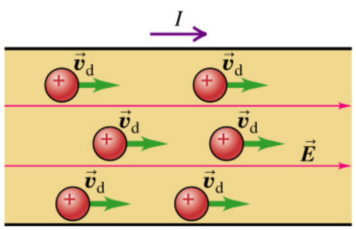
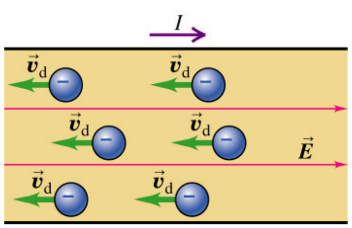
Corriente

Una **corriente** es todo movimiento de carga de una región a otra. Una misma corriente puede ser producto de cargas positivas que se trasladan en la dirección del campo eléctrico o el mismo número de cargas negativas que se desplazan con la misma rapidez en dirección opuesta al campo eléctrico.

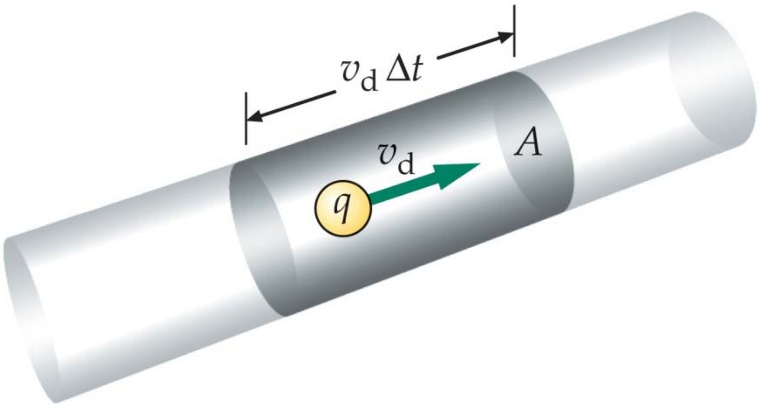




$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

La unidad del SI de la corriente eléctrica es el Ampere [A]. Esta unidad se llama así en honor del científico francés **André Marie Ampére (1775 - 1836)**.

$$1A = 1\frac{C}{s}$$



$$dQ = nqdV$$
$$= q(nAdx)$$
$$= q(nAv_d dt)$$
$$\frac{dQ}{dt} = I = nqAv_d$$

La corriente por unidad de área se denomina **densidad de corriente.**

$$\frac{I}{A} = J = nqv_d$$

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

Corriente

La resistividad se define como la relación entre el campo eléctrico y la densidad de corriente

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

La unidad del SI de la resistividad es el Ohm·m [Ωm]. Esta unidad se llama así en honor del científico alemán **Georg Simon Ohm (1787 - 1854)**.

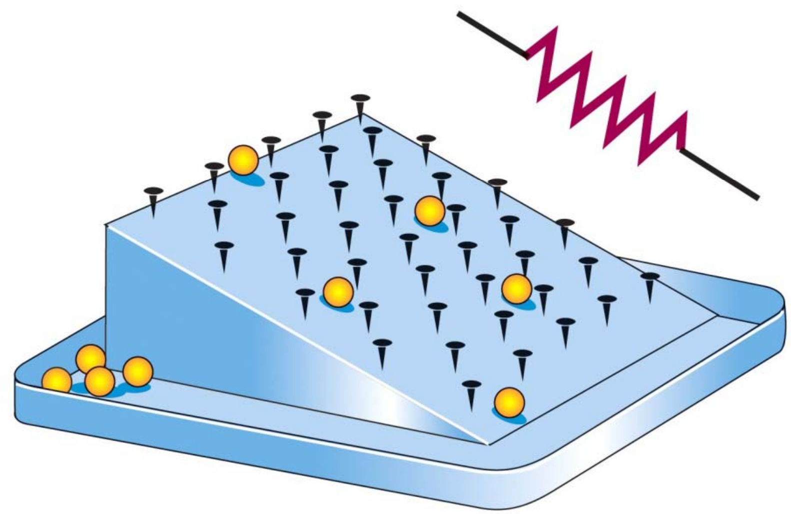
Esta relación nos dice que entre más grande es la resistividad, mayor es el campo que se necesita para generar una densidad de corriente determinada.

También se puede relacionar el valor de la corriente I con la diferencia de potencial entre los extremos de un conductor. Si las magnitudes respectivas de la densidad de corriente $\boldsymbol{J}$ y el campo eléctrico $\boldsymbol{E}$ son uniformes en todo el conductor, entonces

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{\frac{V}{L}}{\frac{I}{A}} \\ &= \frac{VA}{LI} \\ V &= \frac{\rho L}{A} I \\ &= RI\end{aligned}$$

$$\text{donde} \quad R = \frac{\rho L}{A}$$

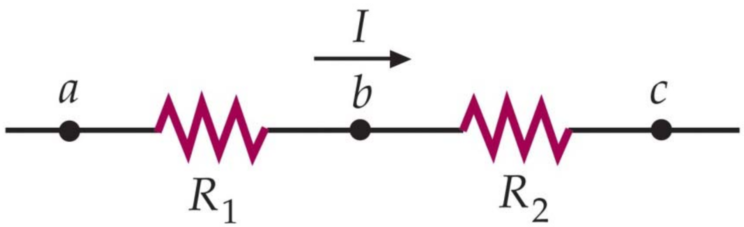
La unidad del SI de la resistencia es el Ohm [Ω].



