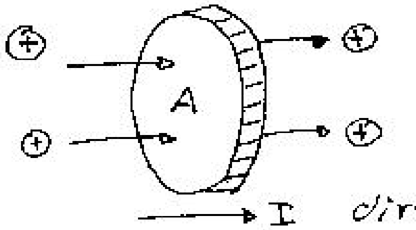
Corriente eléctrica: siempre que cargas eléctricas del mismo signo están en movimiento, se dice que existe una corriente. Para definir la corriente con más precisión, supongamos que las cargas se mueven perpendicularmente a un área superficial A, como en la figura, por ejemplo esta área podría ser la sección transversal de un alambre conductor.



dirección de la corriente

La corriente es la rapidez con la cual fluye la carga a través de esta superficie. Si ΔQ es la cantidad de carga que pasa a través de esta área en un tiempo Δt, la corriente promedio I_p, es igual a la razón de la carga en el intervalo de tiempo

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

si la rapidez con que fluye la carga varía con el tiempo, la corriente también varía en el tiempo y se define la corriente instantánea I como el límite diferencial de la expresión anterior.

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

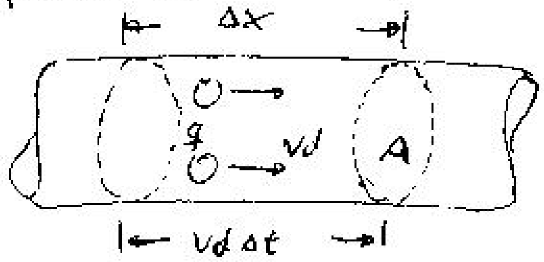
En el SI:

$$1A = \frac{1 \text{ coulomb}}{1 \text{ segundo}}$$

1 A de corriente equivale a que 1 coulomb de carga pase a través de la superficie en 1 segundo.

Es decir, 1 A de corriente equivale a que 1 coulomb de carga pase a través de la superficie en 1 s. En la práctica con pre cuencia se utilizan unidades más pequeñas de corriente, tales como el miliampere. ($1 mA = 10^{-3} A$), μA, nA.

- Por convención ya sean cargas positivas, negativas o ambas, la dirección de la corriente se escoge como la dirección en la cual fluyen las cargas positivas. En un conductor como el cobre, la corriente se debe al movimiento de los electrones cargados negativamente. Por lo tanto, cuando hablamos de corriente en un conductor ordinario, como el alambre de cobre, la dirección de corriente será opuesta a la dirección del flujo de electrones.



Vd = Velocidad de deriva

El volumen de un elemento de conductor de longitud Δx es $A \cdot \Delta x$. Si n representa el número de portadores de carga por unidad de volumen, entonces el número de portadores de carga en el elemento de volumen está dado por $nA\Delta x$.

Por lo tanto, la carga ΔQ en este elemento está dado por $\Delta x = V_d \Delta t$ y q entonces ΔQ es: $n A \Delta x\, q$

$$\Delta Q = (n A v_d \Delta t) q$$

$n \Rightarrow$ número de portadores móviles por unidad de volumen

$$\boxed{I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = n q v_d A}$$

La velocidad de los portadores de carga V_d, es la velocidad promedio y se llama <u>velocidad de deriva</u>.

Ejercicio **1:** Un alambre de cobre de área en la sección transversal de $3\times10^{-6} m^2$ lleva una corriente de **10 A**. Encuentre la velocidad de deriva de los electrones en el alambre. La densidad del cobre es $8.95\ g/cm^3$.

tabla periódica de los elementos químicos
peso atómico del cobre $63.5\ g/mol$
mol = 6.02×10^{23} átomos
sustancia cualquiera

