyes de Kirchhoff para los circuitos eléctricos.



Corriente Eléctrica

**El flujo de partículas
cargadas;**

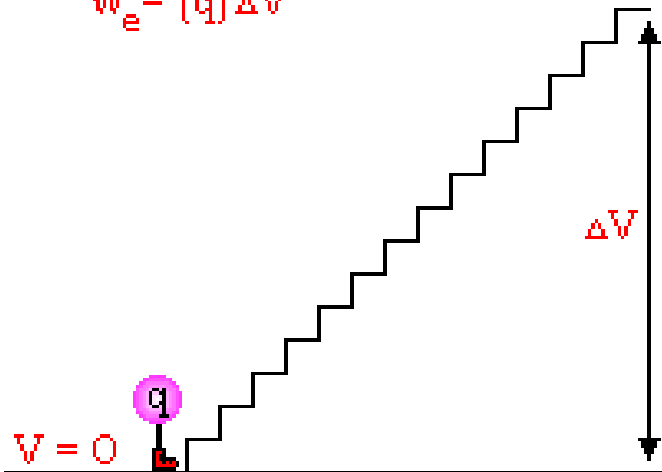
**Pueden ser positivas o negativas,
pero usualmente negativas
(electrones) a través de un
conductor**

Para obtener una *corriente eléctrica*, se debe *mantener* una *diferencia de potencial*, el trabajo debe realizarlo “alguien” para generar la corriente.

Work Done:

$$W_e = (q)\Delta V$$

$V \neq 0$



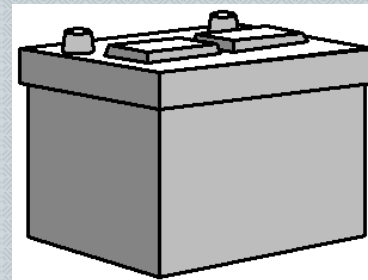
Este “*alguien*” es un dispositivo que convierte algún tipo de energía en energía eléctrica, para crear una *diferencia de potencial*



Celda eléctrica – un dispositivo que convierte una forma de energía en energía eléctrica.

Celda química convierte energía Química en energía eléctrica.

Las celdas químicas pueden ser “wet” o “dry”.

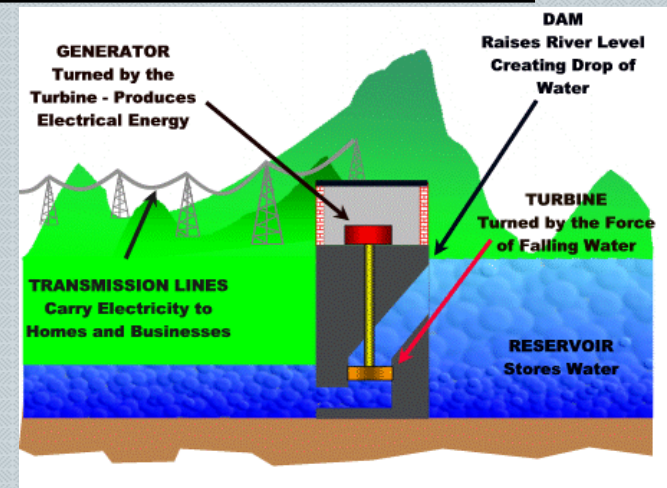




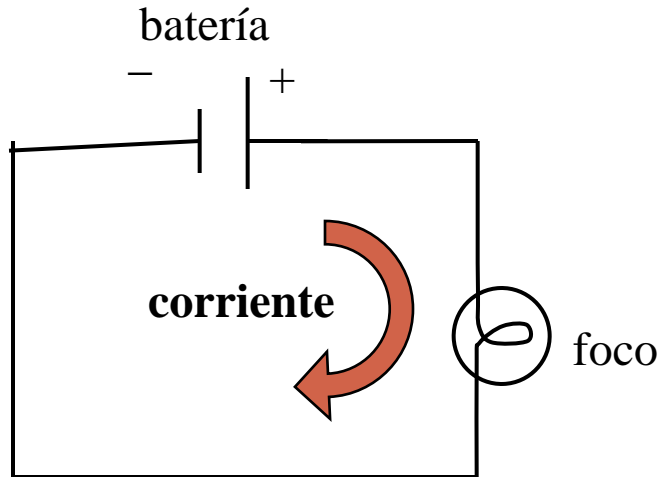
Celda Solar convierte energía Luminosa en energía eléctrica.

Un **generador** convierte energía Mecánica en energía eléctrica.

batería – dos o más celdas conectadas en serie o en paralelo

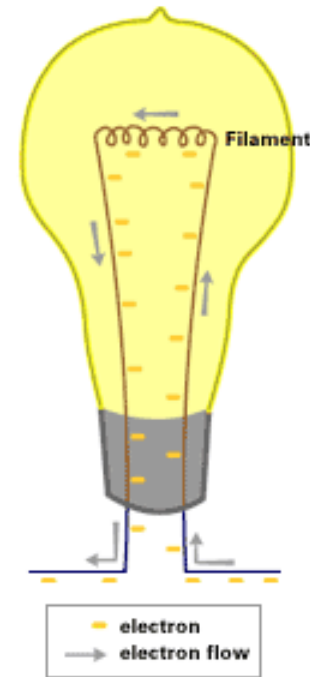


Circuito en forma de Diagrama



En un circuito cerrado, la corriente fluye *a lo largo* de un lazo

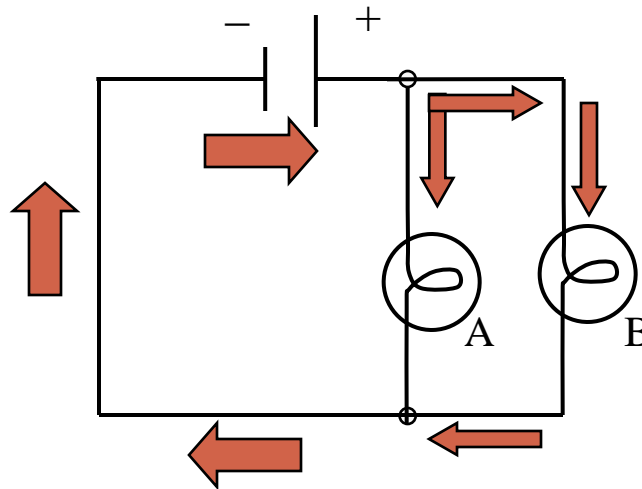
Los electrones fluyen *en dirección* Opuesta a la corriente indicada! (repelidos por el terminal negativo)



La corriente circulando a través del filamento hace que este brille. No Lazo → No Corriente → No Luz

Pre-vuelo

La Corriente se divide y diverge en un Nodo



¿En cuánto cambiaría la corriente *a través de la batería* si retiro uno de los dos focos?

¿Cómo cambiaría el *brillo del foco "A"* si retiro el foco "B"?

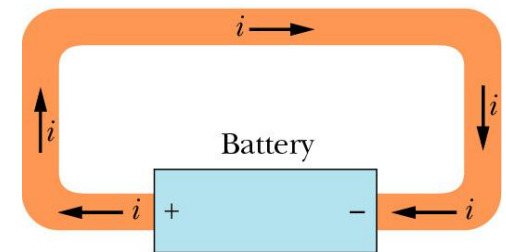
Definición de Corriente

- Corriente es el flujo de carga eléctrica a través de la sección transversal de un alambre, $i = dq/dt$.
- Es una cantidad escalar, pero se le suele asignar dirección, **positiva en la dirección del flujo de “portadores positivos” de carga.**
- De cualquier forma que usted logre mover cargas creará una corriente, pero una forma típica es conectar una batería a un lazo “camino cerrado”.

Unidad: ampere
 $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$



(a)



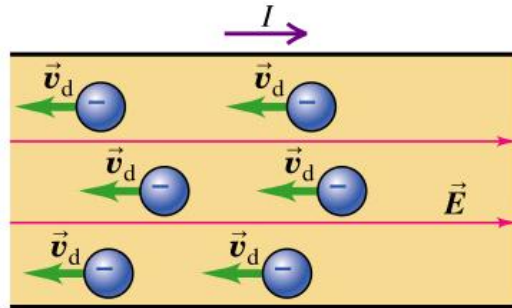
(b)

Las baterías siempre mueven los “portadores positivos de carga” de menor a mayor potencial

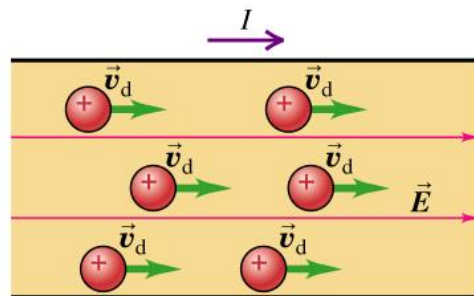
Definición de Corriente

Unidad: ampere
 $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$

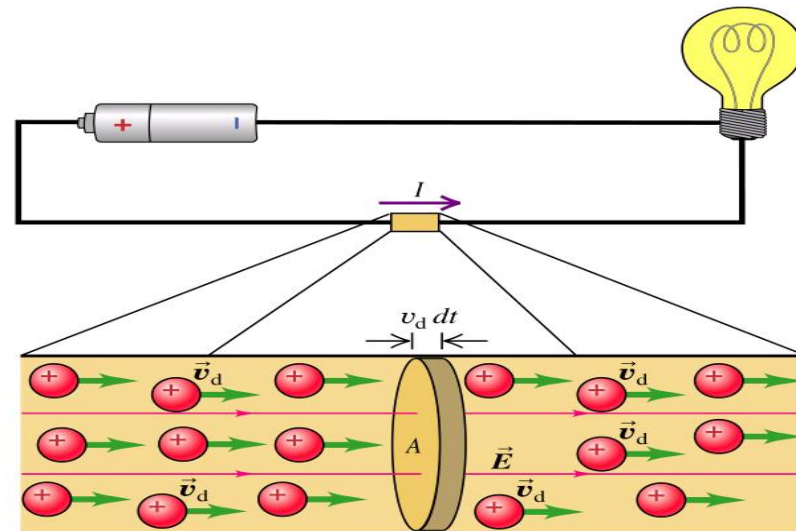
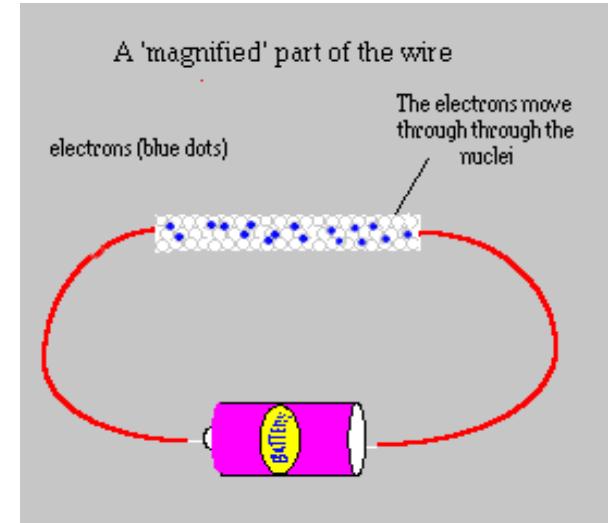
- La corriente convencional fluye desde el terminal positivo + al terminal negativo - (*en realidad, los electrones son los que se mueven en dirección contraria*).



(b)



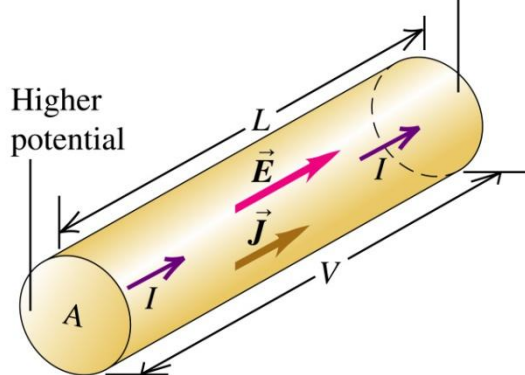
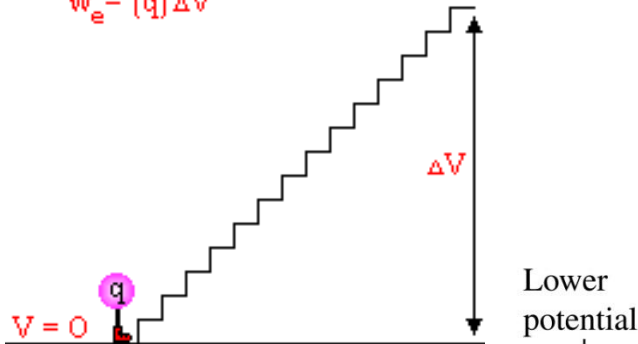
(a)



LA CORRIENTE CONVENCIONAL SE DIRIGE DE MAYOR A MENOR POTENCIAL

Work Done:
 $W_e = (q)\Delta V$

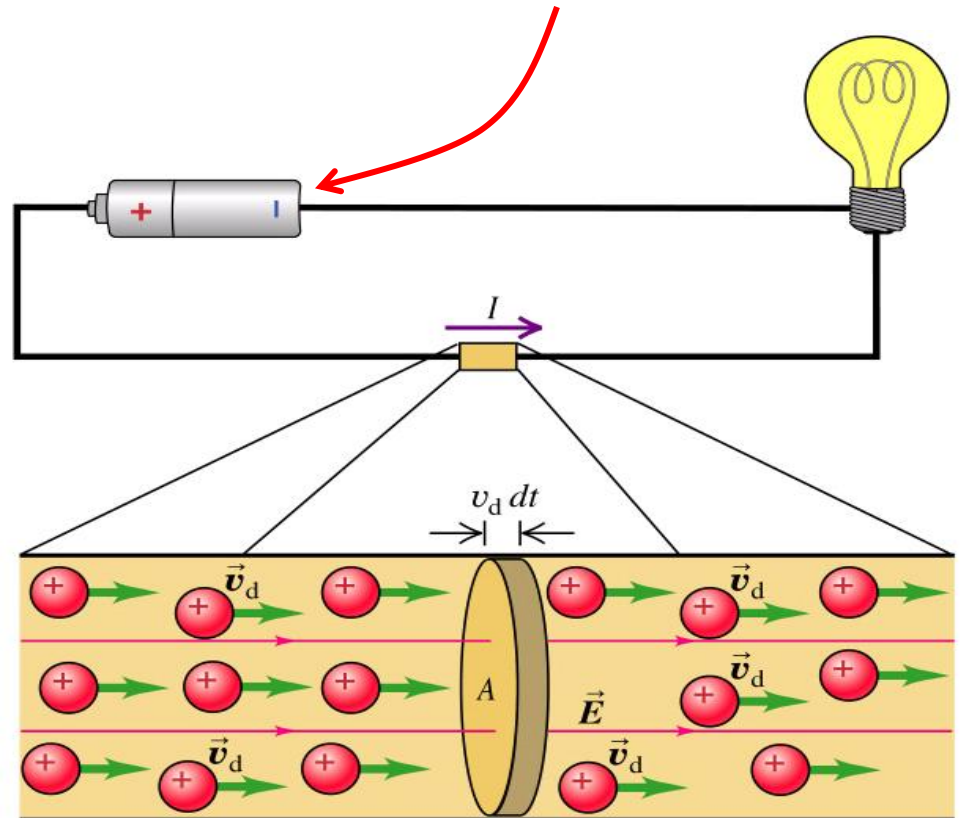
$V \neq 0$



Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley.

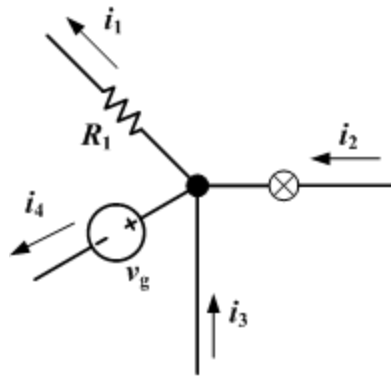
En el interior de la fuente, la corriente convencional fluye de menor a mayor potencial

Las “FUENTES” son las encargadas de “elevar” el potencial a las cargas, convirtiendo su energía en energía eléctrica



“Regla de los nodos” o “Ley de las Corrientes de Kirchhoff (LVK)”

“En cualquier punto de unión de un circuito donde la corriente se divide (llamado nodo), la suma de las corrientes que llegan al nodo es igual a la suma de las corrientes que salen del nodo.”



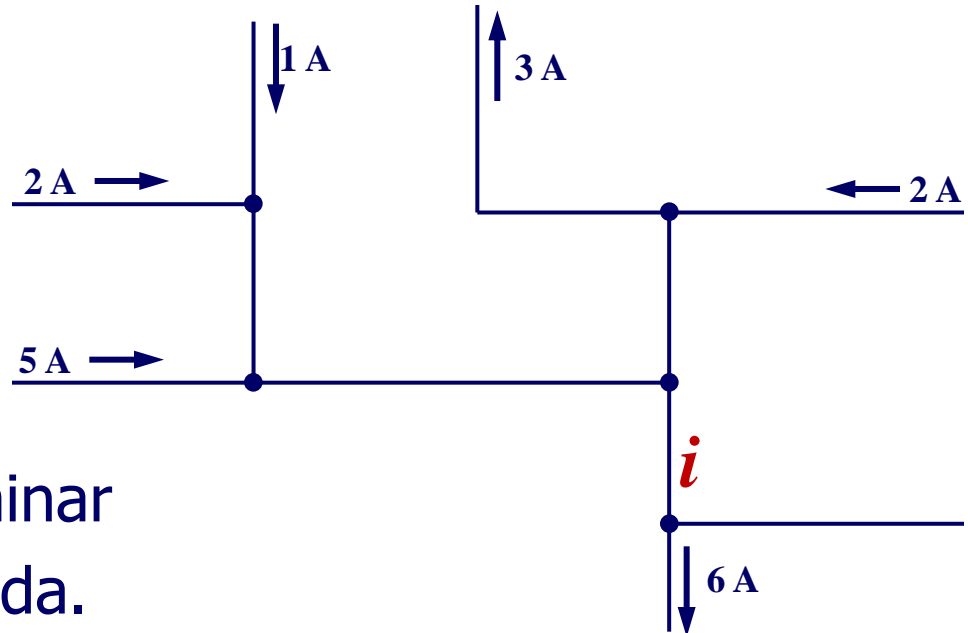
$$I_{entra} = \sum I_{sale}$$

- Esto es el enunciado de la **conservación de la carga** en cualquier nodo.
- Las corrientes que entran y salen de un nodo de un circuito se denominan “corrientes de ramal”.
- Cada ramal debe tener su propia corriente, I_i asignada a él

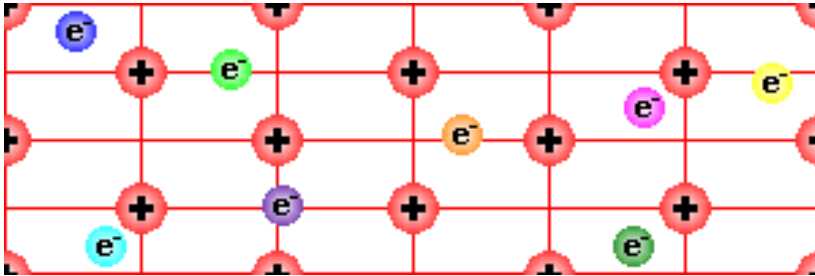
Trate ahora Usted

1. ¿Cuál es el valor de la corriente en el alambre marcada como i ?