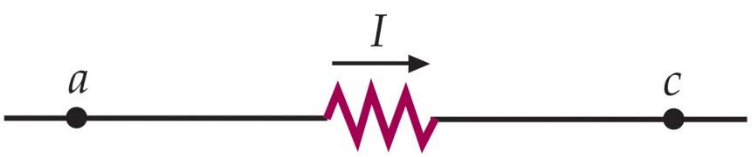
Corriente

Al igual que en el caso de los capacitores analizaremos la conexión de resistencias.

Conexión en serie.



$$V_{ac} = V_{ab} + V_{bc}$$
$$= R_1 I + R_2 I$$
$$= (R_1 + R_2) I$$
$$= R_{eq} I$$

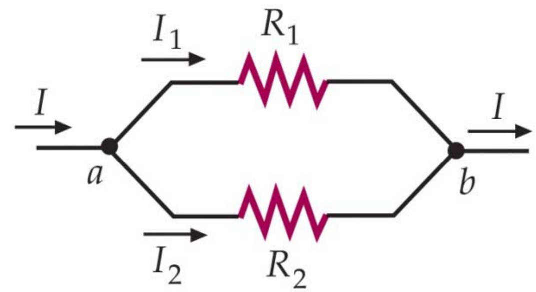


$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2$$

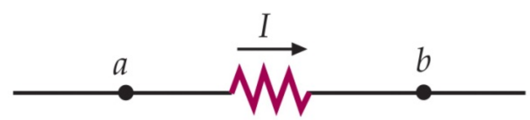
Generalizando

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots$$

Conexión en paralelo



$$I = I_1 + I_2$$
$$= \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2}$$
$$= V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$
$$= \frac{V}{R_{eq}}$$



$$R_{\text{eq}} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)^{-1}$$

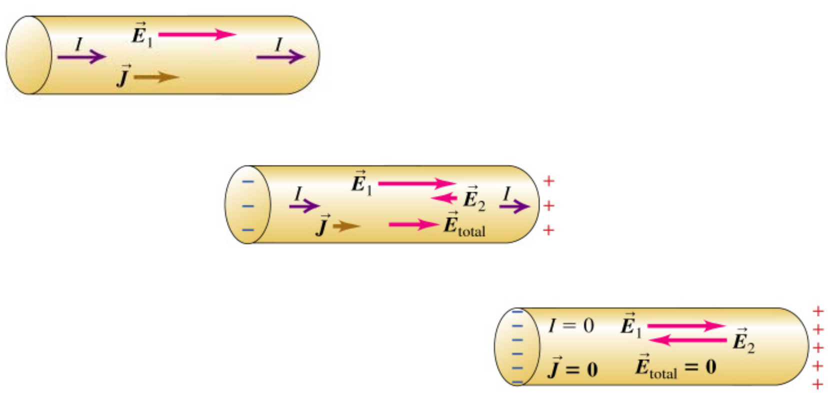
Generalizando

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

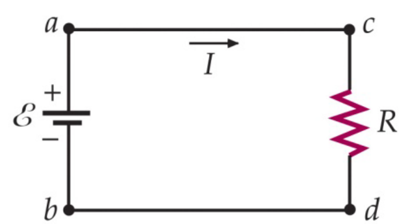
Corriente eléctrica

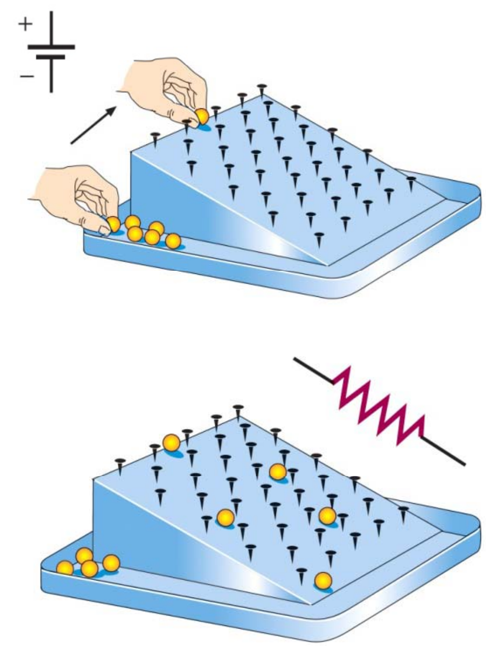
Fuerza Electromotriz

Para que un conductor tenga una corriente constante, debe ser parte de un camino que forme una espira cerrada o circuito. La razón es la siguiente. Si se establece un campo eléctrico $\boldsymbol{E_1}$ adentro de un conductor aislado con resistividad $\boldsymbol{\rho}$ que no es parte de un circuito completo comienza a fluir una corriente con densidad $\boldsymbol{J = E_1/\rho}$. En consecuencia, se acumula rápidamente una carga positiva neta en un extremo. Estas cargas crean por sí mismas un campo eléctrico $\boldsymbol{E_2}$ en dirección opuesta a $\boldsymbol{E_1}$, lo cual hace disminuir el campo eléctrico total $\boldsymbol{E = E_1 + E_2 = 0}$ adentro del conductor. Entonces también $\boldsymbol{J = 0}$, y la corriente cesa totalmente.