El número de Avogadro se define $\Rightarrow$ número de moléculas contenidas en una mole
conociendo la densidad del cobre es posible calcular el volumen ocupado por 63.5 g de cobre

$$V_{ol} = \frac{W_{cu}}{d_{cu}} = \frac{63.5\ g}{8.95\ g/cm^3} = 7.09\ cm^3$$

Peso atómico del cobre
$W_{cu} \Rightarrow$ peso del cobre
$d_{cu} \Rightarrow$ densidad del cobre

Si suponemos que cada átomo de cobre contribuye con un electrón libre en el material, se tiene $n = \frac{mol}{V_{ol}}$ $\left[\frac{e^-}{V}\right]$

$$n = \frac{6.02\times10^{23}\ \text{electrones}}{7.09\ cm^3} = 8.48\times10^{22}\ \text{electrones}/cm^3$$

$$n = 8.48\times10^{22}\ \frac{\text{electrones}}{cm^3}\cdot\left[\frac{10^6\ cm^3}{m^3}\right] = 8.48\times10^{28}\ \frac{\text{electrones}}{m^3}$$

$$\left[\frac{10^2 cm}{m}\right]^3$$

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = n q v_d A$$

$$v_d = \frac{I}{n q A} = \frac{10\ C/s}{(8.48\times10^{28}\ \frac{\text{electrones}}{m^3})(1.6\times10^{-19}\ C)(3\times10^{-6}\ m^2)}$$

coulomb/segundo

$$v_d = 2.46\times10^{-4}\ \frac{m}{s}$$

Resistencia y ley de ohm

Las cargas se mueven en un conductor para producir una corriente con la acción de un campo eléctrico que está en el interior del propio conductor. En este caso, puede existir un campo eléctrico en el interior del conductor puesto que se trata de cargas en movimiento, un caso no electrostático.
Considérese un conductor con área de sección trasversal A que lleva una corriente I. La densidad de corriente J en el conductor se define como la corriente por unidad de área.
como $I = nqv_dA$. la densidad de corriente está dada por

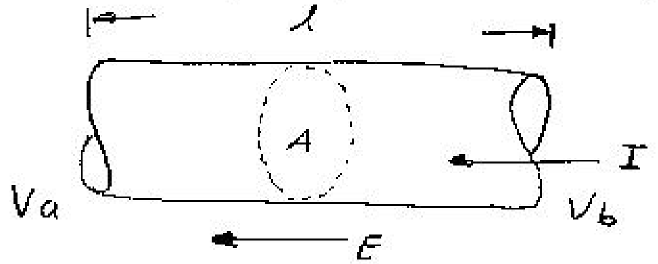
$$\boxed{J = \frac{I}{A} = nqv_d} \quad \left[\frac{A}{m^2}\right] \text{ unidades SI}$$

Una densidad de corriente J y un campo eléctrico E se establecen en un conductor cuando una diferencia de potencial se mantiene a través del conductor
Diferencia de potencial constante $\Rightarrow$ corriente constante

$$\boxed{J = \sigma E}$$

$\sigma \Rightarrow$ conductividad del conductor
materiales que se ajustan a esta ecuación se dice que siguen la ley de OHM $\Rightarrow$ George Simón Ohm (1787-1854)

"la ley de ohm afirma que muchos materiales (incluyendo la mayor parte de los metales), la razón de la densidad de corriente a campo eléctrico es una constante. σ, la cual es independiente del campo eléctrico que produce corriente.



Conductor uniforme de longitud l y área de sección trasversal A. Una diferencia de potencial $V_b - V_a$ se mantiene a través del conductor creando un campo eléctrico E en el conductor y este campo produce una corriente I.