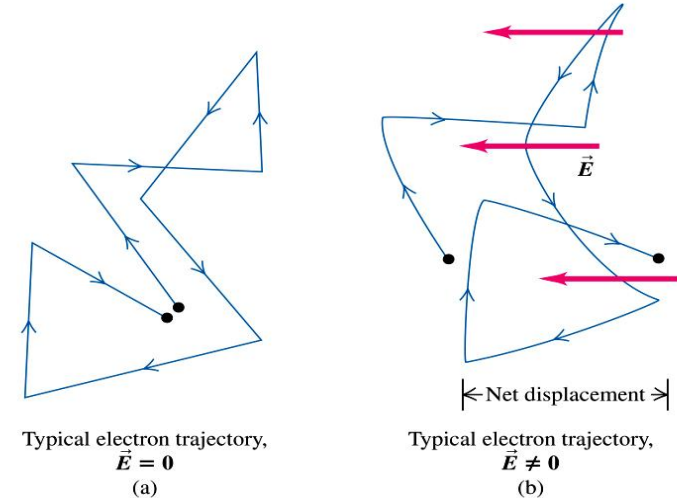
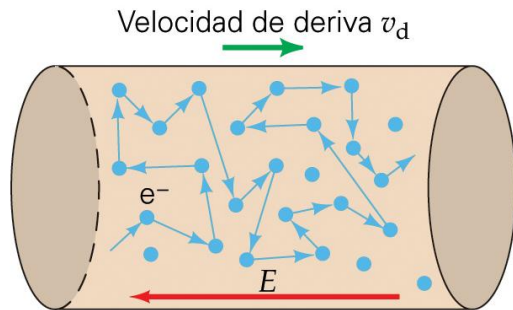
- A. 1 A.
- B. 2 A.
- C. 5 A.
- D. 7 A.
- E. No se puede determinar de la información dada.



Velocidad de Arrastre (deriva), Flujo de electrones y Transmisión de energía eléctrica

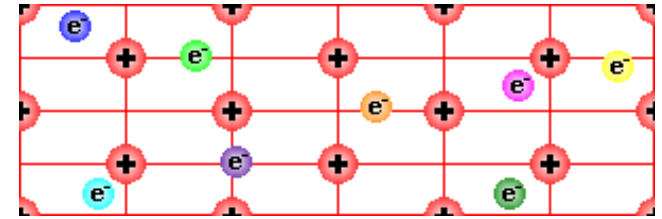


Movimiento de los electrones en un conductor y dirección de propagación del campo eléctrico.



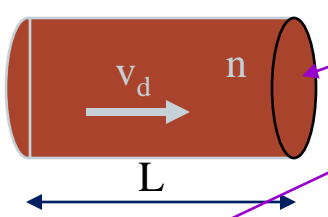
Las múltiples colisiones o interacciones de los electrones con los átomos del material genera una oposición a su desplazamiento, esto se interpreta como **RESISTENCIA**.

Velocidad de Arrastre (v_d) y Densidad de Corriente (J)



- La rapidez de arrastre es pequeña comparada con el movimiento térmico.
- Movimiento térmico (movimiento aleatorio) tiene rapidez $v_{th} \approx 10^6$ m/s
- Rapidez de arrastre en cobre es 10^{-4} m/s .
- Asociemos la rapidez de arrastre con la densidad de corriente.

Carga Total q en un volumen V



$$q = \left(\frac{N}{V} \right) (V) e = nVe = nALe$$

Densidad de portadores de carga

Densidad de Corriente J

$$q = nAv_d t e$$

$$i = \int \vec{J} \cdot d\vec{A}$$

$$i = \int \vec{J} \cdot d\vec{A} = \frac{dq}{dt} = neAv_d$$

ne , es la densidad de carga ρ

$$\vec{J} = \rho \vec{v}_d$$

$L = v_d t$ Tiempo al ser arrastrado Una distancia L

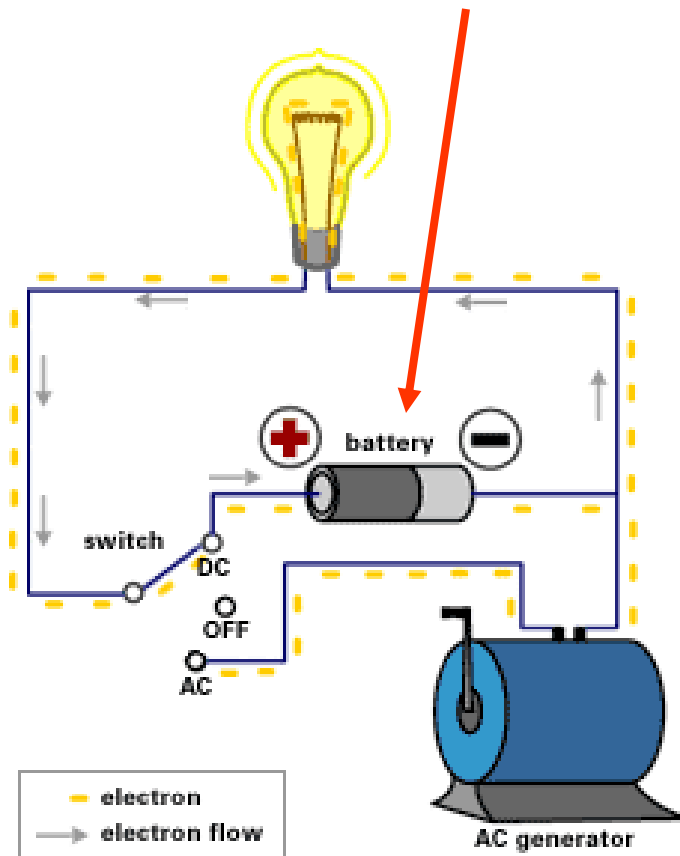
$$\vec{J} = ne\vec{v}_d$$

Densidad de Corriente

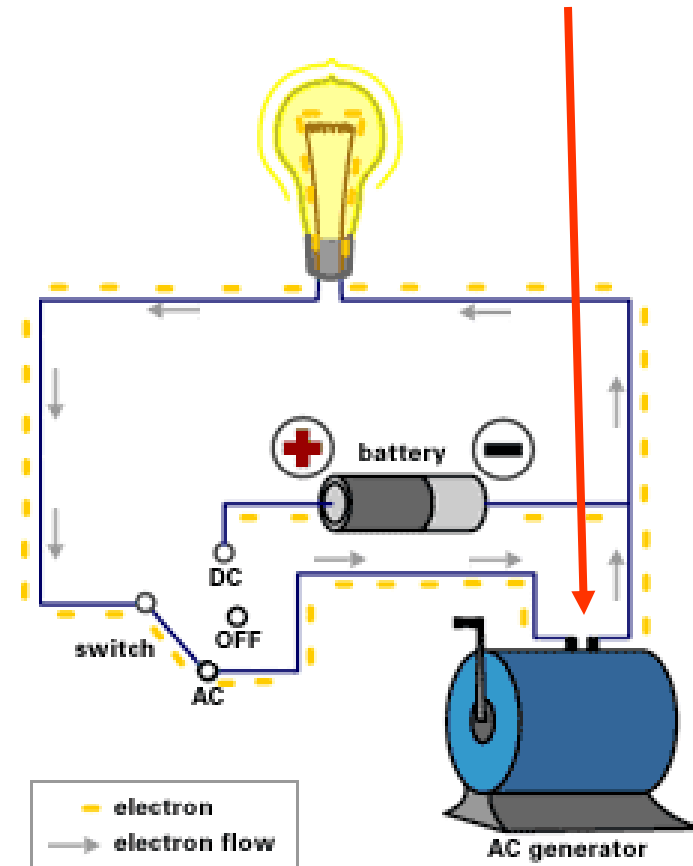
- A altas frecuencias, la densidad corriente puede aumentar porque la región de conducción en un alambre se confina cerca de su superficie, el llamado *efecto de piel*.
- En el dominio del cableado eléctrico (cobre aislado), la densidad corriente máxima puede variar de 4A/mm^2 a 6A/mm^2 para un alambre en el aire libre.
- Si el alambre está llevando corrientes de alta frecuencia (sobre 100kHz) el efecto de piel puede afectar la distribución de la corriente a través de la sección concentrando la corriente en la superficie del conductor.

Tipos de Corrientes

Corriente Directa (DC)

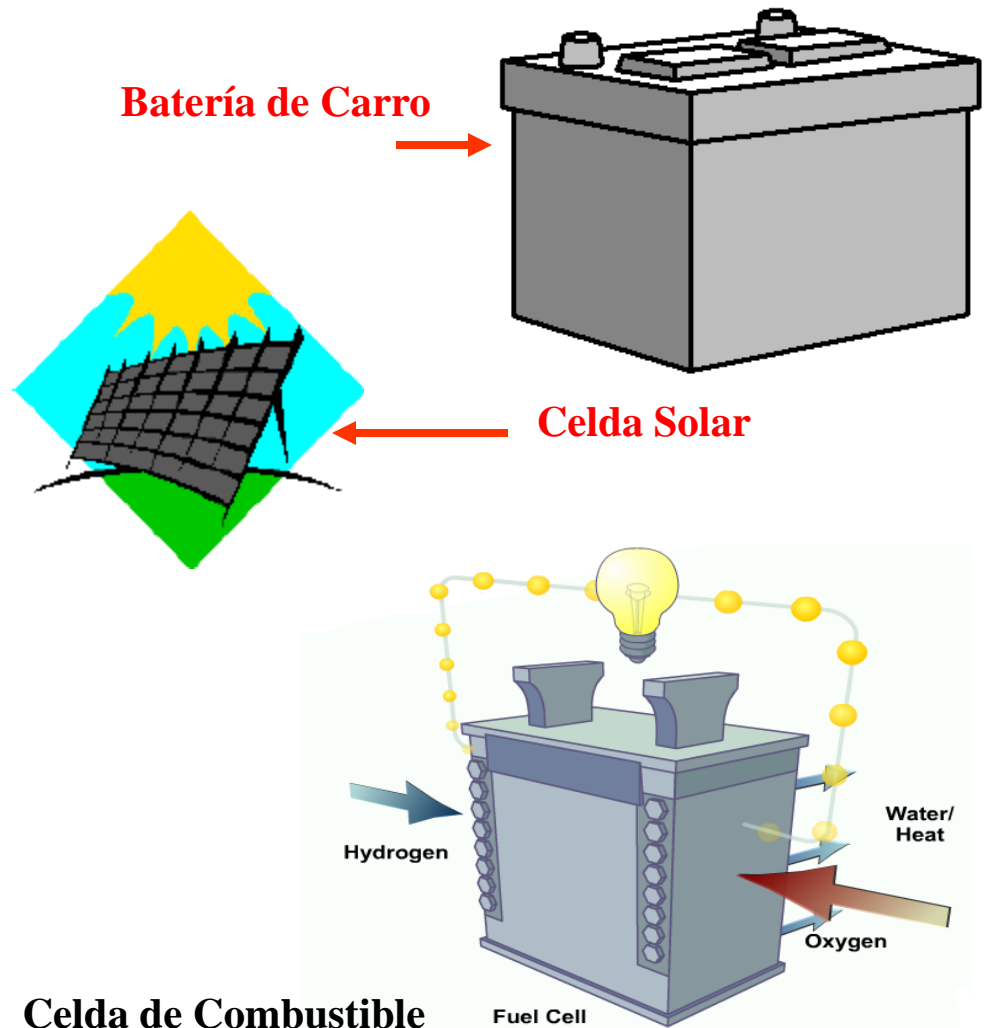


Corriente Alterna (AC)



Corriente Directa

- Baterías, celdas de combustible y celdas solares producen algo llamado **corriente directa (DC)**.
- Los terminales positivo y negativo de la batería son siempre positivo y negativo.
- La corriente electrónica siempre fluye en la misma dirección entre los terminales.



Incrementando la Corriente

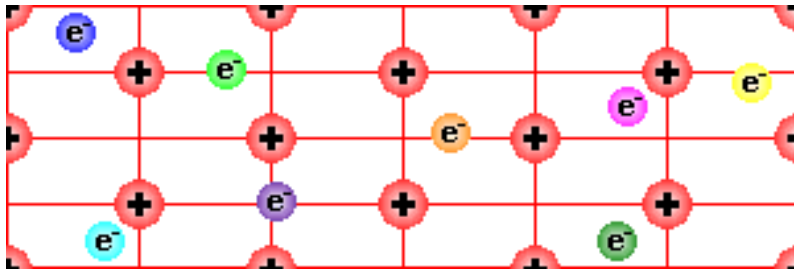
Cuando usted incrementa la corriente en un alambre, ¿qué ocurre en el interior de él?

- A. El número de portadores de carga se mantiene igual, y la velocidad de arrastre se incrementa.
- B. La velocidad de arrastre se mantiene igual, y el número de portadores de carga se incrementa.
- C. La carga transportada por cada portador de carga se incrementa.
- D. La densidad de corriente disminuye.

$$i = \int \vec{J} \cdot d\vec{A} = \frac{dq}{dt} = neAv_d$$

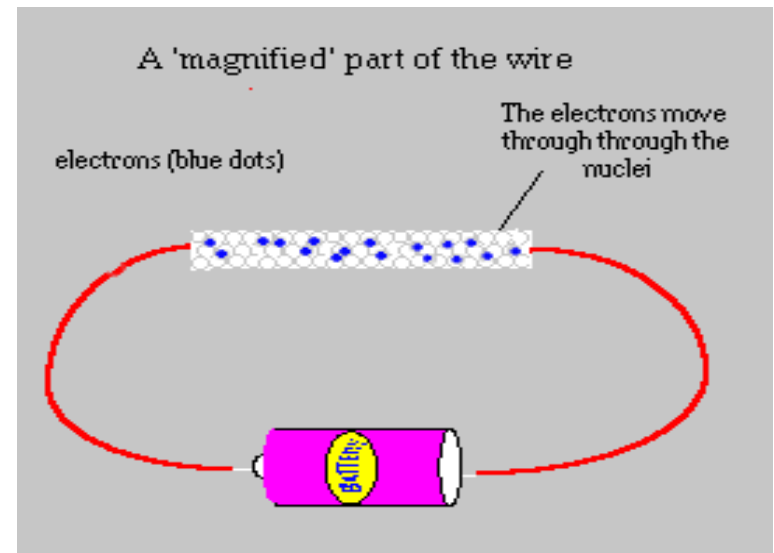
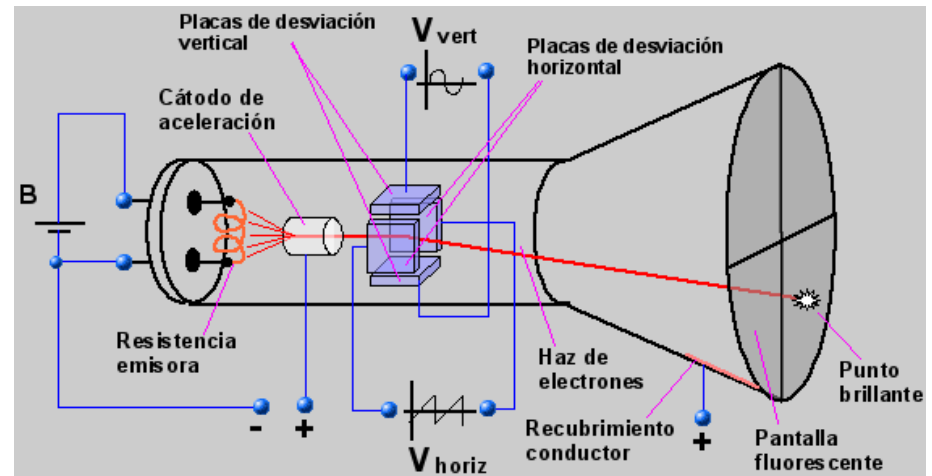
Corriente y Resistencia

Flujo de corriente a través del vacío.



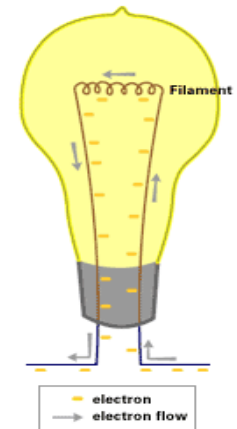
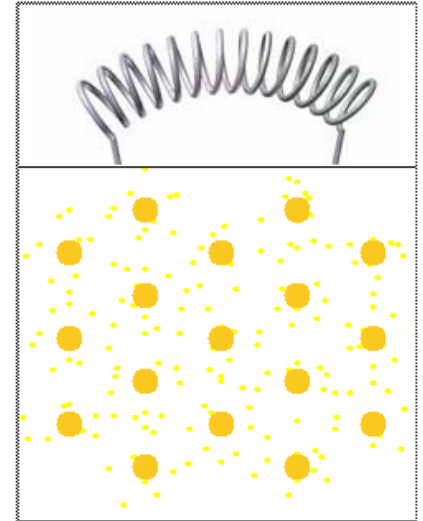
Flujo de corriente a través de un metal.
Oposición (“fricción”) que presenta el material al movimiento de los electrones.
Esta pérdida de energía se manifiesta de dos formas:

- calor
- caída de voltaje



¿Qué hace a un foco brillar?

