



FICH

UNL

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería
y Ciencias Hídricas

FÍSICA II

Notas sobre Corriente eléctrica

FICH – UNL

Version v.2
2021

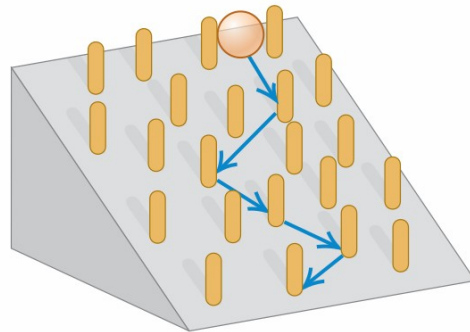
Corriente, resistencia y fuerza electromotriz

La corriente eléctrica es el movimiento de carga eléctrica de una región a otra. Como ya sabemos, las cargas pueden ser electrones o iones y el medio por el cual se transportan puede ser un conductor, un gas ionizado (rayo) o un electrolito, como en líquido de una batería

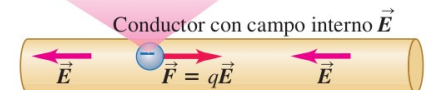
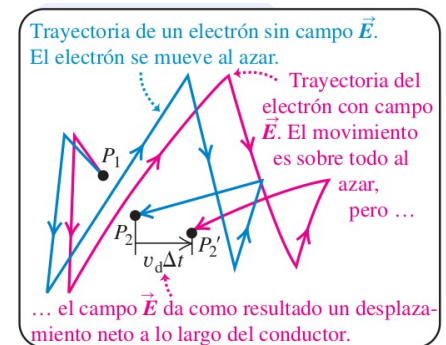
Antes demostramos que en electrostática el campo eléctrico dentro de un conductor es igual a cero ya que las cargas están quietas y no hay corriente neta.

Pero, si se establece un campo eléctrico E constante dentro de un conductor, entonces las partículas con carga (electrones libres) en el interior del material se verán sometidos a una fuerza $F_e = eE$.

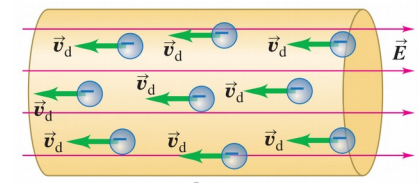
Pero el movimiento de las cargas no es libre, ya que deben moverse dentro de una estructura donde hay otras partículas y eso genera un camino tortuoso que reduce la velocidad neta del movimiento.



Este efecto podría compararse al de una pelota bajando en un plano inclinado lleno de obstáculos. La gravedad es la fuerza impulsora y los obstáculos son la resistencia del material.



Un electrón tiene carga negativa q , por lo que la fuerza sobre él debida al campo \vec{E} es en la dirección opuesta a \vec{E} .



En un conductor metálico, las cargas en movimiento son electrones, pero la corriente aún apunta en la dirección en que fluirían las cargas positivas.

El movimiento aleatorio de las cargas reduce la velocidad neta (velocidad de deriva) ocasionada por el campo E .

Corriente, resistencia y fuerza electromotriz

Definimos la corriente a través del área de sección transversal A como la carga neta que fluye a través del área por unidad de tiempo $I = \frac{dQ}{dt}$

Podemos definir al diferencial de corriente dq como el flujo de carga a través de una dada sección. Esto es, a partir de la velocidad de deriva (v_d), de la cantidad de elementos (cargas) en movimiento en el material (n), del área de paso de la corriente (A) y de la carga eléctrica de cada elemento de corriente (q): $dq = n q v_d A dt$

Entonces, la corriente I queda expresada como: $I = \int dq = qnA v_d$

Si dividimos I por el área de paso, entonces obtendremos la densidad de corriente J : $J = \frac{I}{A} = qn v_d$

La corriente se mide en Amperes [A]. Una corriente de un Ampere equivale a una carga de un Coulomb circulando por segundo ([A] = [C]/[s]).

Si un electrón tiene una carga de 1.6×10^{-19} C, entonces un Ampere equivale a 6.25×10^{18} electrones circulando por segundo.

Un Ampere es una cantidad de corriente relativamente baja. Una lampara led de 10 watts requiere alrededor de 0.05 A, pero un aire acondicionado hogareño requiere entre 5 y 15 A de corriente.

Corriente, resistencia y fuerza electromotriz

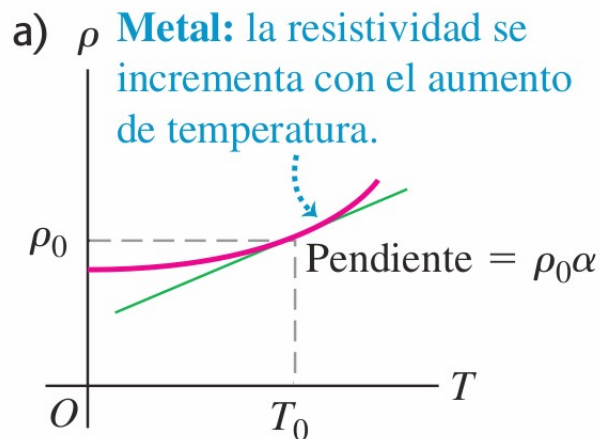
Como ya vimos, los materiales, aunque sean conductores imponen cierta resistencia al paso de la corriente. Esta característica se denomina resistividad (ρ). La resistividad es el cociente entre el campo eléctrico aplicado (fuerza impulsora) y la corriente generada (efecto).