$V = V_b - V_a \quad \Rightarrow \quad V = E\ell$

$$V_b - V_a = -\int_a^b E \cdot ds = E\int_0^\ell dx = E\ell$$

entonces la densidad de corriente

$$J = \sigma E = \sigma \frac{V}{\ell}$$

$\sigma \Rightarrow$ conductividad del conductor

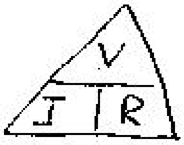
como $J = \frac{I}{A}$, la diferencia de potencial puede escribirse

$$V = \frac{\ell}{\sigma} J = \left(\frac{\ell}{\sigma A}\right) I$$

la resistencia de un conductor

oposición al paso de la corriente

$$\boxed{R = \frac{\ell}{\sigma A} = \frac{V}{I}}$$



Ley de OHM

$V = IR$

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

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

SI $\Rightarrow$ $1\,\Omega = \frac{1\,V}{A}$

El inverso de la conductividad de un material se le llama resistividad ρ

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

$[\Omega\text{-m}]$ unidades

la resistencia de un conductor uniforme

Taller: Tabla 27.1 y ejercicios

$$\boxed{R = \rho \frac{\ell}{A}}$$

Ejercicio 1: calcular la resistencia de una pieza de aluminio de 10 cm de longitud, que tiene un área de sección transversal de $10^{-4}\,m^2$. Ver Table 27.1

a) $$R = \rho \frac{\ell}{A} = 2.82 \times 10^{-8} (\Omega\text{-m}) \left(\frac{0.1\,m}{10^{-4}\,m^2}\right) = 2.82 \times 10^{-5}\,\Omega$$

b) si el material es vidrio. ver tabla 27.1

$$R = \rho \frac{\ell}{A} = 10^{10}\,\Omega\text{-m} \left(\frac{0.1\,m}{10^{-4}\,m^2}\right) = 10^{13}\,\Omega = 1 \times 10^{13}\,\Omega$$

como es de esperarse, el aluminio tiene una resistencia (75) mucho menor que el vidrio. Por esta razón el aluminio es buen conductor y el vidrio es muy mal conductor

Ejercicio 2:

a) calcular la resistencia por unidad de longitud de un alambre de nicromo calibre 22 de radio 0.321mm.
ver tabla 27.1

$$A = \pi r^2 = \pi (0.321 \times 10^{-3} m)^2 = 3.24 \times 10^{-7} m^2$$

$R_{cu} = 0.052 \Omega/m$

$$R = \rho \frac{l}{A} \Rightarrow \frac{R}{l} = \frac{\rho}{A} = \frac{1.5 \times 10^{-6} \Omega\text{-}m}{3.24 \times 10^{-7} m^2} = 4.6 \frac{\Omega}{m}$$

- Hornos
- tostadores
- calentador eléctrico

b) si una diferencia de potencial de 10V se mantiene a través de un metro de longitud de alambre de nicromo, cuál es la corriente en el alambre?

$$I = \frac{V}{R} = \frac{10 V}{4.6 \Omega} = 2.2 A$$

Ejercicio 3:

a) cuál es la resistencia de un alambre de nicromo calibre 22 de 6m de longitud?, cuánta corriente llevará cuando se conecta a una fuente de 120 V? R/ 28 Ω
4.3 A

$$R = \rho \frac{l}{A} \Rightarrow \frac{R}{l} = 4.6 \frac{\Omega}{m}$$

$$R_{Total} = 4.6 \frac{\Omega}{m} \cdot 6 m = 27.6 \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120 V}{27.6 \Omega} = 4.34 A$$

b) calcúlese la densidad de corriente en el alambre suponiendo que lleva una corriente de 2.2 A

R/ $6.7 \times 10^{6} \frac{A}{m^2}$

$$J = \frac{I}{A} = n q v_d \quad \left[\frac{A}{m^2}\right]$$

$n \Rightarrow$ número de portadores móviles por unidad de volúmen

$$J = \frac{2.2\ A}{3.24 \times 10^{-7} m^2} = 6.79 \times 10^{6} \frac{A}{m^2}$$