- Los focos tienen un alambre muy delgado (filamento), a través del cual fluye la corriente
- El filamento presenta **resistencia** a la corriente
 - **Electrones colisionan con la red del material y producen calor**
 - **Muy parecido a la fricción**
- El filamento se calienta, y consecuentemente emite luz, son poco eficientes ya que la mayor parte de la energía se “pierde” en forma de calor.
 - **Se pone “rojo caliente”**
 - **Muy distinto a los conocidos como “focos ahorradores”**

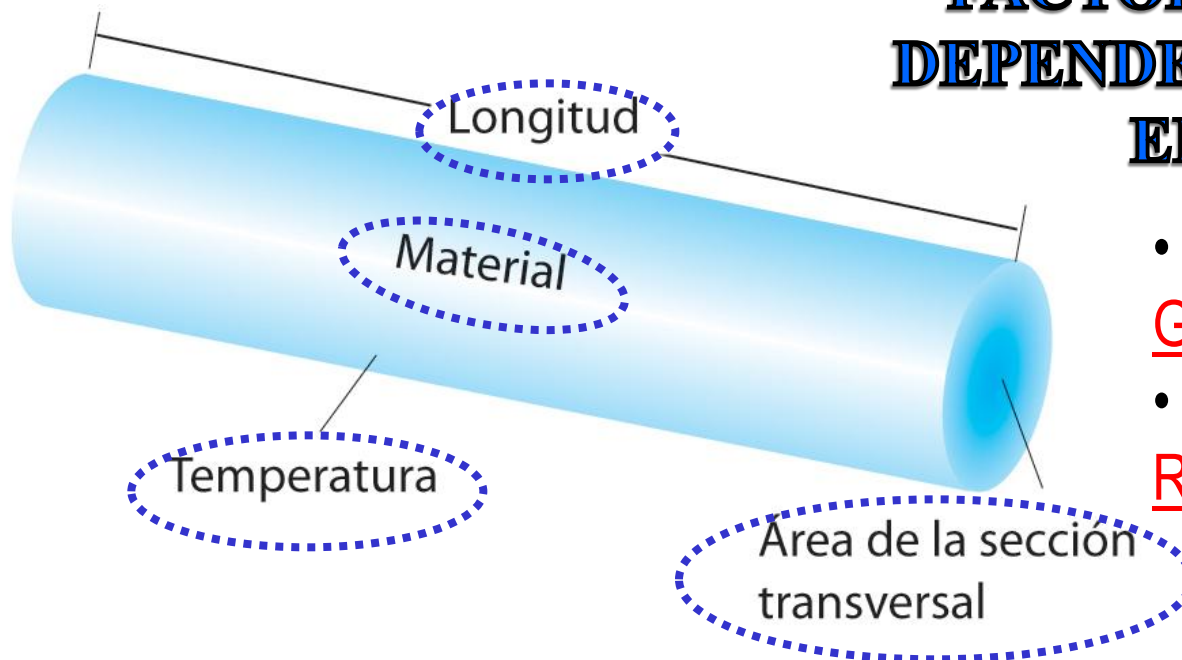


RESISTENCIA ELÉCTRICA (R)

Oposición (“fricción”) que presenta el material al movimiento de los electrones. Esta pérdida de energía se manifiesta de dos formas:

- Como una caída de voltaje (tensión) en el conductor
- Disipación de energía en forma de calor.

FACTORES DE LOS QUE DEPENDE LA RESISTENCIA ELECTRICA



- Área y Longitud:

Geometría

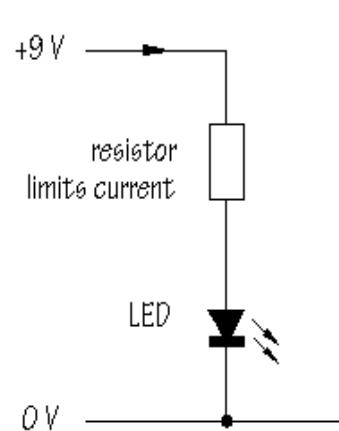
- Material y Temperatura:

Resistividad

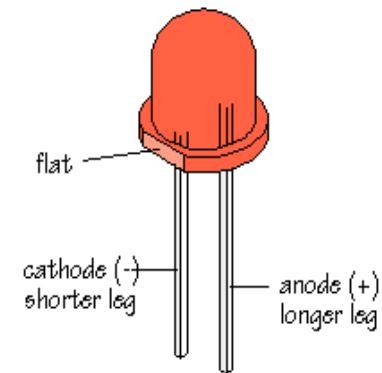
TIPOS Y FUNCIONES DE UN RESISTOR



Resistors limit current. In a typical application, a resistor is connected in series with an LED:



LED connections



0	0	x 1
1	1	x 10
2	2	x 100
3	3	x 1000
4	4	x 10.000
5	5	x 500.000
6	6	x 1.000.000
7	7	x 10.000.000
8	8	10%
9	9	100%

± 1%

± 2%

± 5%

± 10%

TOLERANCIA



La resistencia

Determina la cantidad de corriente que fluye

= la relación entre la diferencia de Potencial y la corriente

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

La unidad de la **resistencia** en el SI es el **Ohm**, Ω , denominada en honor de **Georg Simon Ohm**.



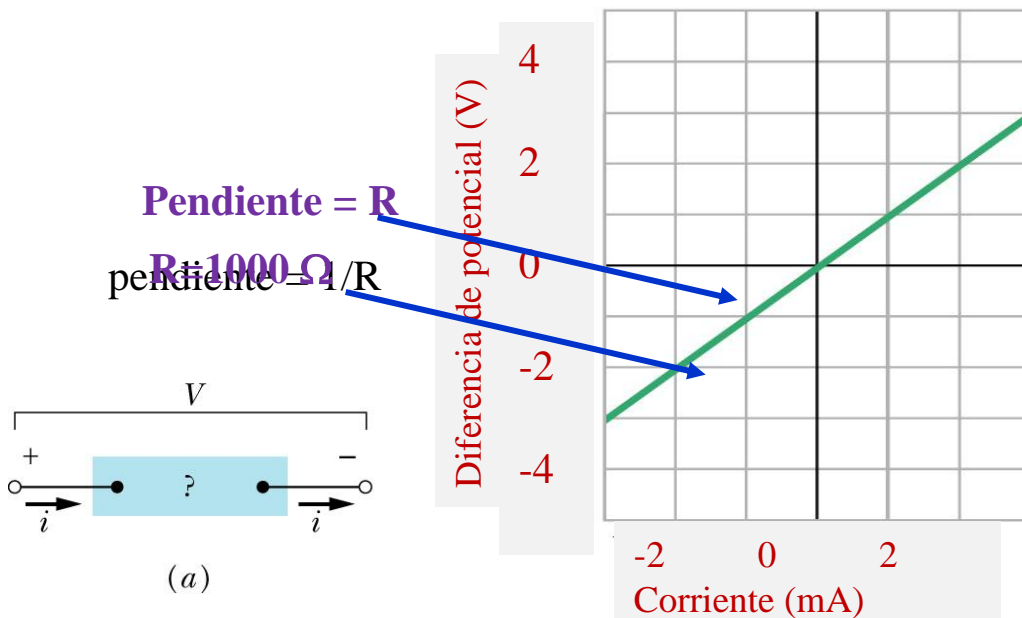
1789 - 1854

Un **Ohmio** de resistencia, es la resistencia para que una corriente de **un Amperio** produzca una diferencia de potencial de **un Voltio**.

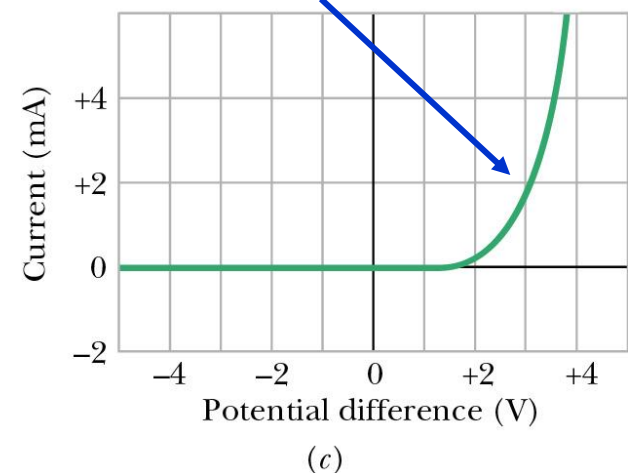
La Ley de Ohm

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

- La ley de Ohm establece que la corriente a través de un dispositivo es siempre directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada al dispositivo.
- Un dispositivo conductor obedece la ley de Ohm cuando la resistencia del dispositivo es independiente de la magnitud y polaridad de la diferencia de potencial aplicada.
- Un material conductor obedece la ley de Ohm cuando la resistividad del material es independiente de la magnitud y dirección del campo E aplicado.



No obedece la ley de Ohm



Corriente a través de un resistor

Si la corriente se duplica, ¿qué cambia?

- A. El voltaje a través del resistor se duplica.
- B. La resistencia del resistor se duplica.
- C. El voltaje en el alambre entre la batería y el resistor se duplica.
- D. El voltaje a través del resistor cae por un factor de 2.
- E. La resistencia del resistor cae por un factor de 2.



Resistividad (ρ) y Conductividad (σ)

- En lugar de considerar la resistencia global del objeto, vamos a discutir las propiedades de un material para resistir el flujo de corriente eléctrica.
- Esto es llamado la **resistividad**. (ρ), nada que ver con la densidad de carga volumétrica.
- La resistividad NO está relacionada con la diferencia de potencial V y la corriente i , **está relacionada con el campo eléctrico E y la densidad de corriente J .**

Definición de resistividad

$$\rho = \frac{E}{J}$$

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

Unidad: V/m sobre $A/m^2 = Vm/A = \text{ohm-metro} = \Omega \text{ m}$

- Note que la habilidad para que la corriente fluya en un material no solo depende del material, si no también la conexión eléctrica al material.

σ Para la conductividad. Nada que ver con la densidad superficial de carga.



$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$



(a)



(b)

Definición de conductividad

Más sobre la Resistividad

- Debido a que la resistividad tiene unidades de ohm-metro, usted podría pensar que sólo tendría que dividir para la longitud del material para hallar la resistencia en ohmios.

$$R = \rho / L?$$

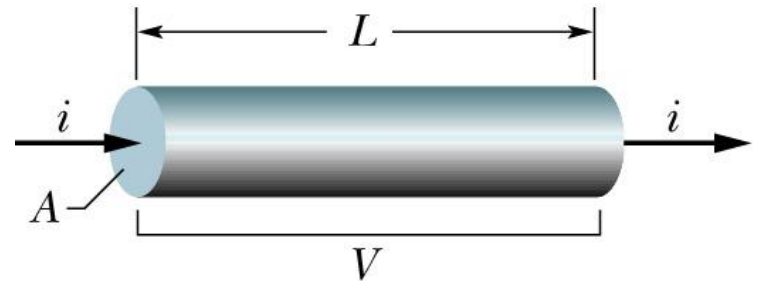
DETERMINEMOS LA RESISTENCIA DE ESTE CONDUCTOR

Debido a que

$$E = V / L \text{ y } J = i / A$$

La resistividad es

$$\rho = \frac{E}{J} = \frac{V / L}{i / A} = RA / L$$



$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Resistencia a partir de la resistividad

La resistividad de un material es equivalente a la resistencia del material de dimensiones unitarias

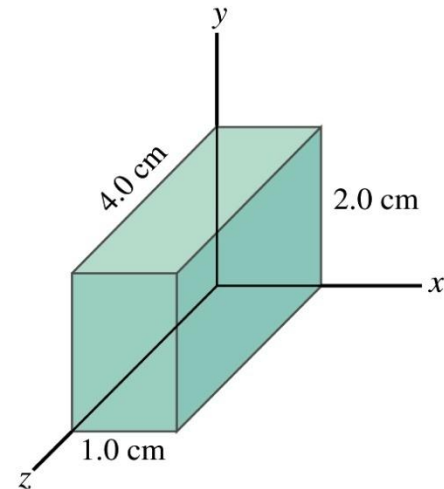
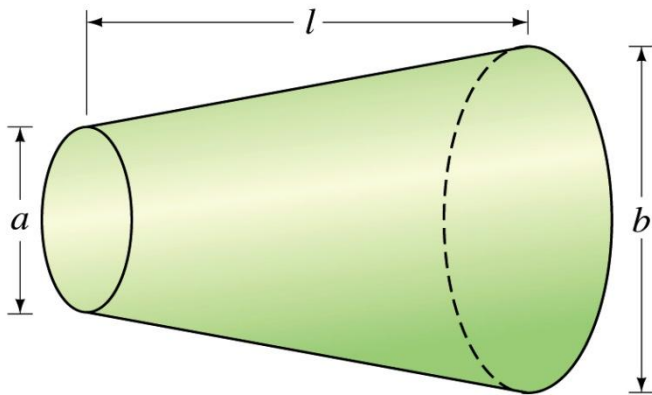
- Dependencia de la temperatura: el incremento en la temperatura da lugar a un incremento en la agitación de la estructura del material, impidiendo el flujo ordenado de corriente. Consideramos un coeficiente de temperatura α :

$$\rho - \rho_0 = \rho_0 \alpha (T - T_0)$$

ρ_0 es la resistividad a $T_0 = 20^\circ C$

$$R = \rho \left(\frac{L}{A} \right)$$

- Incrementando la **longitud** → se impide el flujo de electrones
- Incrementando la sección transversal **área** → el flujo se facilita

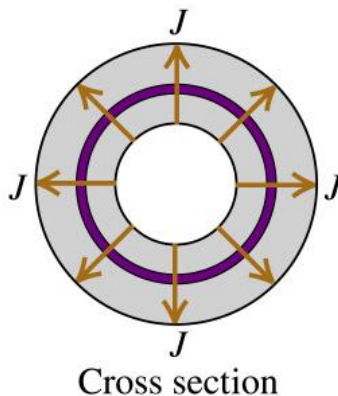
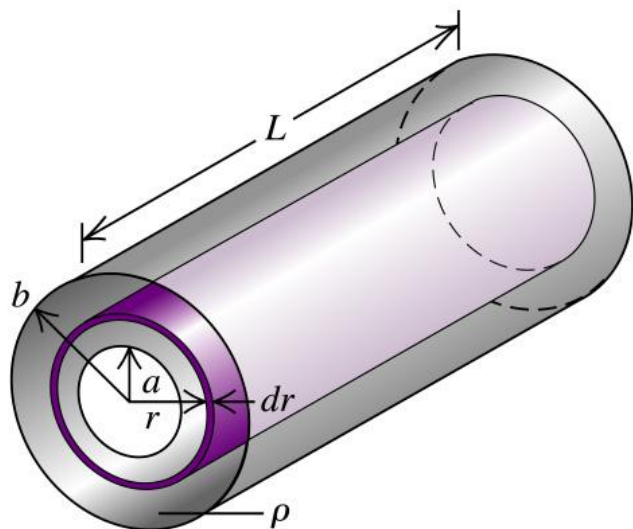


Si entre la superficie interior y la superficie exterior del conductor cilíndrico mostrado en la figura, se lo conecta a una determinada diferencia de potencial, ¿cuál sería la resistencia que presentaría el cilindro al paso de la corriente?

Expresión general de la resistencia

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

La corriente viaja a través de un área cilíndrica que se incrementa con el radio. Determinemos un diferencial de resistencia del cilindro



$$dR = \rho \frac{dr}{2\pi rL}$$

dr es el espesor de la pared cilíndrica

Integramos desde la superficie interior hasta la superficie exterior

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \int_a^b \frac{dr}{r}$$

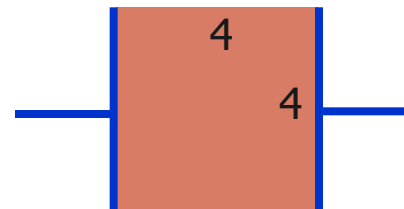
Resistividad de un Resistor

5. Tres resistores son hechos del mismo material, con medidas en mm mostradas abajo. Ordénelos de mayor a menor en términos de su resistencia.

- A. I, II, III.
- B. I, III, II.
- C. II, III, I.
- D. II, I, III.
- E. III, II, I.

$$R = \rho \left(\frac{L}{A} \right)$$

I.



II.



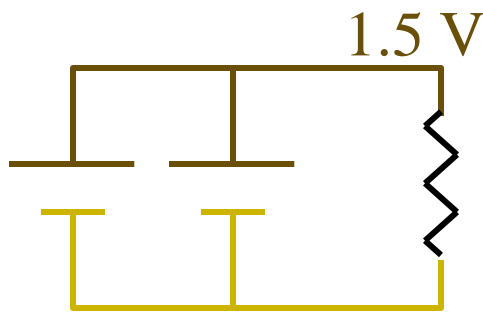
III.



Cada uno tiene sección transversal cuadrada

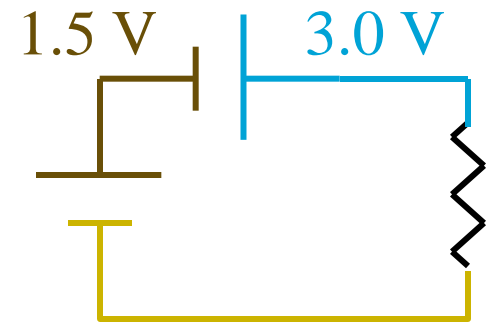
Los Conductores están a Voltaje Constante

- Los conductores en un circuito son tramos idealizados con cero-resistencia
 - Por tanto $\Delta V = IR$ significa $\Delta V = 0$ (si $R = 0$)
- Se puede asignar un voltaje por cada segmento de conductor en un circuito



0 V

Las baterías en paralelo añaden *energía*, pero NO Voltaje.



0 V

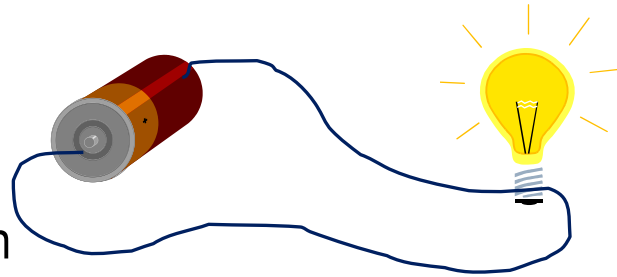
Las baterías en serie Añaden voltaje.

Potencia

Baterías & Resistores

Energía consumida

Rapidez con que la fuente entrega energía (convierte su energía en energía eléctrica)



química
a eléctrica
a calor

Rapidez es: $\frac{\text{energía}}{\text{tiempo}} = \text{potencia} \left(\frac{\text{J}}{\text{s}}\right)$

Qué sucede?

$$P = \frac{\text{Trabajo}}{\text{Tiempo}} = \frac{V dq}{dt} = V I$$

Diferencia de Potencial

$$P = VI$$

Cargas / tiempo

Los resistores disipan energía. La energía que disipan es igual al trabajo requerido para mover las cargas a través del resistor.