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

Esta relación entre causa y efecto se denomina Ley de Ohm

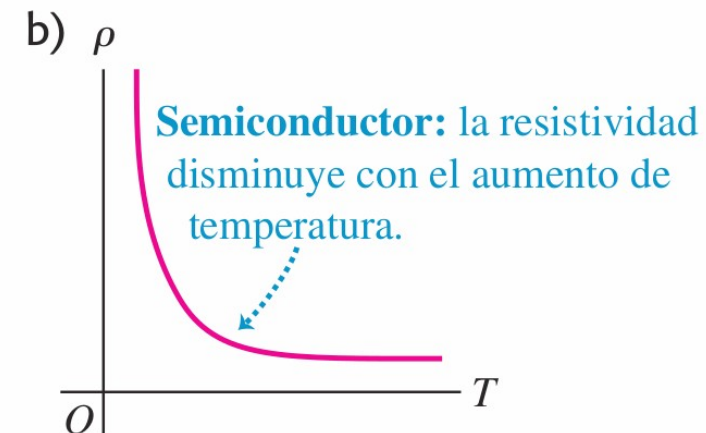
La Ley de Ohm dice que la corriente es linealmente (o directamente) proporcional al campo eléctrico. En otras palabras, esto significa que la resistividad ρ es constante.

Pero, en general en los metales la resistencia disminuye con la disminución de temperatura.



Sin embargo, en los conductores ordinarios, como el cobre y la plata, las impurezas y otros defectos producen un valor límite. Incluso cerca de cero absoluto una muestra de cobre muestra una resistencia no nula.

En otros materiales, como los semiconductores, la resistencia disminuye con el aumento de la temperatura.



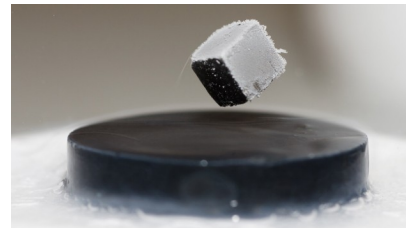
Corriente, resistencia y fuerza electromotriz

Existe otro tipo de materiales, denominados superconductores, para los cuales, por debajo de cierta temperatura crítica, el material deja de tener resistencia eléctrica.

Los materiales de baja resistencia son muy útiles. La resistencia al paso de la corriente se traduce en calor (efecto Joule) y en consumo extra de energía. Luego, se requiere de conductores de mayor área para transportar a los portadores de carga. La resistencia produce calentamiento de los conductores y genera problemas.

El oro es un material muy usado en electrónica para hacer microprocesadores por su baja resistencia, reduciendo la potencia térmica a disipar.

Sustancia	T_c (K)	estructura cristalina
YBCO ($\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$)	variable, máximo: 95 K ⁴	cúbica - estructura de perovskita
Diboruro de magnesio (MgB_2)	39 ⁵	hexagonal - estructura del grafito
Plomo (Pb)	7.196	cúbica centrada en las caras
Lantano (La)	4.88	hexagonal
Tantalio (Ta)	4.47	cúbica centrada en el cuerpo
Mercurio (Hg)	4.15	romboédrico
Estaño (Sn)	3.72	tetragonal
Indio (In)	3.41	tetragonal



Los trenes rápidos utilizan superconductores para generar levitación y viajar en el aire sin tocar los rieles



Los superconductores tienen una alta relevancia tecnológica. Se emplean para generar grandes campos magnéticos