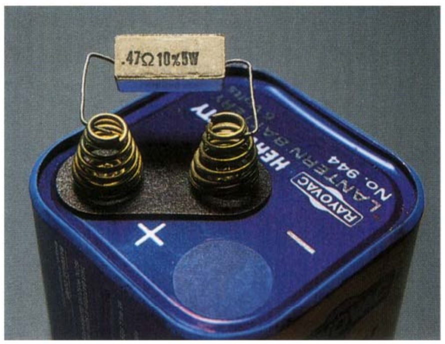
Con objeto de mantener una corriente en un conductor necesitamos disponer de un suministro de energía eléctrica. Un aparato o dispositivo que suministra energía eléctrica recibe el nombre de ***fem*** (fuerza electromotriz, termino que hoy en día no se suele utilizar) Una fem realiza trabajo sobre la carga que pasa a través de un conductor. El trabajo por unidad de carga recibe el nombre de fem, $\mathcal{E}$. La unidad de la fem en el SI es el volt. Una batería o pila es una fem.

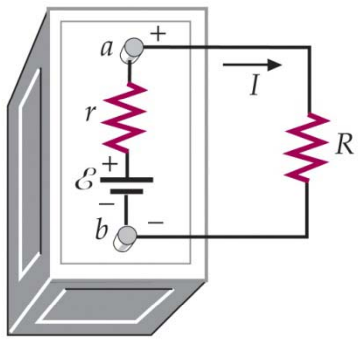




Corriente eléctrica

En una batería real la diferencia de potencial entre los bornes de la batería, denominado tensión de los bornes no es simplemente igual al valor de la fem de la batería. Es necesario considerar la fem más una pequeña resistencia *r*, denominada resistencia interna.



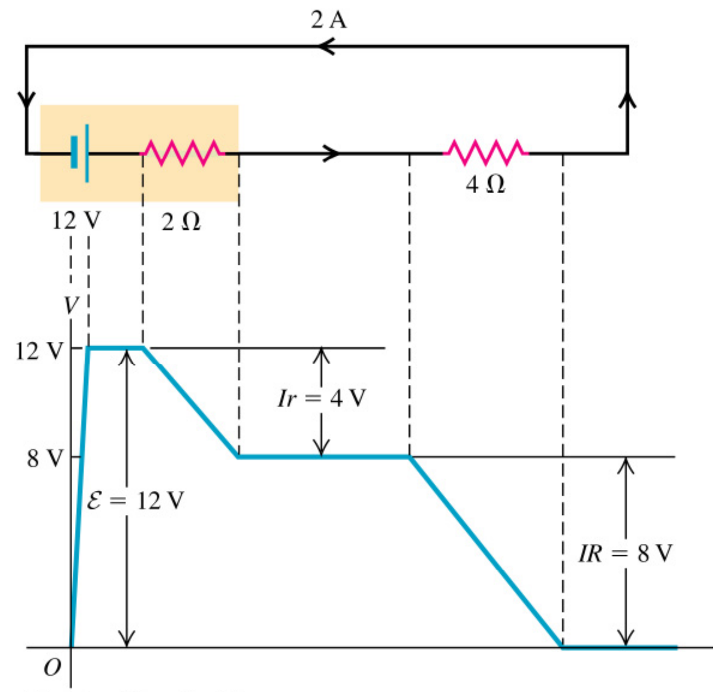


En un circuito la carga fluye de una región de bajo potencial a otra de mayor potencial, de modo que aumenta su energía potencial. Cuando una carga ΔQ fluye a través de la fuente de fem su energía potencial se ve aumentada por la cantidad $\Delta Q\ \mathcal{E}$. El ritmo con el que la fuente fem suministra energía es la potencia de salida:

$$P = \frac{\Delta U}{\Delta t} = \mathcal{E}\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \mathcal{E}I = \frac{\mathcal{E}^2}{R} = RI^2$$

El cambio neto de energía potencial de una carga *Q* que efectúa un recorrido de ida y vuelta en un circuito completo debe ser cero.

$$\mathcal{E} - Ir - IR = 0$$



$$IR + Ir - \mathcal{E} = 0$$

Esto nos lleva a las reglas de Kirchhoff

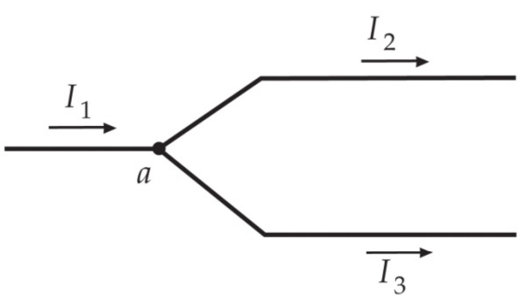
Corriente eléctrica

Reglas de Kirchhoff

1. La suma algebraica de las variaciones de potencial a lo largo de cualquier bucle o malla del circuito debe ser igual a cero.