Lo puede escribir también

Para Resistores:

$$P = (IR)I = I^2 R$$

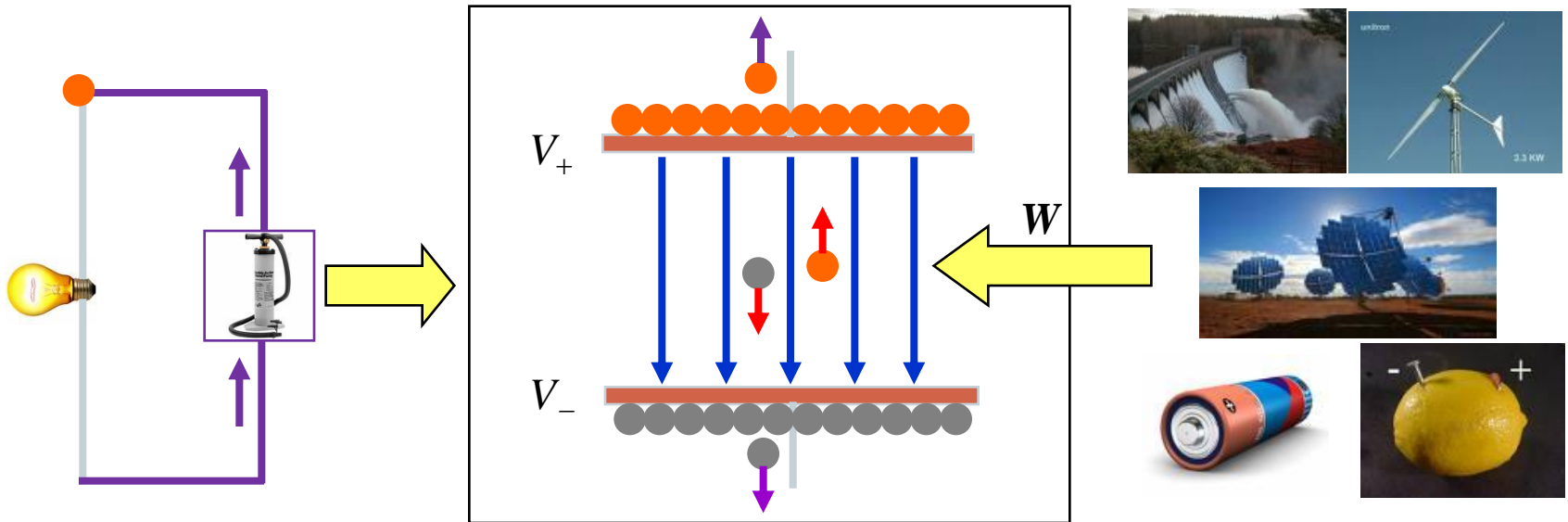
$$P = V(V/R) = V^2/R$$

Unidades?

$$\frac{\text{Joule}}{\text{Coulomb}} \times \frac{\text{Coulomb}}{\text{segundo}} = \frac{\text{J}}{\text{s}} = \text{Watt}$$



Fem y dispositivos de fem



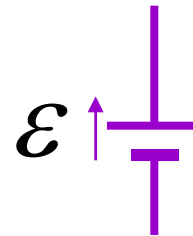
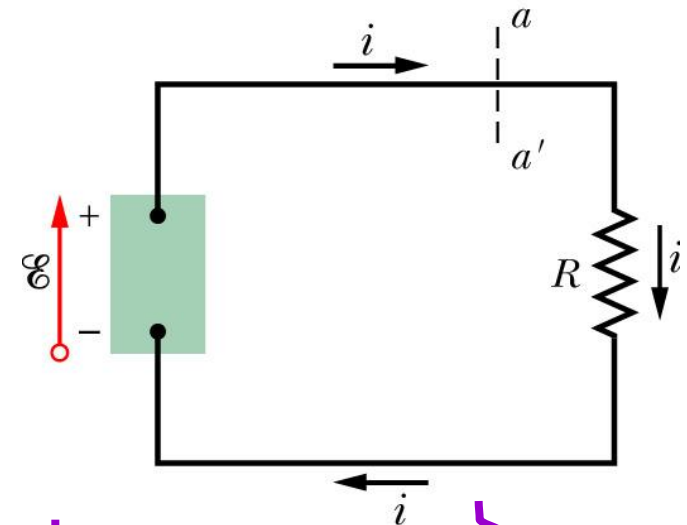
- El término **fem** se deriva de la frase **fuerza electromotriz**.
- Los dispositivos de fem incluyen baterías, generadores eléctricos, celdas solares, celdas de combustibles,.....
- Los dispositivos de fem son fuentes de carga, pero también fuentes de voltaje (diferencia de potencial).
- Los dispositivos de fem deben realizar trabajo para bombear cargas desde bajo a altos potenciales.
- Las fuentes de energía de los dispositivos de fem son: (energía) química, solar, mecánica, térmica, eléctrica....

La Fem \mathcal{E}

- Necesitamos un símbolo para la *fem*, y usaremos \mathcal{E} para representarla. \mathcal{E} Es la diferencia de potencial entre los terminales del dispositivo de *fem*.
- La unidad para la *fem* en el SI es el Voltio (V).
- Recordando la relación entre energía, carga, y voltaje $dqV = dW$
- Entonces, $\mathcal{E} = \frac{dW}{dq}$: para el dispositivo
- La potencia del dispositivo (fuente)

$$dW = \mathcal{E} dq \Rightarrow \frac{dW}{dt} = \mathcal{E} \frac{dq}{dt}$$

$$P = \mathcal{E}i$$

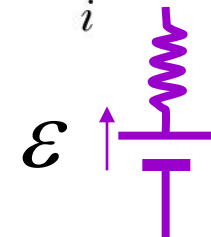


Dispositivo de fem

ideal:

$$V = \mathcal{E}$$

(lazo abierto o cerrado)



Dispositivo de fem

real:

$$V = \mathcal{E} \text{ (lazo abierto)}$$

$$V < \mathcal{E} \text{ (lazo cerrado)}$$

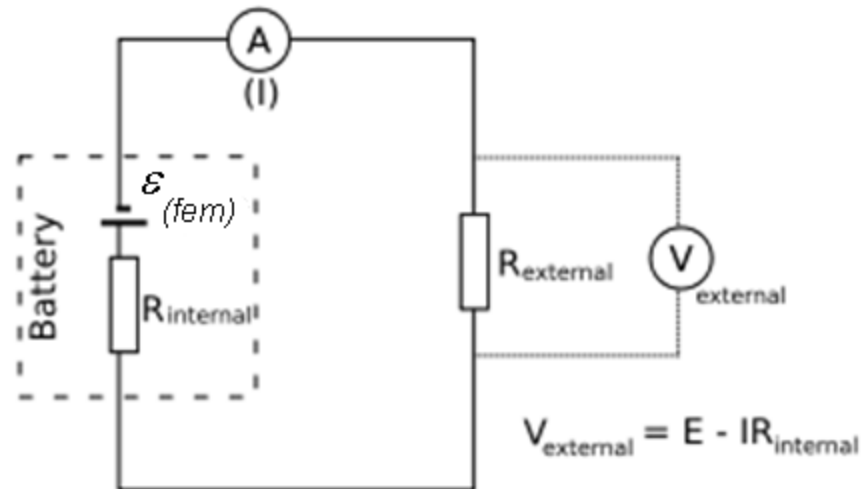
RESISTENCIA INTERNA

La existencia de una resistencia interna es indicada midiendo la diferencia de potencial a través de una batería. Esta es siempre menor que la FEM (\mathcal{E}) de la batería. Esto se debe a la *resistencia interna*.

$$V_{\text{externo}} = \mathcal{E} - V_{\text{interno}}$$

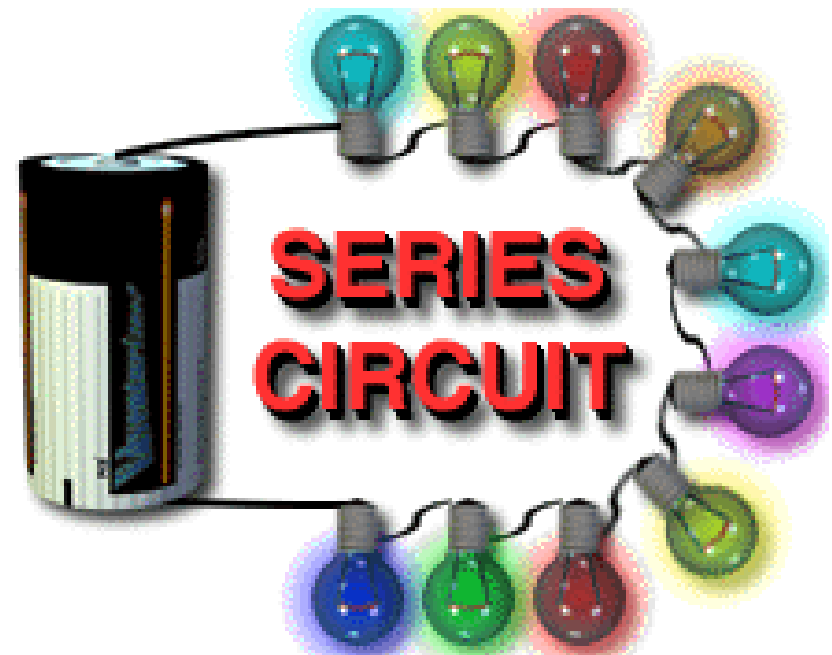
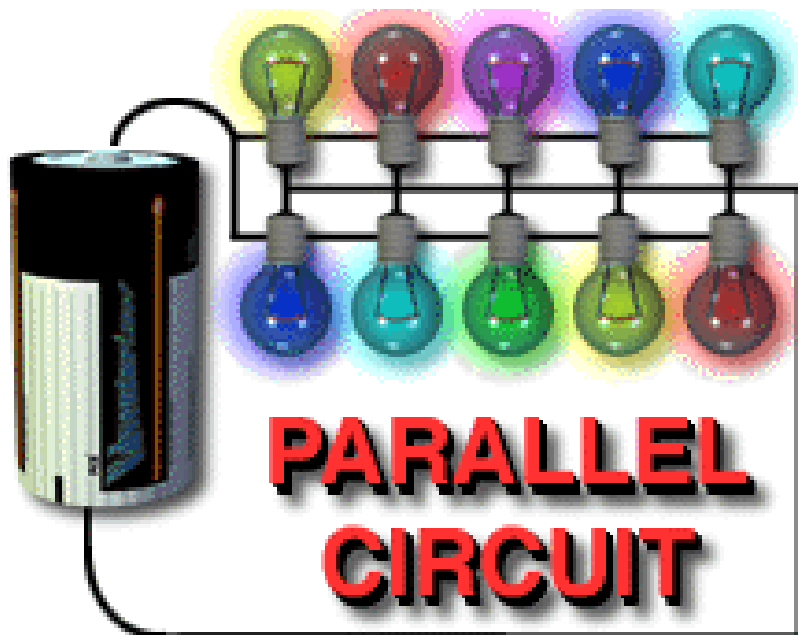
Debido a que $V = IR$:

$$V_{\text{externo}} = \mathcal{E} - IR_{\text{interna}}$$



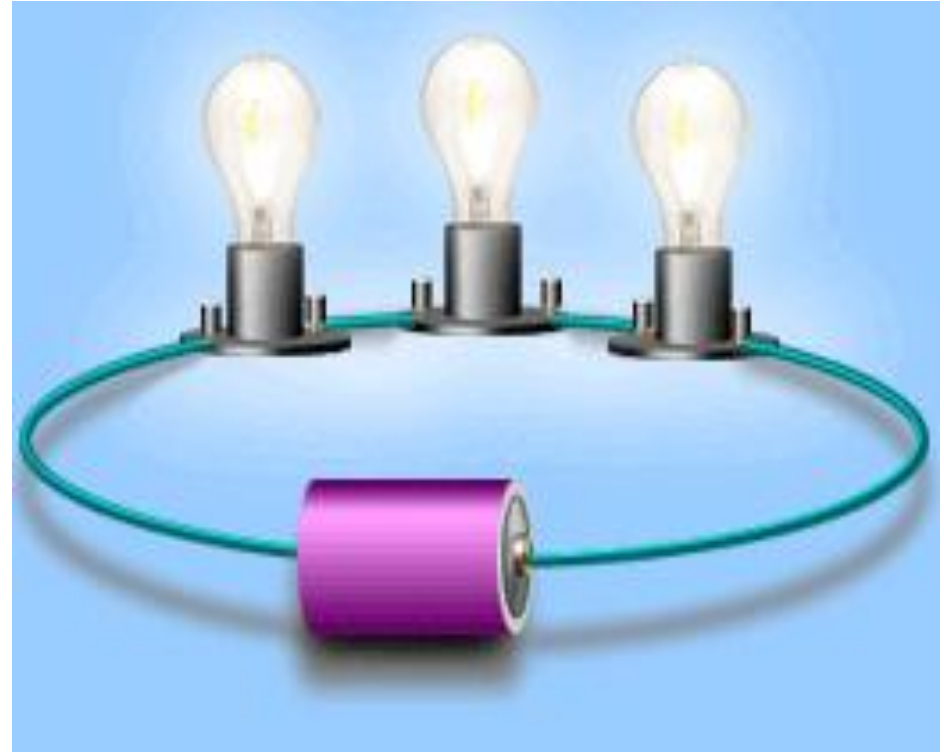
A una batería de 9V se le hace “corto-circuito”. La diferencia de potencial a través de la batería se mide i da 8V, la corriente obtenida es de 5A. ¿Cuál es la resistencia interna de la batería?

Tipos de Circuitos

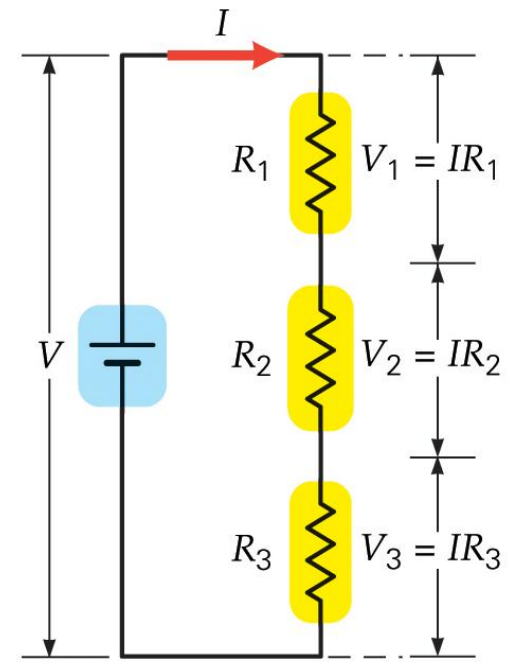
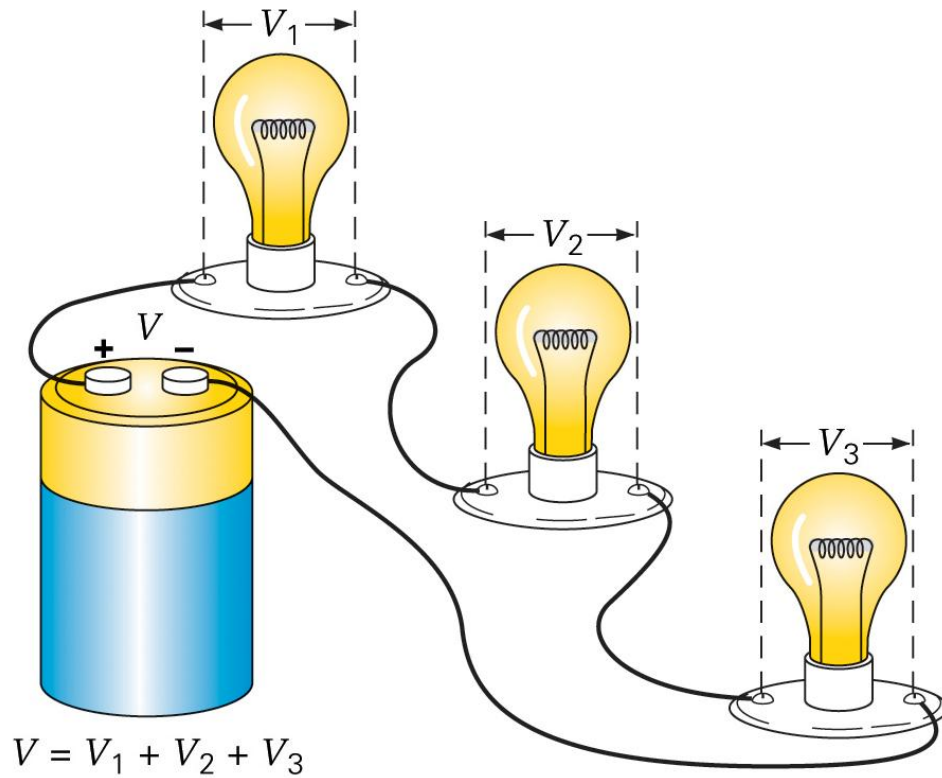


Circuito en Serie

- Un circuito que tiene un solo camino para que la corriente fluya se conoce como un ***circuito en serie***.
- **Si el camino se interrumpe, no fluye corriente a través del circuito.**



CIRCUITOS ELÉCTRICOS



UN CIRCUITO EN SERIE SENCILLO

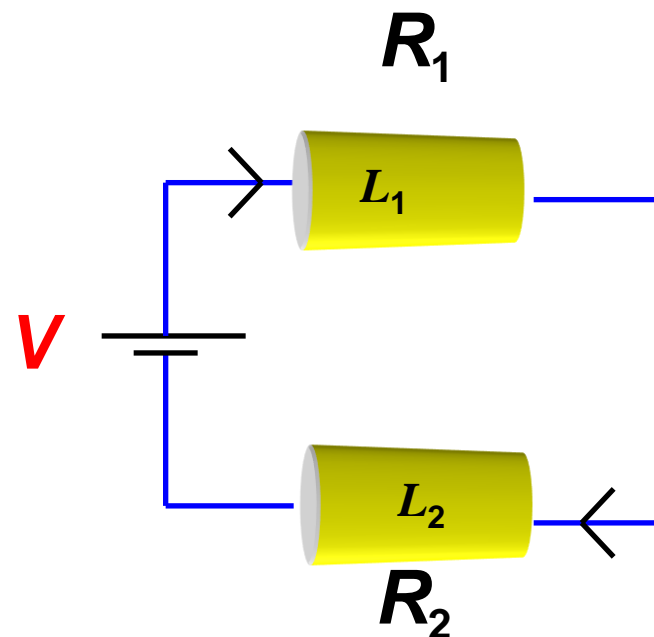
Cada foco se reparte la diferencia de potencial de la fuente

Resistores en Serie

Considere dos resistores cilíndricos con longitudes L_1 y L_2

$$R_1 = \rho \frac{L_1}{A}$$

$$R_2 = \rho \frac{L_2}{A}$$



Ponga los cilindros juntos para formar uno de mayor longitud...

$$R = \rho \frac{(L_1 + L_2)}{A} = \frac{\rho L_1}{A} + \frac{\rho L_2}{A}$$

$$R = R_1 + R_2$$

Circuitos Resistivos

1. Resistencia total es la suma de cada uno de los resistores

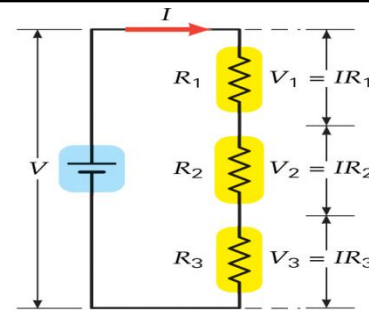
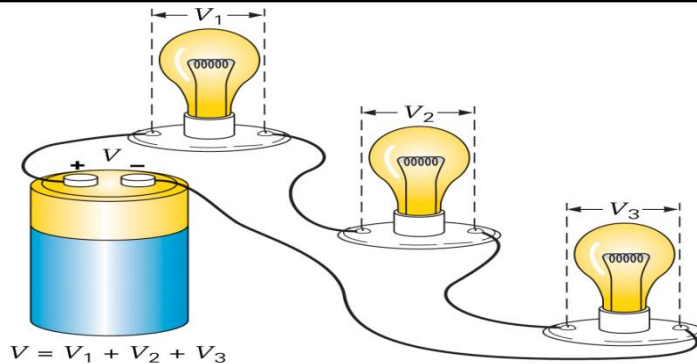
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