Resistividad de conductores diferentes

La resistividad depende de ciertos factores, uno de los cuales es la temperatura. Para la mayor parte de los metales, la resistividad se incrementa al aumentar la temperatura. La resistividad de un conductor varía casi lineal con la temperatura sobre un limitado rango de temperaturas de acuerdo con la expresión

$$\boxed{\rho = \rho_0 [1 + \alpha (T - T_0)]} \quad [\Omega m]$$

variación de ρ con la Temp

donde ρ es la resistividad a alguna temperatura T (en °C), ρ_0 es la resistividad a una temperatura de referencia T_0 (usualmente se toma como de 20°C) y α se llama coeficiente de temperatura de la resistividad. puede ser expresada como:

$$\boxed{\alpha = \frac{1}{\rho_0} \frac{\Delta \rho}{\Delta T}}$$

donde $\Delta \rho = \rho - \rho_0$ es el cambio en la resistencia en un intérvalo de temperatura $\Delta T = T - T_0$. Ver tabla 27.1

como la resistencia de un conductor es proporcional a la resistividad de acuerdo $\Rightarrow R = \rho \frac{l}{A}$

la variación de resistencia con la temperatura puede escribirse como

$$\boxed{R = R_0[1 + \alpha(T - T_0)]} \qquad [\Omega]$$

Ejercicio 4:
Un termómetro de resistencia hecho de platino tiene una resistencia de 50 Ω a 20°C. Cuando lo sumergimos en un recipiente que tiene indio en punto de fusión, su resistencia aumenta hasta 76.8 Ω. Con esta información, encuentre el punto de fusión del indio. Para el platino $\alpha = 3.92 \times 10^{-3} \, (C^{\circ})^{-1}$

$$R = R_0 [1 + \alpha \Delta T]$$

$$R = R_0 \alpha \Delta T + R_0$$

$$\frac{R - R_0}{R_0 \alpha} = \Delta T$$

$$\frac{76.8\Omega - 50\Omega}{(50\Omega)(3.92 \times 10^{-3} \, (C^{\circ})^{-1})} = \Delta T = 136.7 \approx 137°C$$

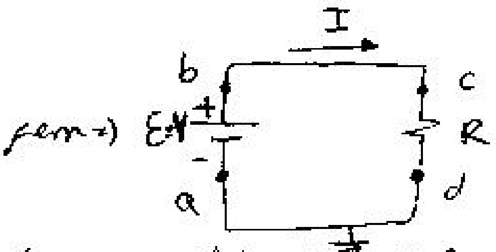
Como $\Delta T = T - T_0$ y $T_0 = 20°C$

$$T = 137°C + 20°C = 157°C$$

Código de colores para resistencias ver FIG 27.7

Tipos de resistencias: de carbón, cerámicas, alambre etc

Energía Eléctrica y Potencia



Si una batería se utiliza para establecer una corriente eléctrica en un conductor, existe una transformación continua de energía química almacenada en la batería a energía cinética de los portadores de carga. Esta energía cinética se pierde rápido como resultado de las colisiones de los portadores de carga con el arreglo de iones, ocasionando un aumento en la temperatura del conductor. Por lo tanto se ve que la energía química almacenada en la batería es continuamente transformada en energía térmica.

En la figura un circuito consta de una batería, o fem $\mathcal{E} = V$ y de una resistencia R. La carga positiva fluye en la dirección de las manecillas del reloj, desde la terminal negativa hasta la positiva de la batería. Los puntos a y d ~~son~~ están aterrizados.