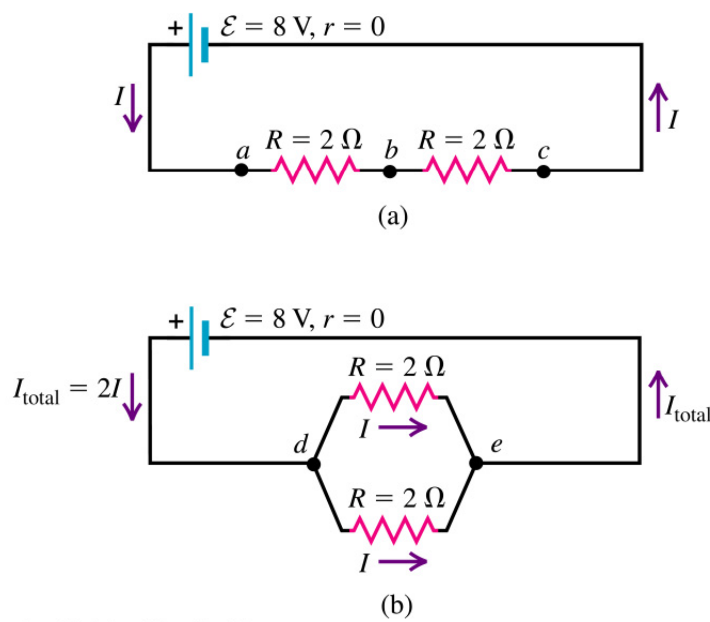
$$\sum V = 0$$

2. En un punto o nudo de un circuito en donde puede dividirse la corriente, la suma de las corrientes que entran al nudo debe ser igual ala suma de las corrientes que salen del mismo.

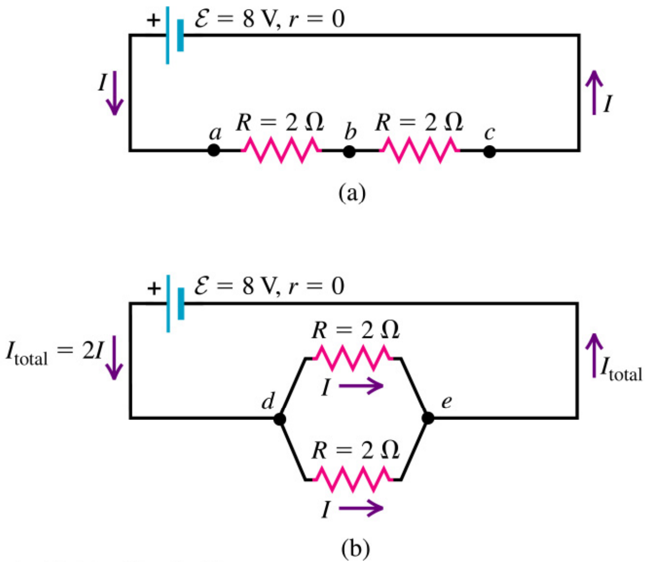


$$I_1 = I_2 + I_3$$

Se conectan dos focos idénticos a una fuente con $\mathcal{E} = 8V$ y una resistencia interna insignificante. Cada foco tiene una resistencia $R = 2\ \Omega$. Encuentre la corriente a través de cada foco, la diferencia de potencial entre los bornes de cada uno y la potencia entregada a cada foco si los focos están conectados a) en serie; b) en paralelo



Corriente eléctrica



a) $$\mathcal{E} - IR_1 - IR_2 = 0$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2} = 2A$$

$$V_{ab} = V_{bc} = IR = (2A)(2\Omega) = 4V$$

$$P = \frac{(V_{ab})^2}{R} = \frac{(V_{bc})^2}{R} = \frac{(4V)^2}{2\Omega} = 8W$$