2. corriente es la misma a través de cada resistor

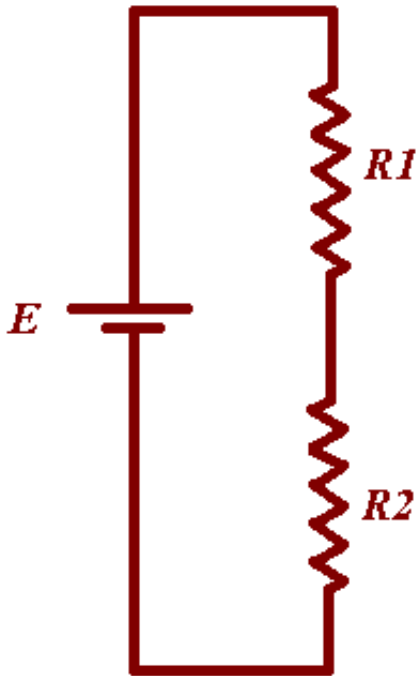
$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \dots$$

3. Diferencia de potencial total es la suma de los voltajes en cada resistor

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$$



Pregunta de concepto:



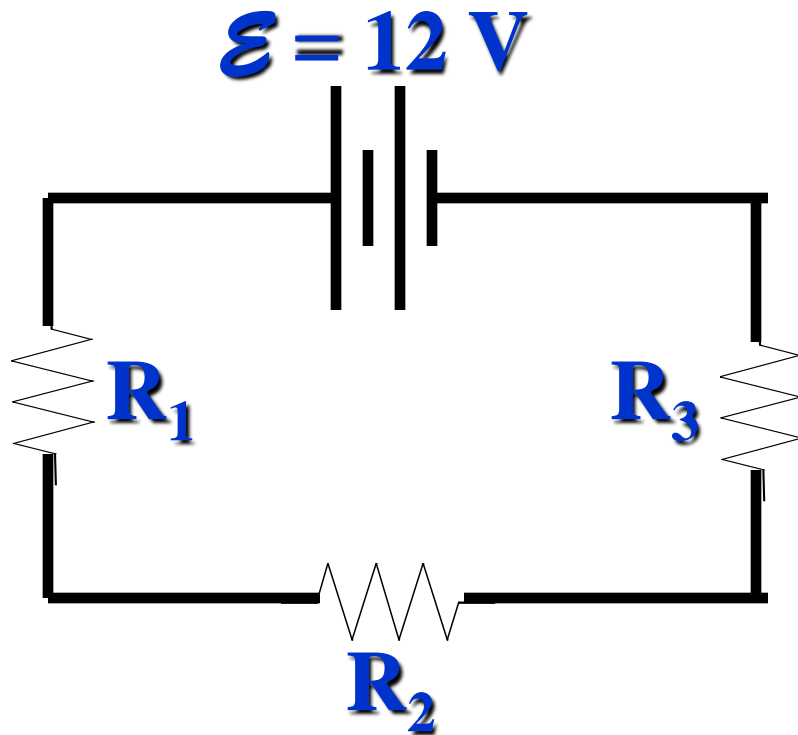
Two resistors are connected in series to a battery with emf E . The resistances are such that $R_1 = 2R_2$.

What is the potential difference across R_2 ?

a) $V_2 = E$

b) $V_2 = 1/2 E$

c) $V_2 = 1/3 E$



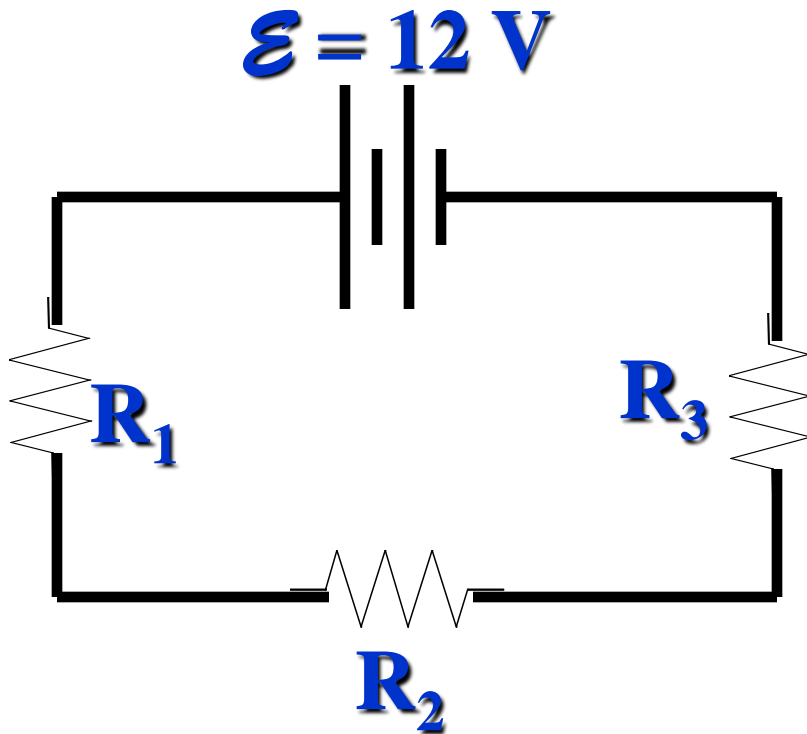
	$R, (\Omega)$	$V (V)$	$I (A)$	$P (W)$
R_1	8.0			
R_2	2.0			
R_3	5.0			

$$R_T =$$

$$V_T =$$

$$I_T =$$

$$P_T =$$



	$R,$ Ω	$V,$ V	$I,$ A	$P,$ W
R_1	8.0	6.4	0.80	5.1
R_2	2.0	1.6	0.80	1.3
R_3	5.0	4.0	0.80	3.2

$$R_T = 15 \Omega$$

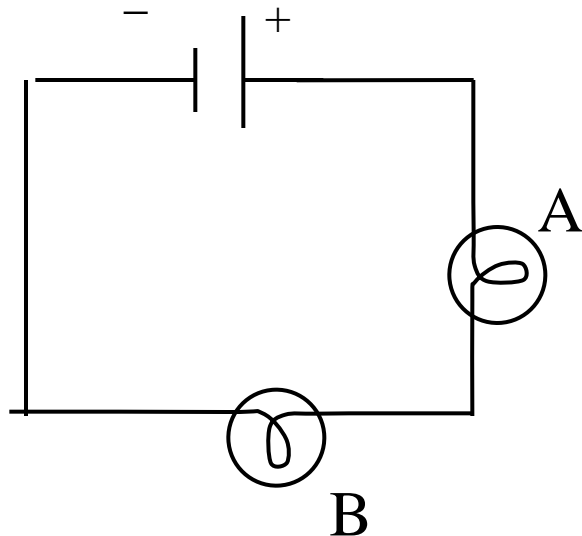
$$V_T = 12 \text{ V}$$

$$I_T = 0.80 \text{ A}$$

$$P_T = 9.6 \text{ W}$$

Focos en serie

- Cada foco (idénticos) presenta una “resistencia” a la corriente eléctrica circulante
- Añadiendo más focos en *serie*, añade resistencia a la corriente, por lo tanto menos corriente fluye

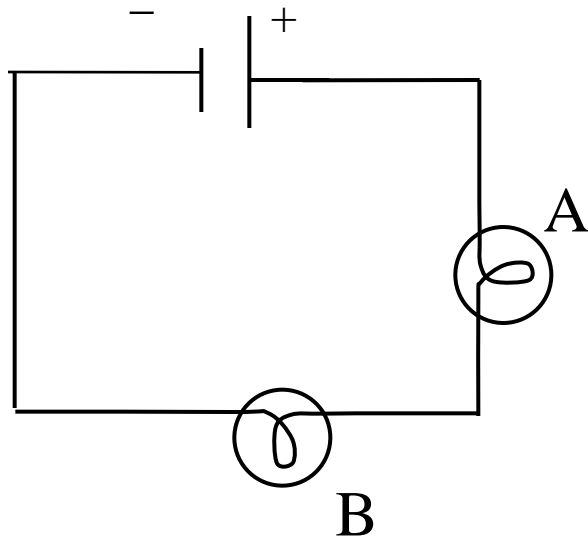


¿Cuál foco brilla más? ¿por qué?

- A) Foco A
- B) Foco B
- C) Igual brillo

Focos en serie

- Cada foco tiene diferente resistencia $R_A > R_B$
- Añadiendo más focos en *serie* añade resistencia a la corriente, por lo tanto menos corriente fluye



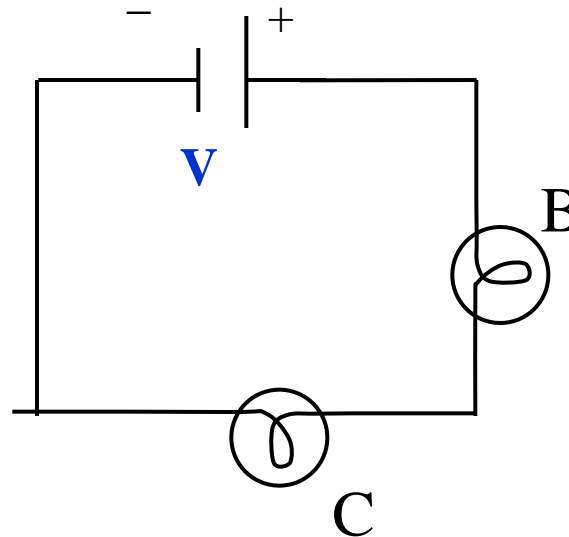
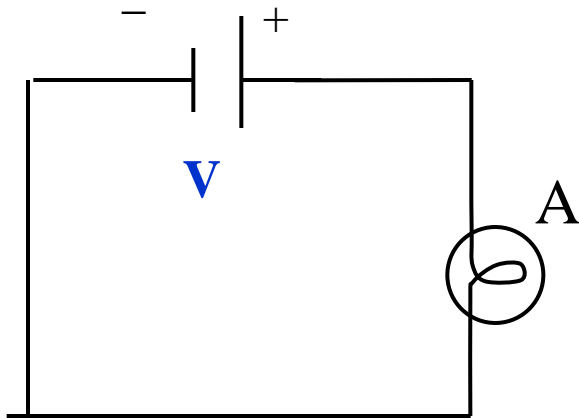
¿Cuál foco brilla más? ¿por qué?

- A) Foco A
- B) Foco B
- C) Igual brillo

Pregunta de concepto

Circuitos con múltiples resistencias

Ordene el brillo esperado de los focos en los circuitos mostrados, ej. $B > C$, $A = B$, etc. ¡Por qué!

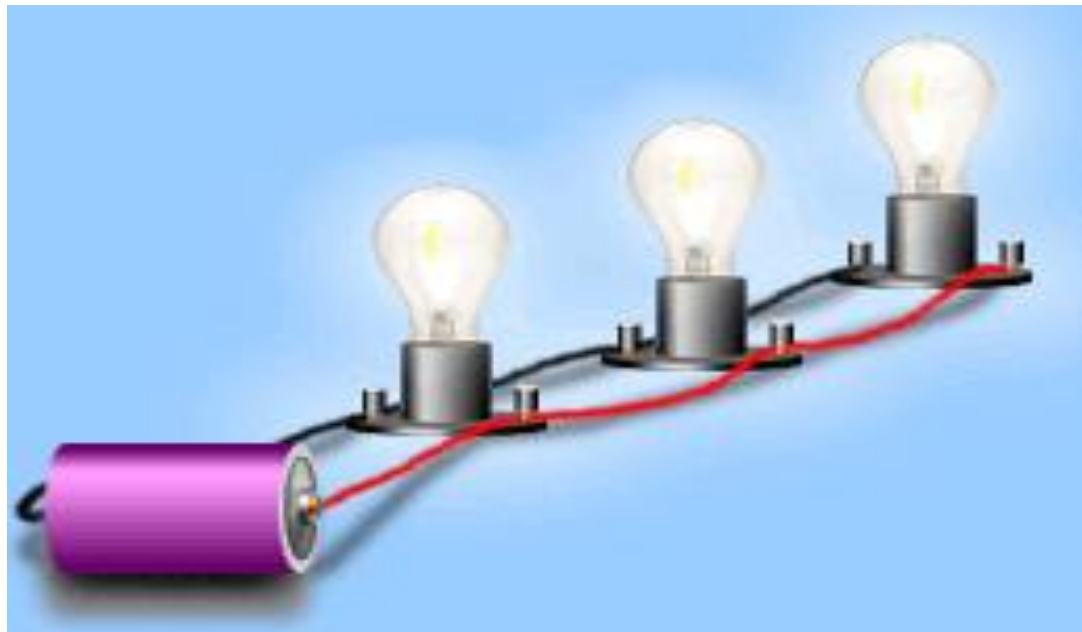


- a) $A = B = C$
- b) $A > B = C$
- c) $B = C > A$
- d) $A > B > C$
- e) $B > C = A$

LOS FOCOS SON IDÉNTICOS!

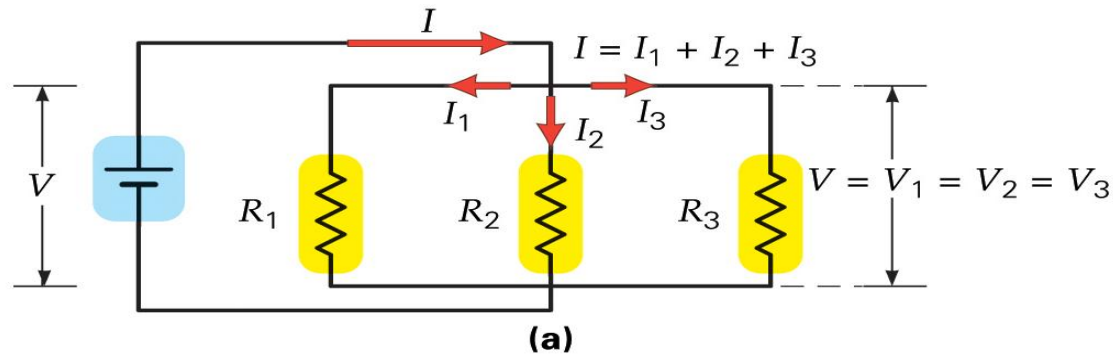
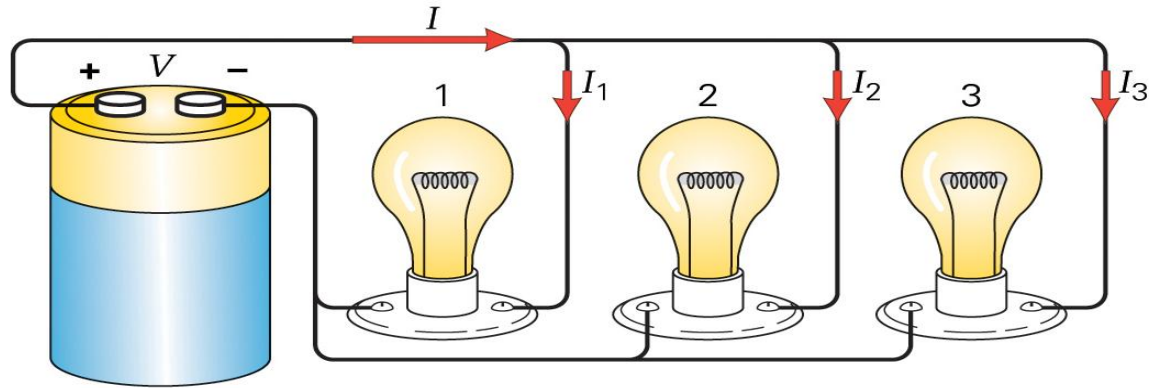
Circuito en Paralelo

Un tipo de circuito que tiene más de un camino para la corriente es llamado un *circuito en paralelo*. Si el camino se interrumpe, la corriente continúa fluyendo a través del circuito.



CIRCUITOS ELÉCTRICOS

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$



CONEXIÓN EN PARALELO

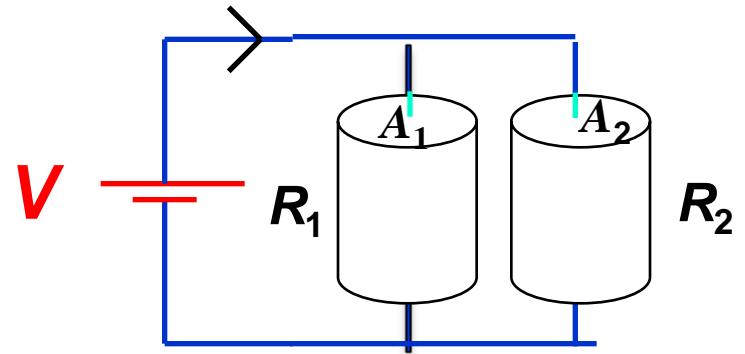
Cada foco se reparte la corriente de la fuente

Resistores en Paralelo

Considere dos resistores cilíndricos con áreas de sección transversal A_1 y A_2

$$R_1 = \rho \frac{L}{A_1}$$

$$R_2 = \rho \frac{L}{A_2}$$



Póngalos juntos, lado a lado...para hacer uno más “grosso”,

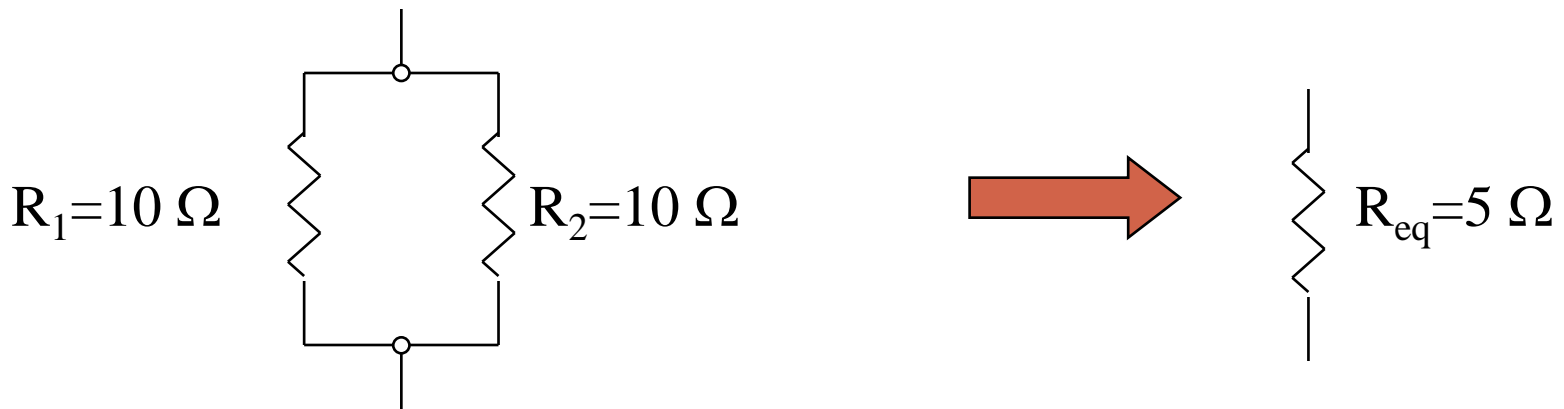
$$R_{equivalente} = \frac{\rho L}{(A_1 + A_2)} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{R_{equivalente}} = \frac{A_1}{\rho L} + \frac{A_2}{\rho L} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

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

Las resistencias en paralelo tienen comportamiento especial....