- ΔQ se mueve de ⓐ ⇒ pasa por V y R y regresa a ⓐ
- ΔQ ⇒ se mueve de ⓐ a ⓑ a través de la batería
- la energía potencial eléctrica aumenta en una cantidad $V \Delta Q$ mientras la energía química de la batería disminuye
- la carga Q se mueve de ⓒ a ⓓ a través de la resistencia
- la energía potencial eléctrica se pierde por las colisiones de los átomos en la resistencia en forma de energía térmica y está dado por

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

I ⇒ corriente que pasa por el circuito como la rapidez con la cual la carga pierde la energía es igual a la potencia perdida en la resistencia, tenemos

$$\boxed{P = IV} \qquad P = \text{potencia}$$

$$\boxed{P = I^2 R = \frac{V^2}{R}}$$

Ejercicio 5: Se construye un calentador eléctrico aplicando una diferencia de potencial de 110V. a un alambre de nicromo cuya resistencia total es de $8\,\Omega$. Calcule la corriente en el alambre y la potencia nominal del calentador

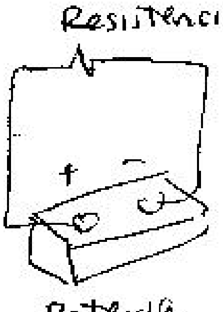
$$I = \frac{V}{R} = \frac{110\,V}{8\,\Omega} = 13.8\,A$$

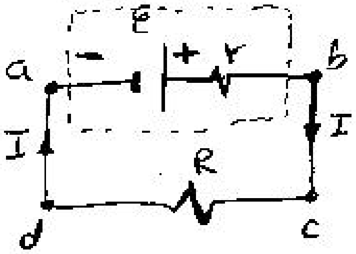
$$P = I^2 R = \frac{V^2}{R} = (13.8)^2\, 8\,\Omega = 1.52\ KW$$

b) si se duplica el voltaje calcule la I y P

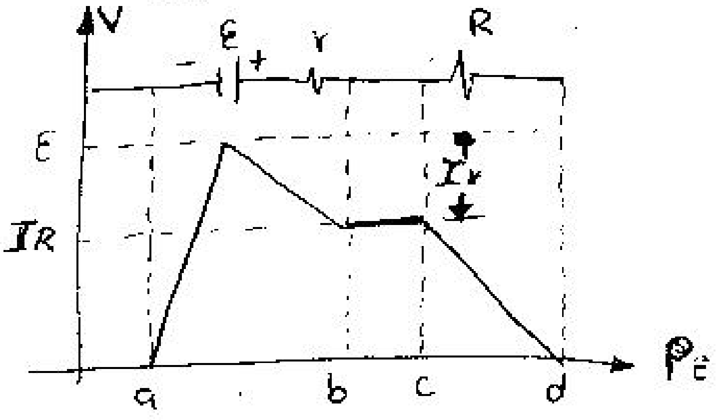
$$I = \frac{220\,V}{8\,\Omega} = 27.5\,A \qquad P = 6.05\ KW$$

Fuerza electromotriz (Fem)





A)



B)

De la figura a)

Una carga positiva se mueve de a) a b), como la carga pasa de la terminal negativa a la positiva, su potencial aumenta en E. sin embargo, como se mueve a través de r, su potencial decrece en Ir, donde I es la corriente en el circuito, por lo tanto el voltaje en las terminales de la bateria, $V = V_b - V_a$

$$V = \mathcal{E} - Ir$$

$\mathcal{E}$ equivale al voltaje a circuito abierto, es decir, el voltaje en las terminales cuando la corriente es cero. En la figura b) es la representación gráfica de los cambios de potencial en el circuito cuando recorre I en la direccion de las manecillas del reloj. V debe ser igual a la diferencia de potencial a través de la resistencia externa R, llamada resistencia de carga $V = IR$

$$\mathcal{E} = IR + Ir \quad **$$

despejando I

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

ahora si multiplico ** por I tenemos y si $R >> r$

$$I\mathcal{E} = I^2R + I^2r$$

$$P_{\mathcal{E}} = P_R + P_r$$

Ejercicio 6: Una bateria tiene una fem de 12 V y una resistencia interna $r = 0.05\,\Omega$, sus terminales se conectan a una resistencia de carga de $3\,\Omega$ a) Halle la corriente y voltaje en terminales de la bateria