La potencia total será

$$P_{total} = 16W$$

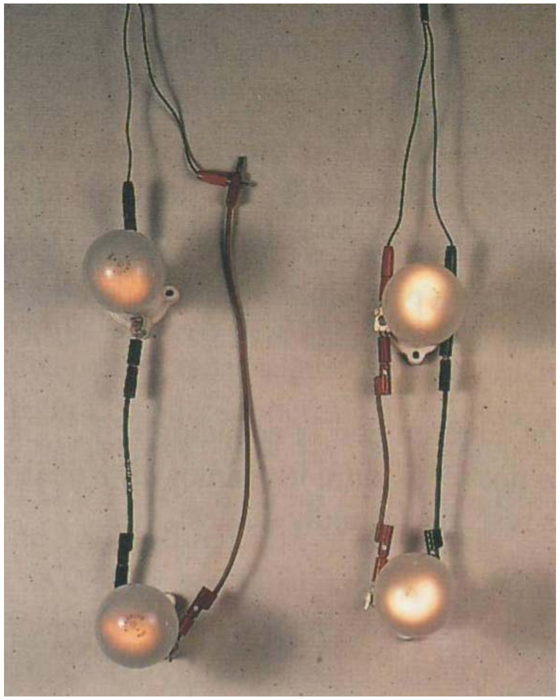
b) $$V_{de} = 8V$$

$$I = \frac{V_{de}}{R} = \frac{8V}{2\Omega} = 4A$$

$$P = I^2R = (4A)^2(2\Omega) = 32W$$

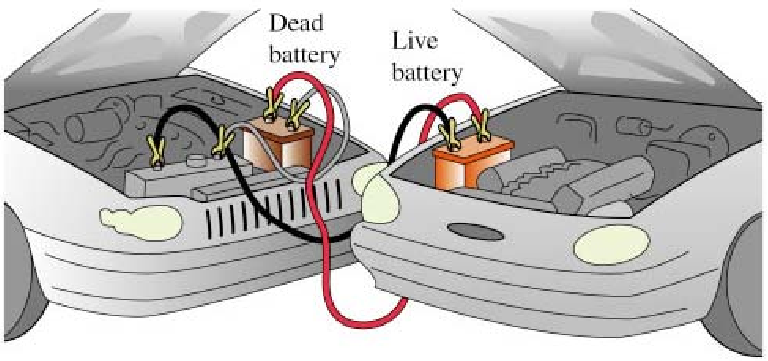
La potencia total será

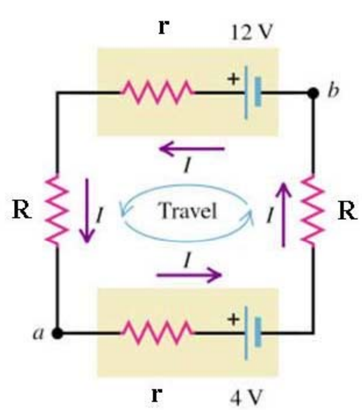
$$P_{total} = 64W$$



Corriente eléctrica

El circuito que se muestra, contiene dos baterías, cada una con una *fem* y una resistencia interna, y dos resistores. Halle a) la corriente en el circuito, b) la diferencia de potencial V_{ab} y c) la potencia de salida. La resistencia de los cables es de aproximadamente 0.15Ω y $r = (0.06\text{-}0.09)\ \Omega$.





$$R = 0.15\Omega \quad y \quad r = 0.06\Omega$$

a) $12V - Ir - IR - Ir - 4V - IR = 0$

$$I = \frac{12V - 4V}{2R + 2r} = 19A$$

b)

$$V_b + 12V - IR - Ir = V_a$$

$$V_{ab} = V_a - V_b = 12V - IR - Ir$$
$$= 8.0V$$

$$V_b + IR + 4V + Ir = V_a$$

$$V_{ab} = V_a - V_b = IR + 4V + Ir$$
$$= 8.0V$$

c)

$$P_{12V} = \mathcal{E}I = (12V)(19A) = 228W$$

$$P_{4V} = \mathcal{E}I = (-4V)(19A) = -76W$$

Corriente eléctrica

Se reúnen varios estudiantes antes del examen de Física III y obviamente desean tomar café, pan tostado y palomitas, ¿qué precauciones deben tomar?

Tostador ➔ 900W

Horno de Microondas ➔ 1200W

Cafetera ➔ 660W

$$
\begin{aligned}
I &= I_{tostador} + I_{micro} + I_{cafetera} \\
&= 8.2A + 10.9A + 6.0A \\
&= 25.1A
\end{aligned}
$$

Un conductor de cobre de *80 m* y diámetro de *1 mm* se une por su extremo con un conductor de hierro de *49 m* y el mismo diámetro. La corriente en cada uno de ellos es de *2A*. a) Hallar el campo eléctrico en cada conductor. b) Hallar la diferencia de potencial en cada conductor. $\rho_{Cu}=1.7\times10^{-8}\Omega m$, $\rho_{Fe}=10\times10^{-8}\Omega m$.

$$V = RI = \left(\rho \frac{L}{A}\right) I = \left(\rho \frac{L}{\frac{\pi D^2}{4}}\right) I = \left(\frac{4\rho L I}{\pi D^2}\right)$$

$$E = \frac{V}{L}$$

$$V_{Cu} = 3.4632V \qquad E_{Cu} = 0.0433 \frac{V}{m}$$

$$V_{Fe} = 12.4777V \qquad E_{Fe} = 0.2546 \frac{V}{m}$$

Un alambre de cobre con resistividad de 1.72×10^{-8} Ωm, tiene un diámetro de 1.02 mm. Si transporta una corriente de 2 A, calcular:

a) La magnitud del campo eléctrico en el alambre.