- Regla para resistencias en paralelo:

$$1/R_{equi} = 1/R_1 + 1/R_2$$



Si $R_1 > R_2$, entonces $R_{eq} < R_2$

Paralelo

1. el recíproco de la resistencia equivalente es la suma de los recíprocos de cada una de las resistencias

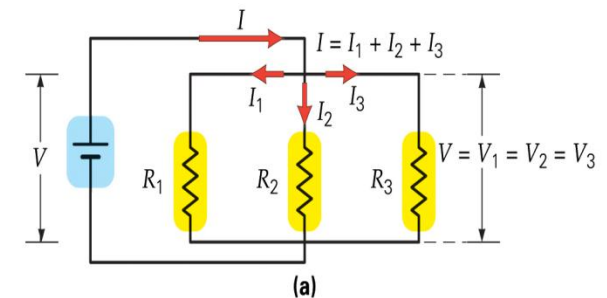
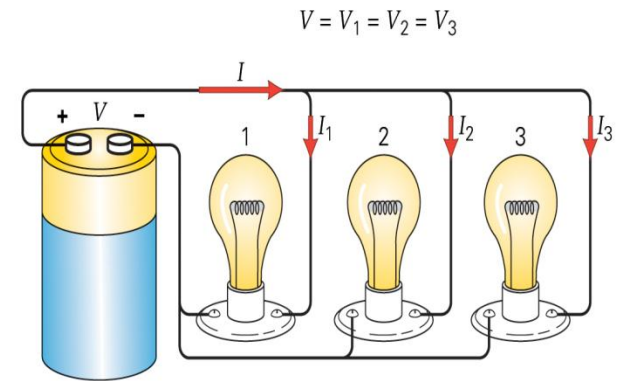
$$1/R_T = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots$$

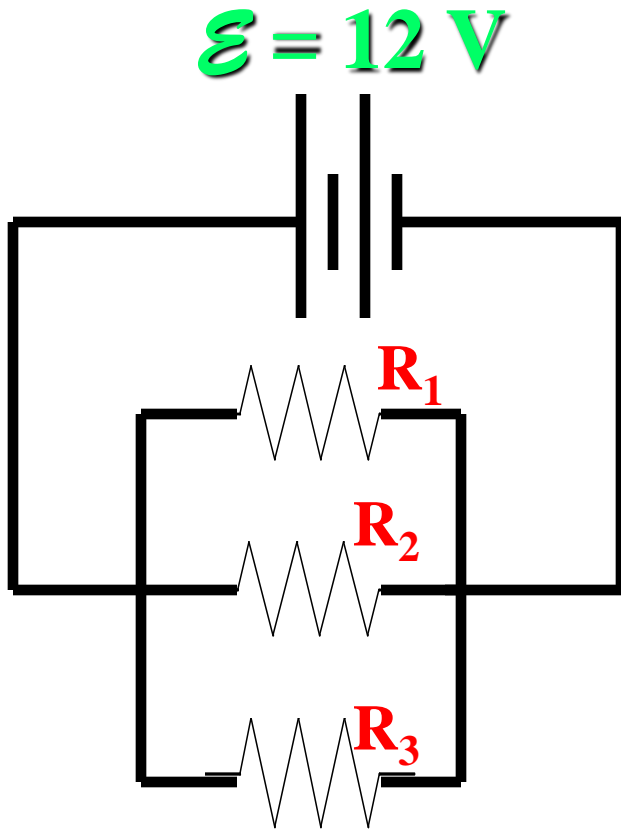
2. La corriente total es la suma de las corrientes a través de cada resistor

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

3. Diferencia de potencial es la misma a través de cada resistor

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = \dots$$





	$R,$ Ω	$V,$ V	$I,$ A	$P,$ W
R_1	12			
R_2	8.0			
R_3	12			

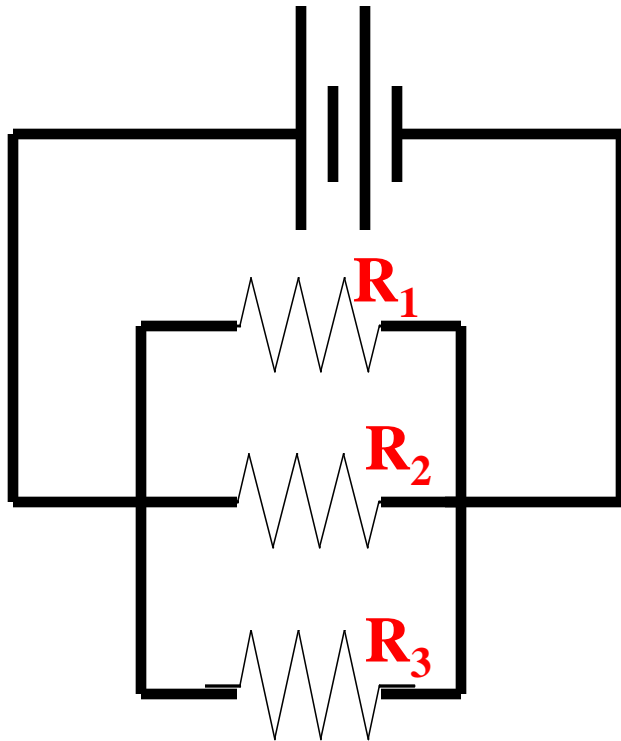
$$R_T =$$

$$V_T =$$

$$I_T =$$

$$P_T =$$

$$\mathcal{E} = 12 \text{ V}$$



	$R,$ Ω	$V,$ V	$I,$ A	$P,$ W
R_1	12	12	1.0	12
R_2	8.0	12	1.5	18
R_3	12	12	1.0	12

$$R_T = 3.42 \Omega$$

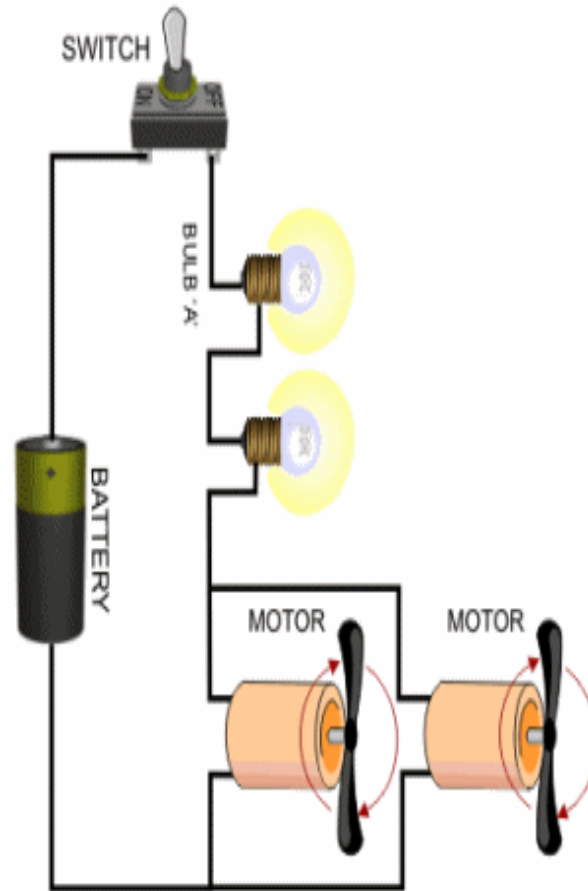
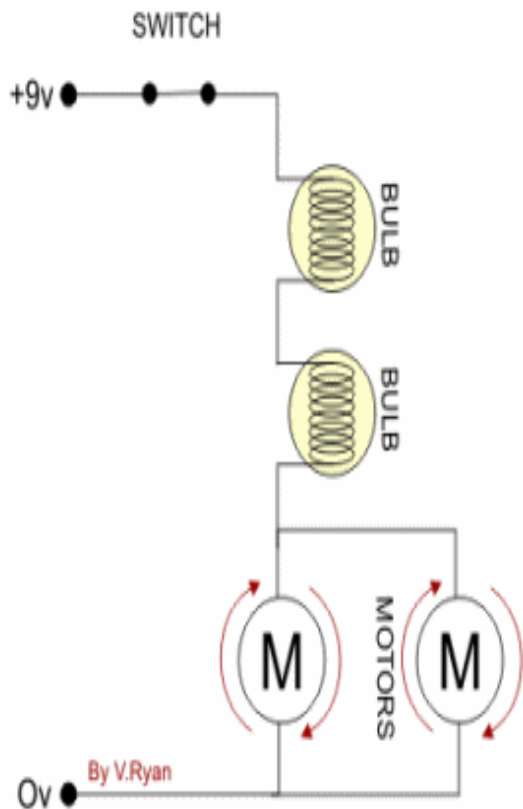
$$V_T = 12 \text{ V}$$

$$I_T = 3.50 \text{ A}$$

$$P_T = 42 \text{ W}$$

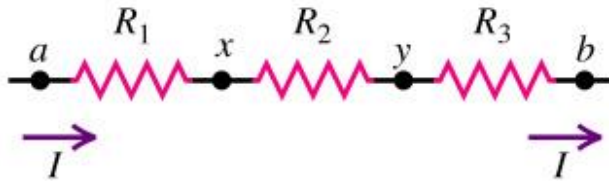
Combinación de Circuitos

55

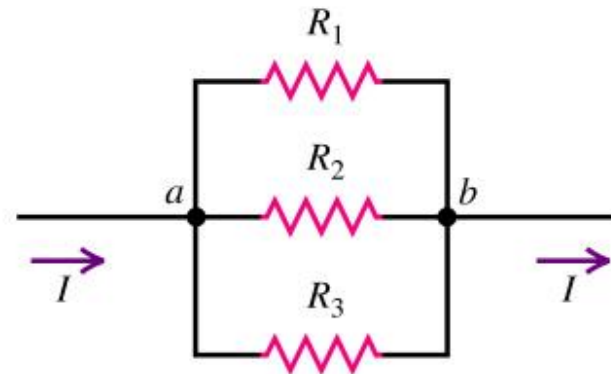


- ¿Qué ocurrirá en el circuito si uno de los motores deja de funcionar?
- ¿Qué ocurrirá si uno de los focos deja de funcionar?

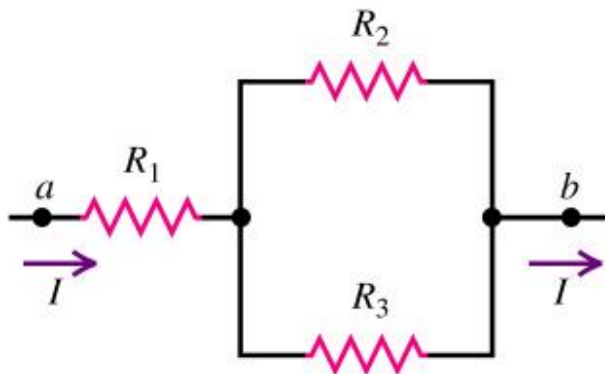
Resistencias en Serie y Paralelo



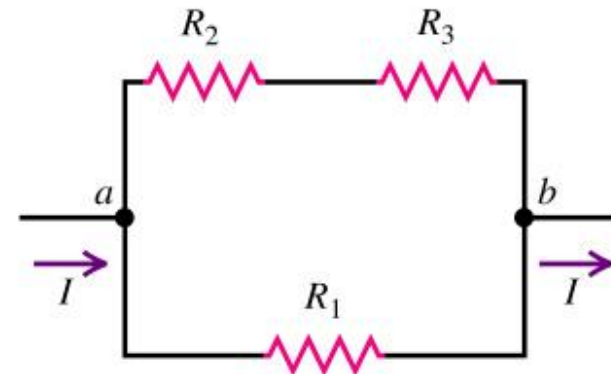
(a) R_1 , R_2 , and R_3 in series



(b) R_1 , R_2 , and R_3 in parallel

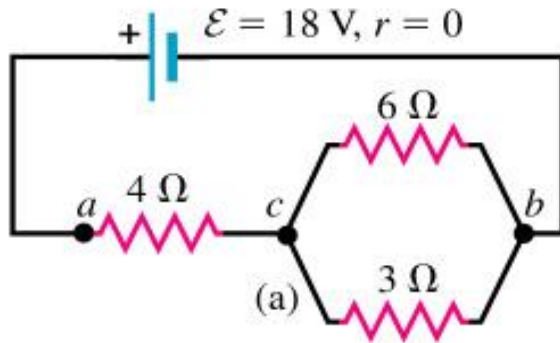


(c) R_1 in series with parallel combination of R_2 and R_3



(d) R_1 in parallel with series combination of R_2 and R_3

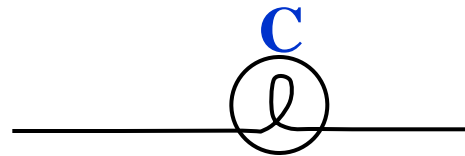
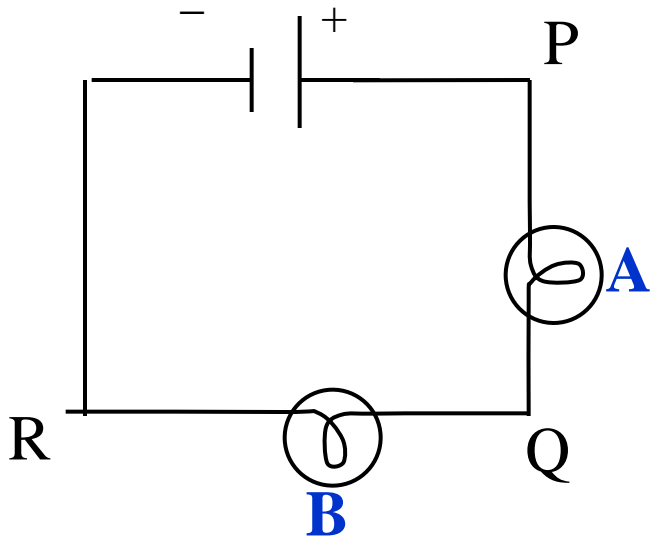
Resistencia Equivalente



PREGUNTA DE ACTIVIDAD

Añadiendo resistencias

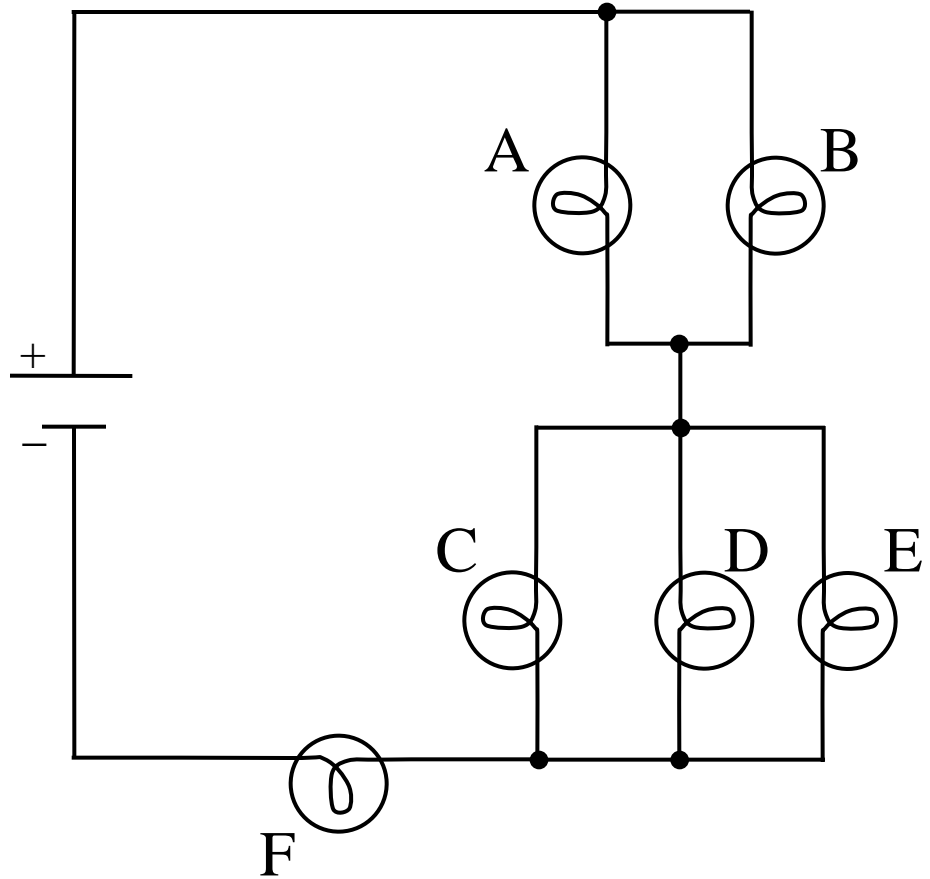
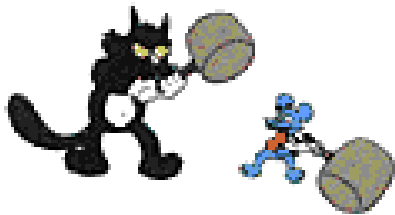
- ¿Dónde deberíamos colocar el foco C para lograr que el foco A sea el más brillante?



- a) En paralelo con A
- b) En paralelo con B
- c) En serie con A
- d) En serie con B

LOS TRES FOCOS SON IDÉNTICOS!

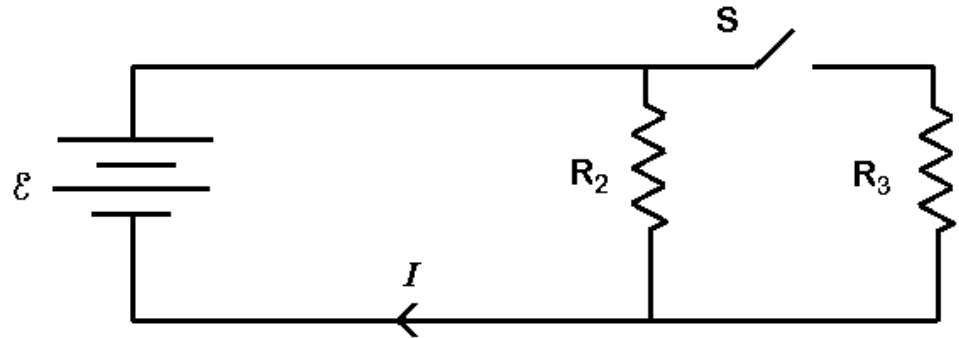
¡Un ejemplo más complejo!



Prediga el brillo relativo de los focos.