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = \frac{12\,V}{3.05\,\Omega} = 3.93\,A$$

$$V = \mathcal{E} - Ir = 12\,V - (3.93\,A)(0.05\,\Omega) = 11.8\,V$$

para probar este resultado

$$V = IR = (3.93\,A)(3\,\Omega) = 11.8\,V.$$

b) calcule la potencia disipada en la resistencia de carga y en la resistencia interna de la bateria

$$P_R = I^2R = (3.93\,A)^2(3\,\Omega) = 46.334\,W$$

$$P_r = I^2r = (3.93\,A)^2(0.05\,\Omega) = 0.772\,W$$

por lo tanto la potencia entregada por la batería es la suma de estas dos cantidades (81)

$$P_T = P_E + P_r = 47.1\ w$$

se puede verificar utilizando $P = I\varepsilon$

$$P = (3.93)(12) = 47.1\ w$$

Ejercicio 7: Tarea

El enrollamiento de cobre de un motor tiene una resistencia de 50Ω a 20 grados centígrados, cuando el motor está quieto. Después de estar trabajando durante varias horas la resistencia se eleva a 58Ω. cuál es la temperatura del enrollamiento?

$$R = R_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$$

$\alpha_{cobre} = 3.9 \times 10^{-3}$

$T_0 = 20°C$

$R_0 = 50Ω$

$R = 58Ω$

$$58 = 50 [1 + 3.9 \times 10^{-3} (T - 20°C)]$$

$$58 = 50 + 0.195 (T - 20°C)$$

$$\frac{58 - 50}{0.195} = T - 20°C$$

$$41.02°C + 20°C = T$$

$$61\ °C = T$$

Ejercicio 8: Tarea a) cuántas lámparas de 40 w en paralelo pueden utilizarse con seguridad en una línea de 115 V. con fusibles que limitan la corriente a 6 A. b) Si se pone en la misma línea un tostador eléctrico de 5 A. cuántas lámparas podrían encenderse a la vez.

a) $V_{línea} = 115\ V$

$P_{lámpara} = 40\ w$

$I_{max} = 6\ A$

$$P_T = V_{línea} I_{max} = (115 V)(6 A) = 690\ w$$

$$N° lamparas = \frac{P_T}{P_{lámpara}} = \frac{690 w}{40 w} = 17.25$$

puedo instalar 17 lámparas de 40 w

6) Si se pone en la misma linea un tostador eléctrico de 5A ¿cuántas lámparas podrían encenderse a la vez. (82)

$P_{lampa} = VI$

$40w = (115v) I$

$I = \frac{40\ w}{115v} = 0.3478\ A$

puedo encender lámparas hasta completar 1 amperio o sea 3 lámparas

$I_{lámpara} = 0.3478\ A$

$I_{3\ lámparas} = 0.3478 \times 3 = 1.043\ A$

Ejercicio 9: la carga de un generador de 115V. se compone de 200 lámparas de 40w, 10 planchas que absorben c/u 500w y un motor de 10 H.P que tiene un rendimiento del 85% Hallar:

a) la potencia mínima suministrada por el generador en Kw

$P_G = P_{lámparas} + P_{planchas} + P_{motor}$

$P_G = 200 \times 40W + 10 \times 500W + 10 \times 742w \div 0.85$

$P_G = 19.307\ kw$

b) la corriente que toma la carga

$I_{carga} = \frac{P}{V} = \frac{19307\ w}{115V} = 167.887\ Amp$

c) la corriente que toma cada carga

$I_{lámparas} = \frac{P}{V} = \frac{40W}{115V} = 0.3478A \times 200 = 69.56A$

$I_{planchas} = \frac{P}{V} = \frac{500W}{115V} = 4.3478A \times 10 = 43.478A$

$I_{motor} = \frac{P}{V} = \frac{742W}{115V} = 6.4521A \times 10 \times 0.85 = 54.8434A$

$I_{Total} = 167.8434A$