b) La diferencia de potencial entre dos puntos del alambre, separados por una distancia de 60 m.

c) La resistencia de ese mismo trama de alambre

a) $J = \dfrac{E}{\rho} = \dfrac{I}{A}$

$$
\begin{aligned}
E &= \frac{\rho I}{A} \\
&= 0.0421 \frac{N}{C}
\end{aligned}
$$

b)

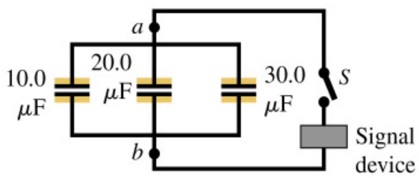
$$
\begin{aligned}
V &= Ed \\
&= 2.5259V
\end{aligned}
$$

c)

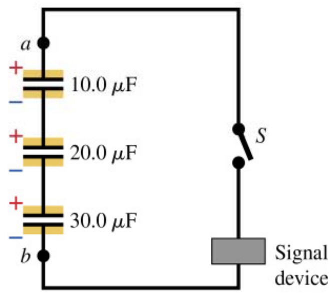
$$
\begin{aligned}
R &= \rho \frac{L}{A} = \frac{V}{I} \\
&= 1.2630\Omega
\end{aligned}
$$

Corriente eléctrica

Tres capacitores se conectan a una batería de *120 V*. Una vez cargados se conectan para formar las combinaciones que se muestran en las figuras (a) y (b). Cuando se acciona el interruptor *S*, fluye la carga de los capacitores que finalmente se descargan y activa el dispositivo de señal. ¿Cuánta carga fluye a través del dispositivo de señal?



(a)



(b)

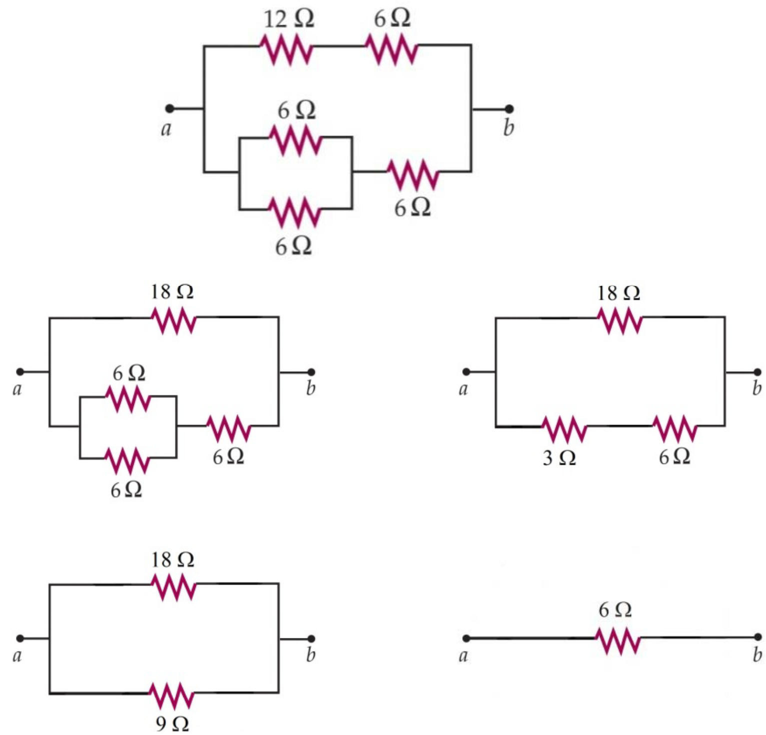
a)

$$Q = C_{eq}V = (C_1 + C_2 + C_3)V$$
$$= (10\mu F + 20\mu F + 30\mu F)(120V)$$
$$= 7.2\,mC$$

b)

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{10\mu F} + \frac{1}{20\mu F} + \frac{1}{30\mu F}$$
$$C_{eq} = 5.455\,\mu F$$
$$Q = C_{eq}V = 0.655\,mC$$

Hallar la resistencia equivalente entre los puntos *a* y *b*. Sí la caída de potencial entre los puntos *a* y *b* es 12 V, hallar la corriente que circula por cada resistencia.



$$I = \frac{V}{R} = 2A$$
$$I_{superior} = \frac{12V}{18\Omega} = 0.667A$$
$$I_{inferior} = \frac{12V}{9\Omega} = 1.333A$$

Problemas segunda parte

Se construye un condensador de placas paralelas con aire entre ellas. El área de las placas es de 16 cm^2, su separación es de 4.7 mm y se conecta a una batería de 12 V.

a) Encontrar la carga de las placas.

b) La densidad de energía entre las placas.

c) Si se desconecta la batería y se separan las placas hasta 9.4 mm, ¿cuál es la densidad de energía en estas condiciones?