ACT

Dos focos idénticos son representados por los resistores R_2 y R_3 ($R_2 = R_3$). El interruptor S está inicialmente abierto.



¿Qué pasa con la corriente I , después de que el interruptor es cerrado ?

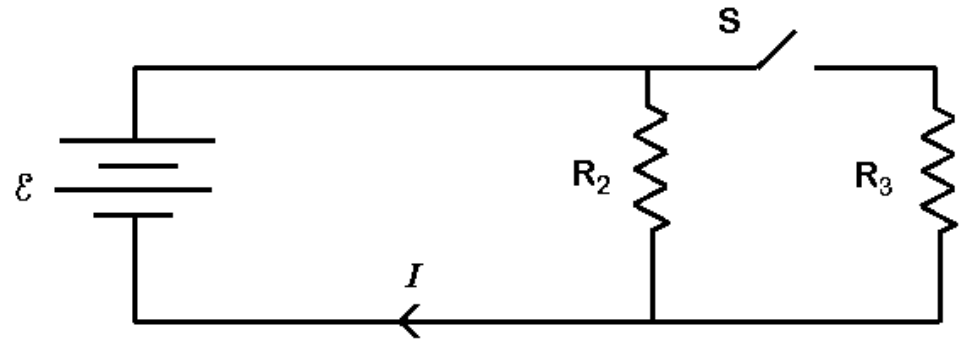
a) $I_{\text{después}} = 1/2 I_{\text{antes}}$

b) $I_{\text{después}} = I_{\text{antes}}$

c) $I_{\text{después}} = 2 I_{\text{antes}}$

ACT

Dos focos idénticos son representados por los resistores R_2 y R_3 ($R_2 = R_3$). El interruptor S está inicialmente abierto.



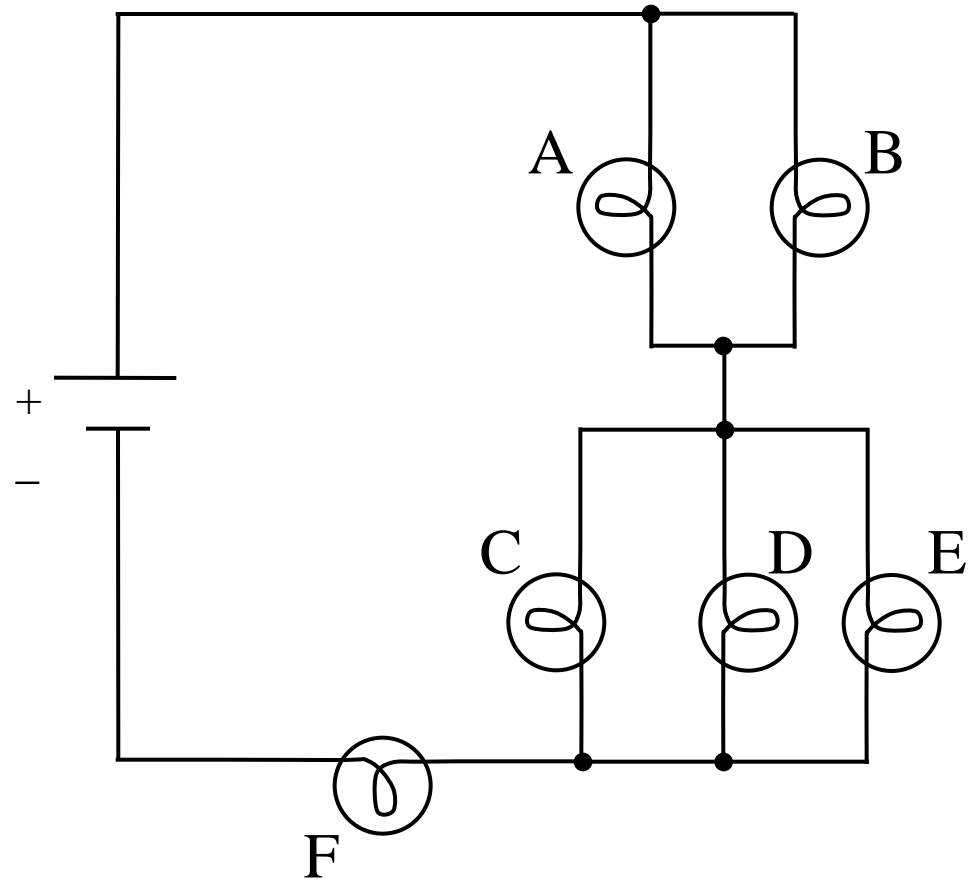
Si el interruptor S es cerrado, ¿qué pasa con el brillo del foco con resistencia R_2 ?

a) Se incrementa

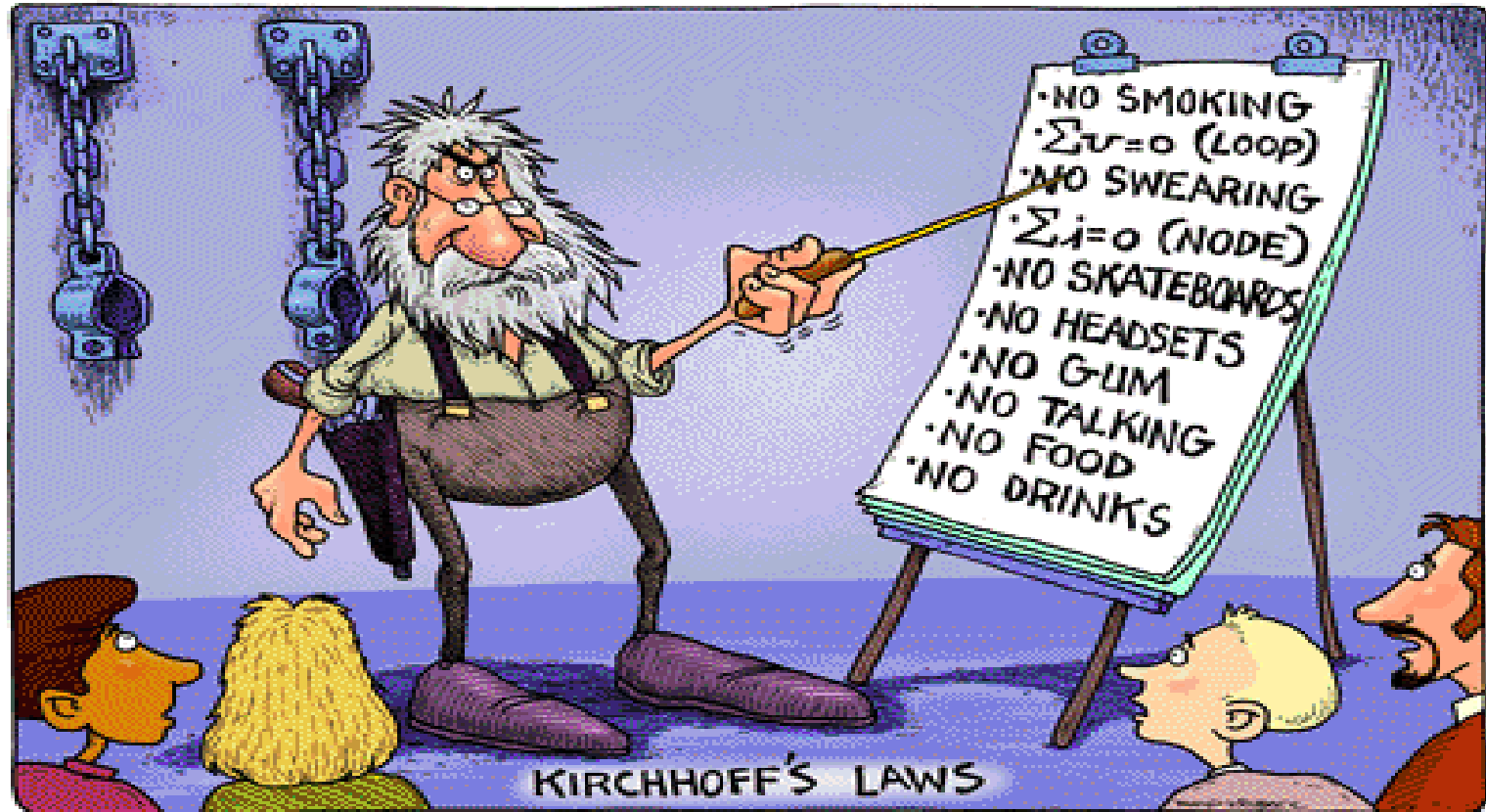
b) disminuye

c) No cambia

Si se desconecta el foco B, ¿el foco F brillará más (1), menos (2), o no varía su brillo (3)?



LAS LEYES DE Kirchhoff



Segunda Regla de Kirchhoff

“Regla de los lazos” o “Ley de los Voltajes de Kirchhoff (LVK)”

“Cuando se suman los voltajes a través de un lazo cerrado, la suma algebraica de ellos debe ser cero.”

LVK:

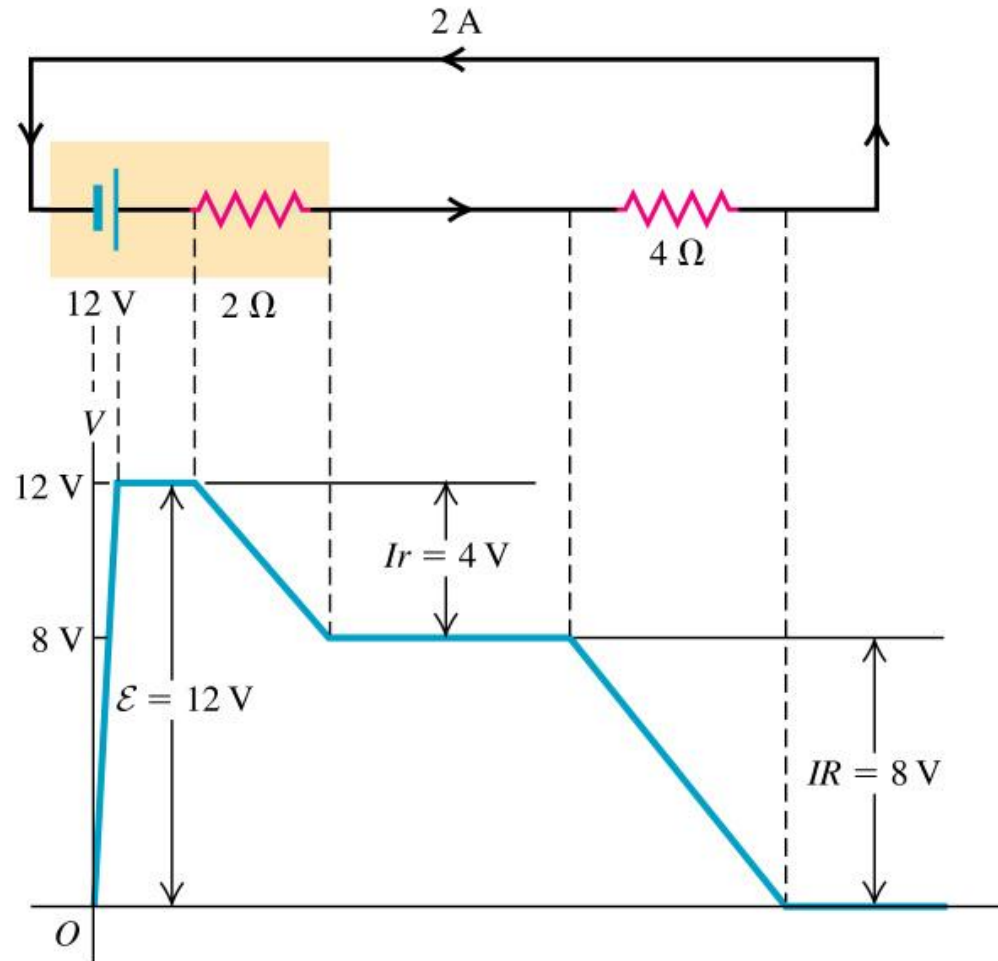
$$\sum_{\text{lazo}} V_n = 0$$

- Esto es otra forma de ver algo que ya conocemos: que la diferencia de potencial es independiente de la trayectoria!



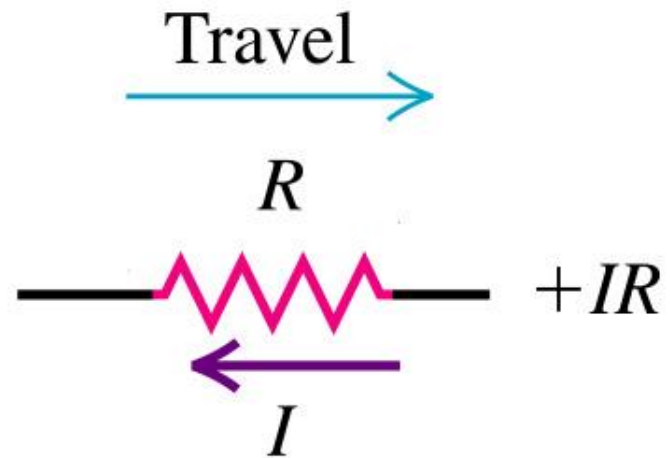
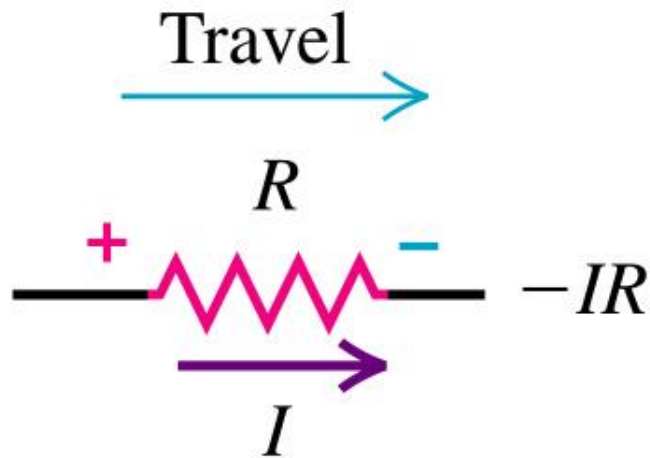
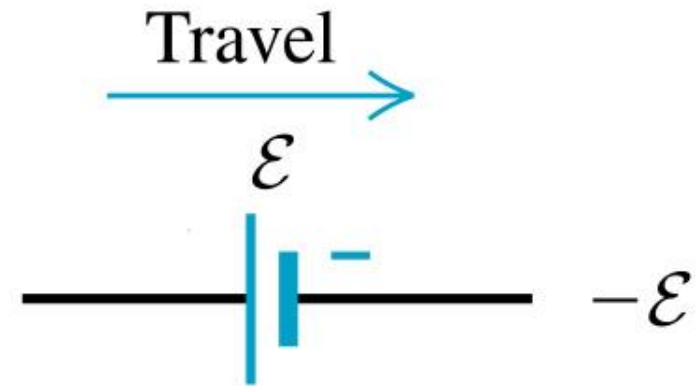
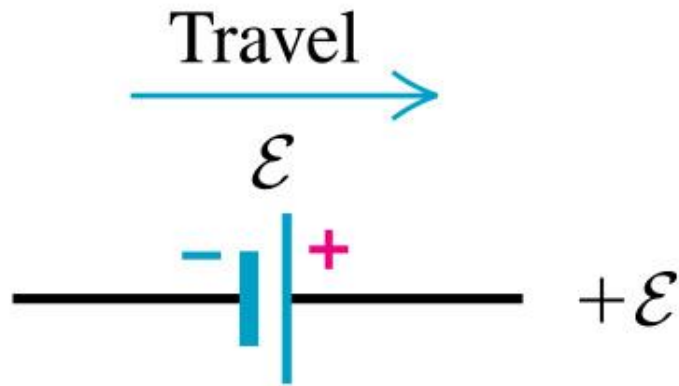
$$\varepsilon_1 - IR_1 - IR_2 - \varepsilon_2 = 0$$

La Suma de “Voltajes” en un Camino Cerrado (Lazo) vale Cero



Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley.

“Caída” y “Elevación” de Voltaje (tensión)



Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley.

Reglas de signos en un lazo cerrado

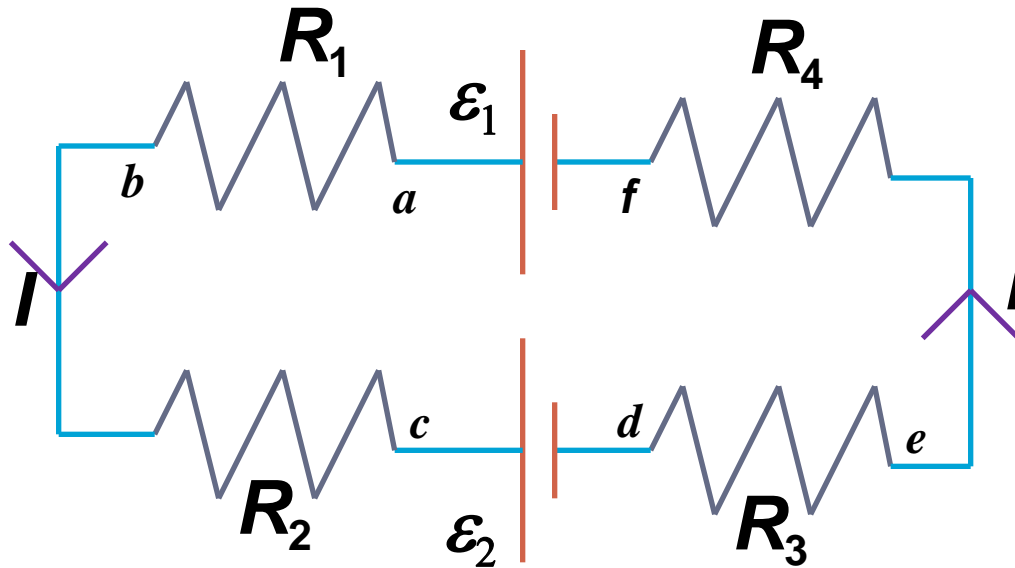
Nuestra convención:

- Una elevación de voltaje entra con signo -, y una caída de voltaje entra con signo +.
- Escojemos una dirección para la corriente y nos movemos alrededor del circuito en esa dirección.
- Cuando una batería es atravesada desde el terminal negativo al terminal positivo, el voltaje se incrementa, y por lo tanto el voltaje de la batería entra en la ecuación de LVK con signo +.
- Cuando nos movemos a través de un resistor, el voltaje cae, y por tanto entra en LVK con un signo -.



Note: En la convención de signos, las caídas de voltajes entran con signo + y la elevación de voltaje entra con signo -.

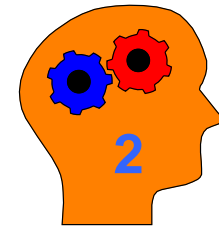
Demostración de un lazo



Podemos comenzar a sumar desde cualquier punto, iniciemos desde el punto a.

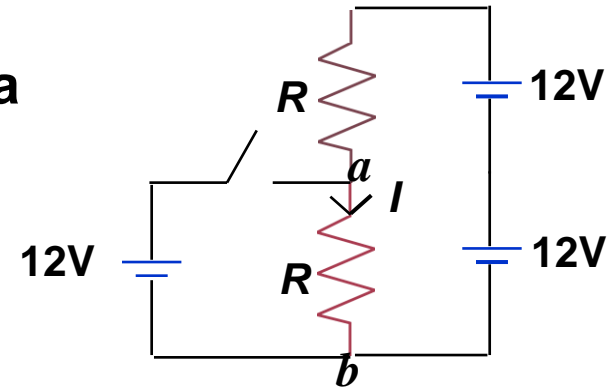
$$\text{LVK: } \sum_{\text{lazo}} V_n = 0 \Rightarrow -IR_1 - IR_2 - \varepsilon_2 - IR_3 - IR_4 + \varepsilon_1 = 0$$

$$\Rightarrow I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$$



Pregunta de concepto:

- Considere el circuito mostrado.
 - El interruptor está inicialmente abierto y la corriente que fluye a través del resistor inferior es I_0 .
 - Después que el interruptor es cerrado, la corriente que fluye a través del resistor inferior es I_1 .
 - ¿Cuál es la relación entre I_0 e I_1 ?

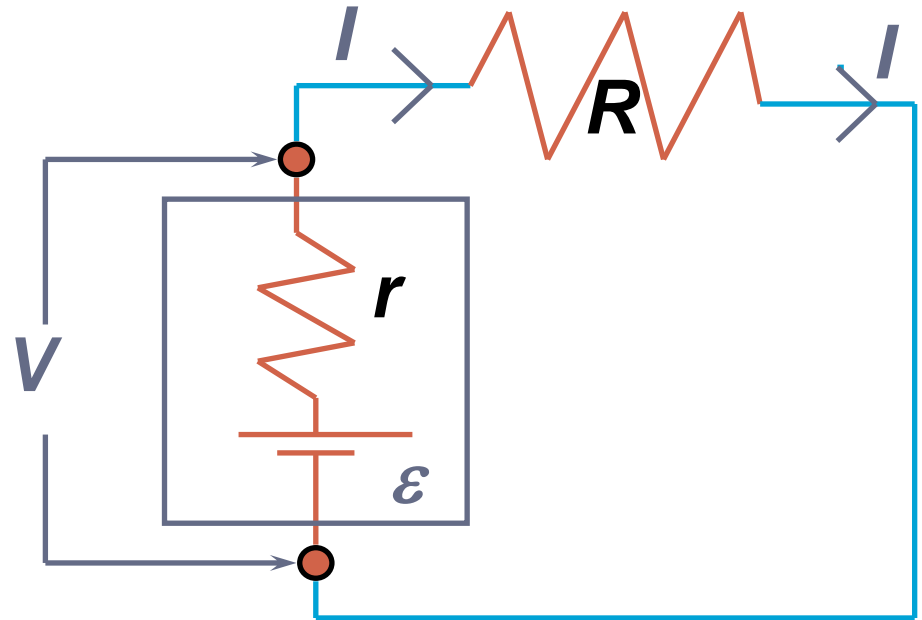
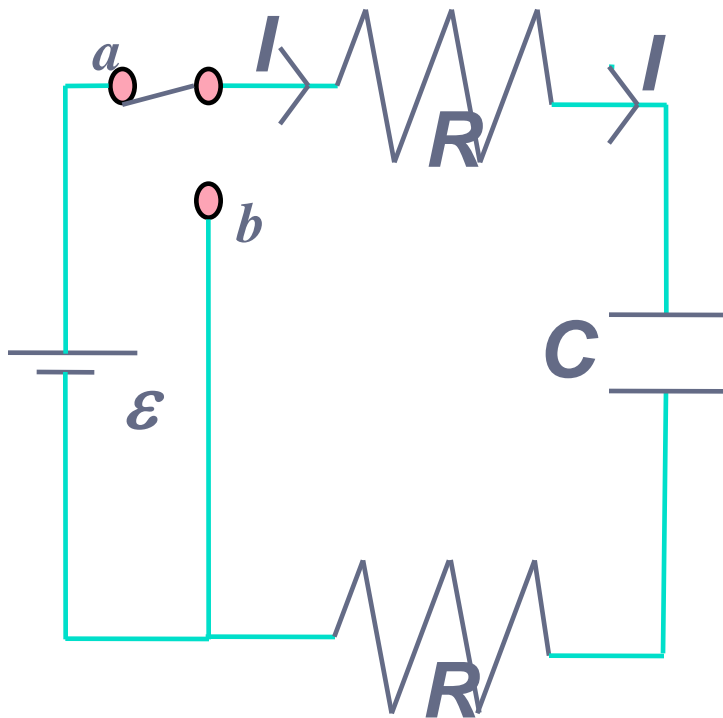


(a) $I_1 < I_0$

(b) $I_1 = I_0$

(c) $I_1 > I_0$

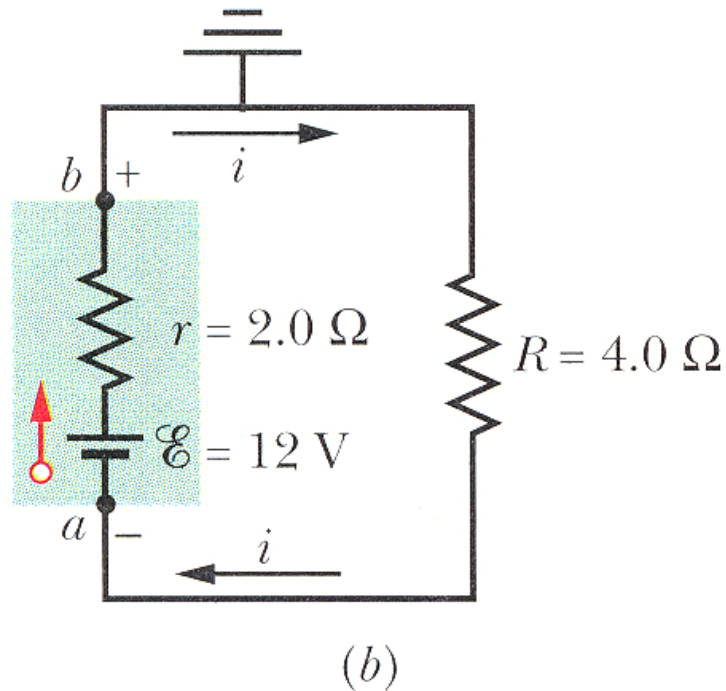
Mas sobre las Leyes de Kirchhoff



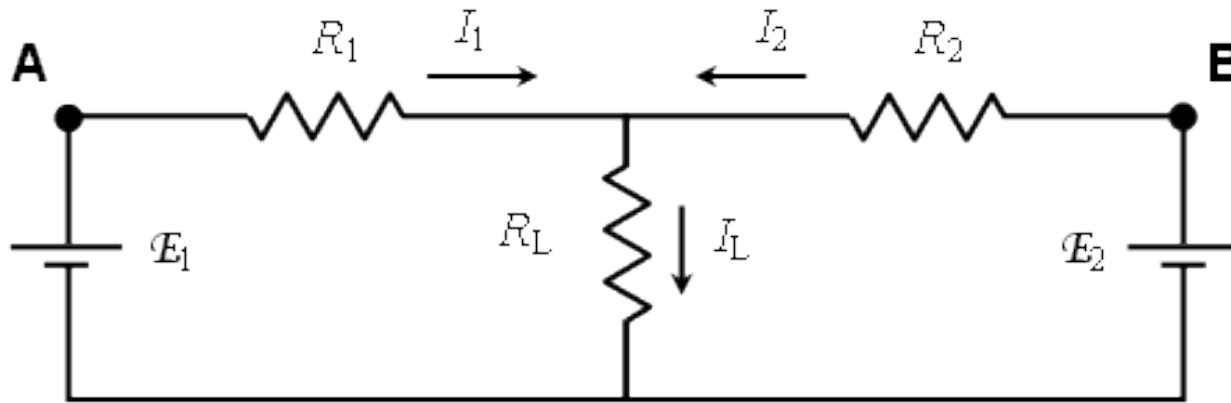
Diferencia de Potencial y la batería

Acorde al circuito mostrado, ¿cuál alternativa es correcta?

- A. $V_b = + 8.0 \text{ V}$
- B. $V_a = - 8.0 \text{ V}$
- C. $V_b - V_a = - 8.0 \text{ V}$
- D. $V_a = - 12.0 \text{ V}$
- E. $V_b = + 12.0 \text{ V}$

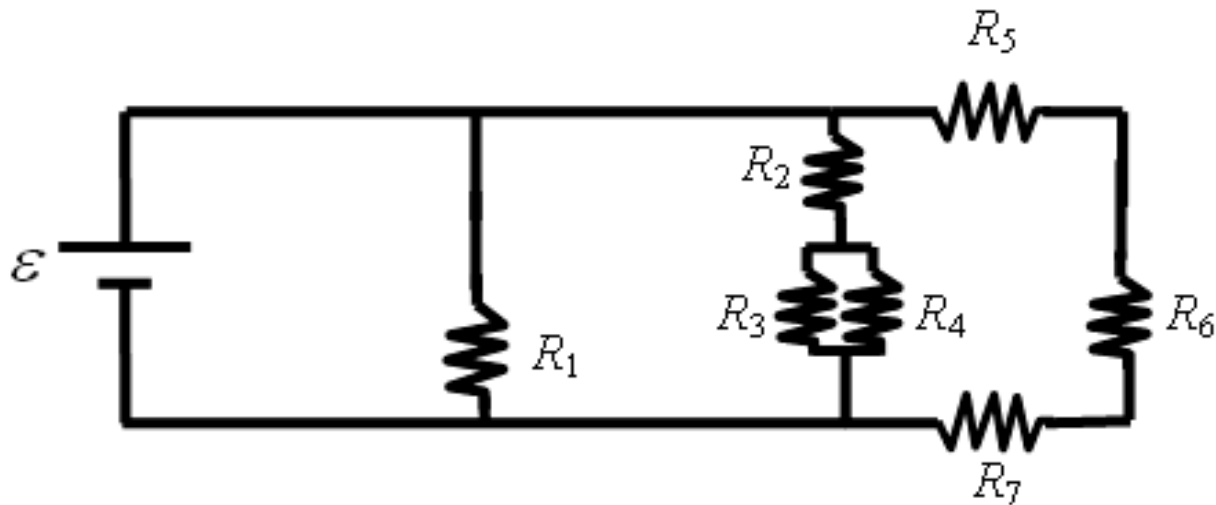


Cómo usar las Leyes de Kirchhoff?



$$\begin{aligned}I_1 &= I_2 \\I_L &= 0.96 \text{ A} \\ \mathcal{E}_1 &= 12 \text{ V} \\ \mathcal{E}_2 &= 10 \text{ V} \\ R_L &= 10 \ \Omega \\ R_1 &= 5 \ \Omega \\ R_2 &= ?\end{aligned}$$

Cómo usar las Leyes de Kirchhoff?



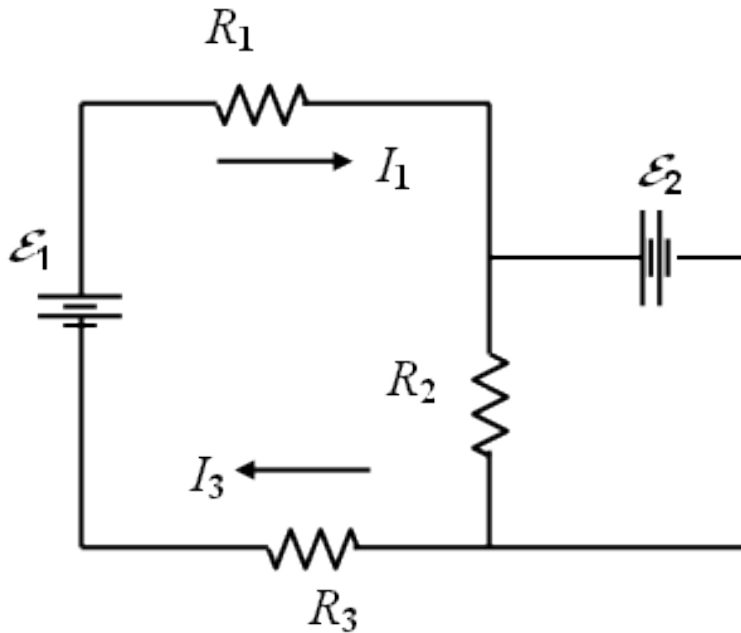
*todos los
resistores tienen
resistencia*

$$R = 10 \Omega$$

$$\varepsilon = 18 \text{ V}$$

¿Qué corriente circula por R_4 ? Y ¿Cuál es la caída de tensión en R_6 ?

Cómo usar las Leyes de Kirchhoff?



*¿Qué corriente circula por R_2 ? Y
¿Cuál es el valor de I_1 e I_3*

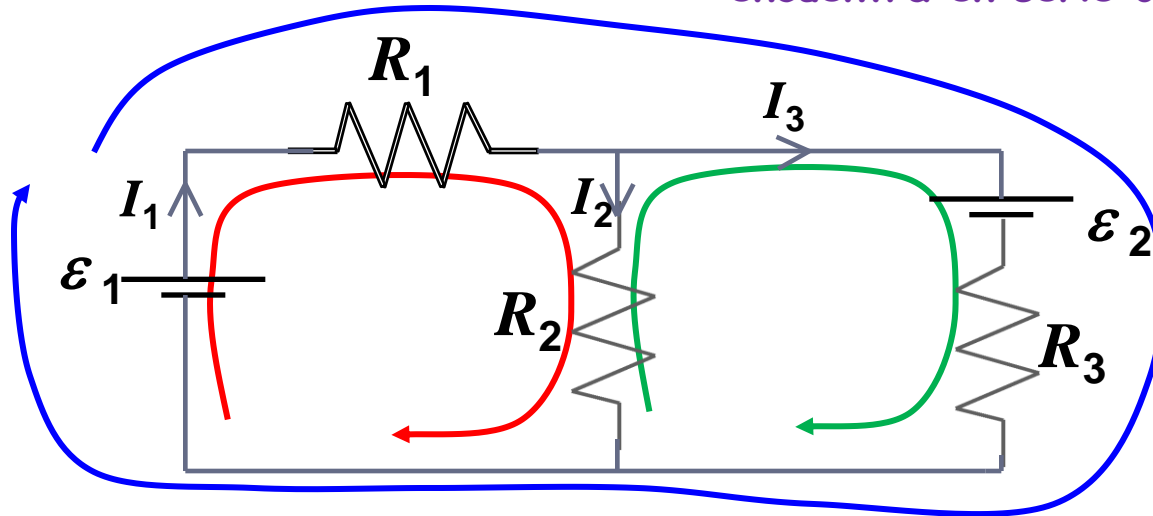
$$\mathcal{E}_1 = 40\text{V} \quad \mathcal{E}_2 = 20\text{V}$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = 20 \Omega$$

Cómo usar las Leyes de Kirchhoff?

Un ejemplo de dos lazos:

Observe que ninguna de estas resistencias se encuentra en serie o paralelo con otra(s)



Puede que no necesitemos utilizar nodos y mallas!!

$$\epsilon_1 = 24 \text{ V}$$

$$\epsilon_2 = 12 \text{ V}$$

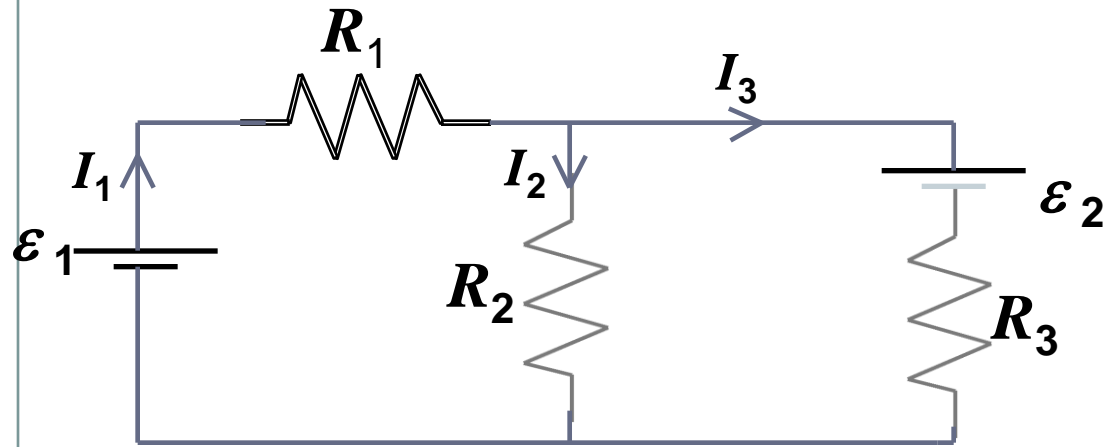
$$R_1 = 5\Omega$$

$$R_2 = 3\Omega$$

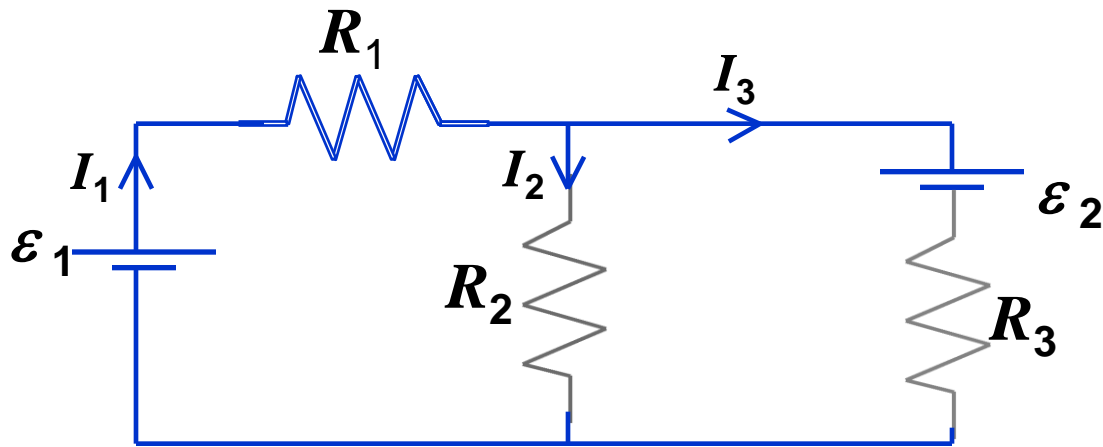
$$R_3 = 4\Omega$$

- Analice el circuito e identifique todos los nodos en el circuito y use la LCK
- Identifique todos los lazos independientes y use la LVK.

Cómo usar las Leyes de Kirchhoff?



Remplacemos valores



$$\mathcal{E}_1 = 24 \text{ V}$$

$$\mathcal{E}_2 = 12 \text{ V}$$

$$R_1 = 5\Omega$$

$$R_2 = 3\Omega$$

$$R_3 = 4\Omega$$