a) $$C = \varepsilon_o \frac{A}{d}$$

$$= \left(8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}\right)\left(\frac{16cm^2}{4.7mm}\right)$$

$$= 3.014 \times 10^{-12} F = 3.014 pF$$

$$Q = CV = 3.617 \times 10^{-11} C = 36.17 pC$$

b)

$$u = \frac{1}{2}\varepsilon_o E^2$$

$$= \frac{1}{2}\varepsilon_o \left(\frac{V}{d}\right)^2$$

$$= 2.89 \times 10^{-5} \frac{J}{m^3}$$

c)

$$u' = \frac{1}{2}\varepsilon_o \left(\frac{V'}{d'}\right)^2$$

$$C' = \varepsilon_o \frac{A}{d'} = \frac{Q}{V'} \quad \rightarrow \quad V' = \frac{Qd'}{\varepsilon_o A}$$

$$u' = \frac{1}{2}\varepsilon_o \left(\frac{Qd'}{\varepsilon_o A d'}\right)^2$$

$$= \frac{1}{2}\varepsilon_o E^2$$

$$= u = 2.89 \times 10^{-5} \frac{J}{m^3}$$

Problemas segunda parte

¿Cuál es la capacitancia de un capacitor al cual le quitaron 3×10^{16} electrones de una placa y se los agregaron a la otra, su energía almacenada es de 30 J?

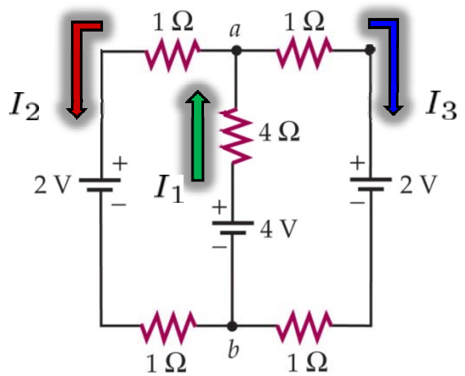
$$Q = 3 \times 10^{16} e^{-} = 0.0048C$$

$$U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

$$C = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{U} = \frac{1}{2}\frac{(0.0048C)^2}{30J}$$

$$= 3.8505 \times 10^{-7} F = 385.0458nF$$

Hallar la diferencia de potencial entre los puntos *a* y *b*.



$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$I_2 = I_3$$

$$V_b + 4V - I_1(4\Omega) = V_a$$

$$V_a - V_b = 4V - I_1(4\Omega)$$

$$-I_2(1\Omega) - 2V - I_2(1\Omega) + 4V - I_1(4\Omega) = 0$$

$$-I_3(1\Omega) - 2V - I_3(1\Omega) + 4V - I_1(4\Omega) = 0$$

$$-\frac{I_1(1\Omega)}{2} - 2V - \frac{I_1(1\Omega)}{2} + 4V - I_1(4\Omega) = 0$$

$$-I_1(1\Omega) - 4V - I_1(1\Omega) + 8V - 2I_1(4\Omega) = 0$$

$$I_1(10\Omega) = 4V \rightarrow I_1 = 0.4A$$

$$V_a - V_b = 2.4V$$

Cuando se conecta un capacitor de aire de 360 nF a una fuente de energía, la energía que se almacena en el capacitor es de 1.85×10^{-5} J. Mientras se mantiene conectado el capacitor a la fuente de energía se inserta una placa de dieléctrico que ocupa totalmente el espacio entre las placas. Esto incrementa la energía almacenada en 2.32×10^{-5} J. a) ¿Cuál es la diferencia de potencial entre las placas del capacitor? b) ¿Cuál es la constante dieléctrica de la placa insertada?

$$U_o = \frac{1}{2}C_o V_o^2 \rightarrow V_o = \sqrt{\frac{2U_o}{C_o}} = 10.138V$$

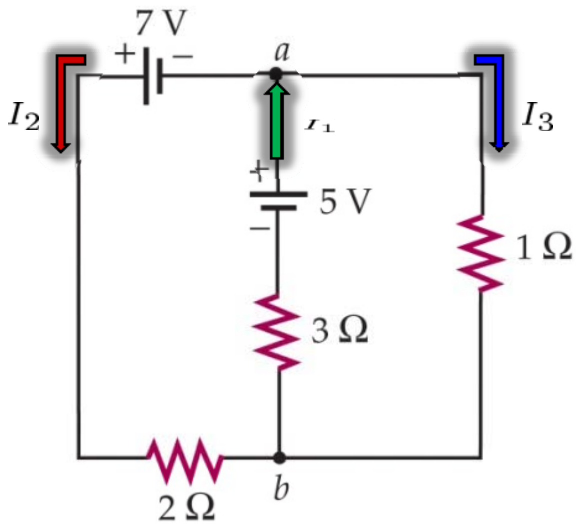
$$U = \frac{1}{2}CV_o^2 = \frac{1}{2}KC_oV_o^2$$

$$K = \frac{2U}{C_oV_o^2} = \frac{2U}{C_o\frac{2U_o}{C_o}} = \frac{U}{U_o}$$

$$= \frac{1.85 \times 10^{-5}J + 2.32 \times 10^{-5}J}{1.85 \times 10^{-5}J} = 2.254$$

Respuestas segundo examen parcial

Considere el circuito que se muestra en la figura. Determinar la corriente que circula por cada resistencia y la diferencia de potencial entre el punto *a* y *b*.



$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$7V - I_2(2\Omega) - I_1(3\Omega) + 5V = 0$$

$$I_2 = \frac{12V - I_1(3\Omega)}{2\Omega} = 6A - \frac{3}{2}I_1$$

$$-I_3(1\Omega) - I_1(3\Omega) + 5V = 0$$

$$I_3 = \frac{5V - I_1(3\Omega)}{1\Omega} = 5A - 3I_1$$

$$I_1 = \left(6A - \frac{3}{2}I_1\right) + (5A - 3I_1)$$

$$I_1 + \frac{3}{2}I_1 + 3I_1 = 11A$$

$$\frac{11}{2}I_1 = 11A$$

$$I_1 = 2A$$

$$-I_3(1\Omega) - (2A)(3\Omega) + 5V = 0$$

$$-I_3(1\Omega) - 6V + 5V = 0$$

$$I_3 = -1A$$

$$I_2 = 3A$$

$$V_b - V_a = 7V - I_2(2\Omega) = 1V$$

$$V_b - V_a = -5V + I_1(3\Omega) = 1V$$

$$V_b - V_a = -I_3(1\Omega) = 1V$$

Respuestas segundo examen parcial

Se construye un capacitor de aire de dos placas paralelas planas separadas 1.5 mm. La magnitud de la carga de cada placa es de 0.018 μC cuando la diferencia de potencial es de 200 V. a) ¿Cuál es el valor de la capacitancia? b) ¿Cuál es el área de cada placa? c) ¿Cuál es el voltaje máximo que se puede aplicar sin que haya ruptura del dieléctrico? (En el caso del aire, la ruptura del dieléctrico ocurre a una intensidad del campo eléctrico de 3×10^{6} V/m)

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{0.018\mu C}{200V} = 9 \times 10^{-11} F = 90pF$$

$$C = \varepsilon_o \frac{A}{d}$$

$$A = \frac{Cd}{\varepsilon_o} = 0.015247m^2 = 1.5247dm^2$$

$$V = Ed = \left(3 \times 10^6 \frac{V}{m}\right)(1.5 \times 10^{-3} m) = 4,500V$$

Determinar el valor del campo eléctrico E en un cable de cobre (ρ = 1.7×10^{-8} Ω·m) calibre 14 (Área = 2.081 mm^2) cuando éste transporta una corriente de 1.3 A.

$$E = \rho J = \rho \left(\frac{I}{A}\right)$$

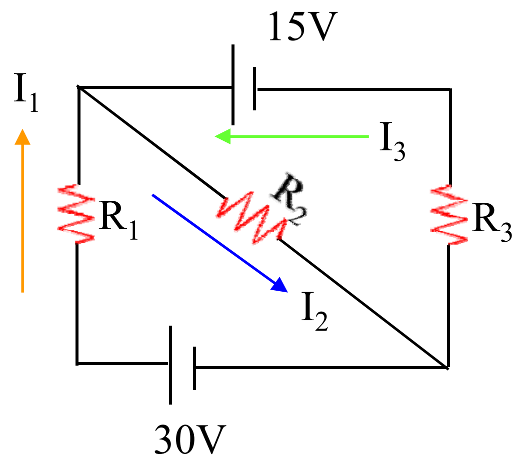
$$= \frac{V}{d} = \frac{RI}{d} = \left(\rho \frac{d}{A}\right) \frac{I}{d} = \rho \frac{I}{A}$$

$$= \frac{(1.7 \times 10^{-8} \Omega m)(1.3A)}{2.081 \times 10^{-6} m^2}$$

$$= 0.0106199 \frac{V}{m}$$

Problemas segunda parte

En el circuito mostrado: a) Calcular las diferentes corrientes que atraviesan el circuito. b) Calcular la potencia de la batería de 15V. $R_1 = R_2 = R_3 = 1\ \Omega$.



$$I_1 + I_3 = I_2$$

$$30V - I_1R_1 - I_2R_2 = 0$$

$$30V - I_1R_1 - (I_1 + I_3)R_2 = 0$$

$$30V - I_1(R_1 + R_2) - I_3R_2 = 0$$

$$30V - I_1R_1 - 15V + I_3R_3 = 0$$

$$30V - 2I_1R - I_3R = 0$$
$$15V - I_1R + I_3R = 0$$

$$45V - 3I_1R = 0$$

$$I_1 = \frac{45V}{3R}$$

$$= 15A$$

$$I_2 = \frac{30V - I_1R_1}{R_2}$$

$$= 15A$$

$$I_3 = 0$$

$$P_{15V} = VI_3 = 0$$