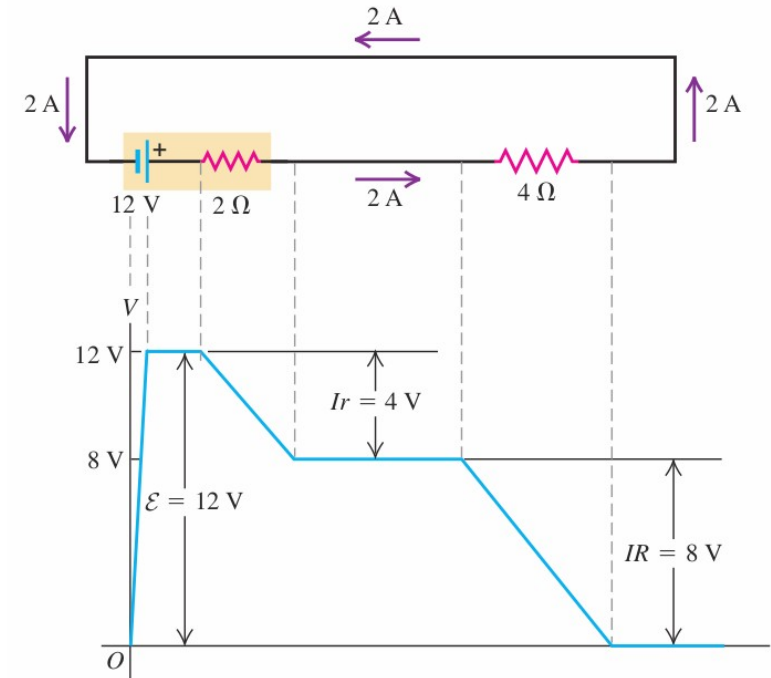


Cambios de potencial

Resulta importante entender como varia el potencial a lo largo de un circuito. Tomemos el caso simple de la derecha: si comenzamos a recorrer el circuito desde la izquierda de la batería (borne negativo) vemos que al cruzar la batería el potencial aumenta en un valor igual a la fem ($\mathcal{E} = 12 \text{ V}$). Luego, nos encontramos con la resistencia interna de la batería, que en este caso tiene un valor de 2Ω (si la batería es ideal entonces no tendrá resistencia interna). Cuando los portadores de carga atraviesan esa resistencia pierden parte de su potencial (energía). Esa pérdida es igual a la corriente I multiplicada por la resistencia r ($Ir = 4 \text{ V}$). Luego, las cargas continúan moviéndose a lo largo del conductor hasta llegar a la resistencia de 4Ω . Allí ocurre lo mismo, es decir que los portadores de carga deben entregar energía para poder atravesar dicha resistencia. Esto equivale a una reducción de potencial, que en este caso es $IR = 8 \text{ V}$. Debemos notar qué, a lo largo de todo el circuito la corriente es la misma. Es decir que la cantidad

de cargas en movimiento siempre es igual. Podríamos pensar a este circuito como un tren moviéndose en una vía cerrada. El tren da vueltas consumiendo combustible. El combustible es aportado por la batería y consumido en los lugares donde hay resistencia al avance. Pero el tren siempre tiene la misma cantidad de vagones (portadores de carga).

La pregunta que podríamos hacernos es: ¿Si la batería le entrega una dada energía a los portadores de carga, Por qué nunca les sobra nada de energía a las cargas cuando vuelven a llegar a la batería?

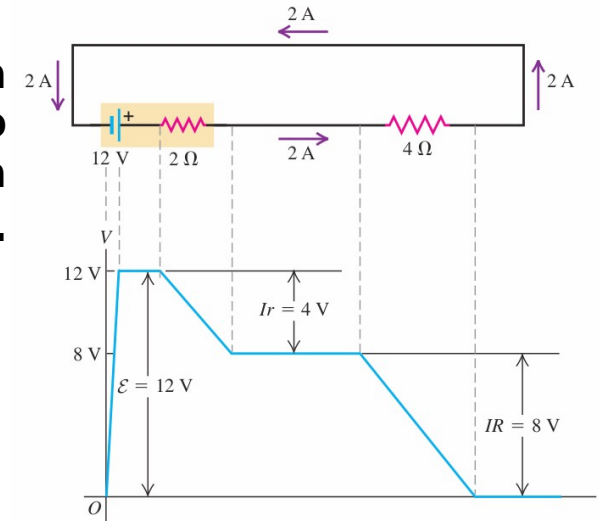


Cambios de potencial

Lo que ocurre es que la corriente I que se establece es la máxima posible para las condiciones del circuito. Esto está dado por la ley de Ohm. El circuito tiene una resistencia total $R = 2\ \Omega + 4\ \Omega = 6\ \Omega$ y una fem $\varepsilon = 12\ \text{V}$. Luego, la corriente, por ley de Ohm será:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{12\ \text{V}}{6\ \Omega} = 2\ \text{A}$$

Es decir que la batería puede entregar siempre el mismo potencial (12 V) a cada portador de carga (electrón en este caso). Si el circuito tiene poca resistencia entonces la batería pondrá más portadores en movimiento (más corriente), pero todos tendrán el mismo potencial (misma energía potencial) disponible para recorrer el circuito.



Potencia

En Física I ya definimos el concepto de potencia. La potencia es el cociente entre la energía entregada y el tiempo que transcurre. Es decir, es la energía por unidad de tiempo. Cuando hablamos de energía también podemos pensar que estamos hablando de trabajo. Entonces la potencia es el trabajo hecho (o recibido) en un dado tiempo. Por ejemplo, si yo tengo que subir 10 latas de 4 kg de pintura a un techo que se encuentra a 5 m de altura, el trabajo de subir cada lata será igual a la energía potencial almacenada (si lo realizo a velocidad constante). Esto es,

$$W = mgh = 4 \text{ kg} \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 5 \text{ m} = 196 \text{ j}$$

y el trabajo total será $10W = 1960 \text{ j}$. Subir las 10 latas me puede llevar 2 min (120 s). En el primer caso la potencia desarrollada será:

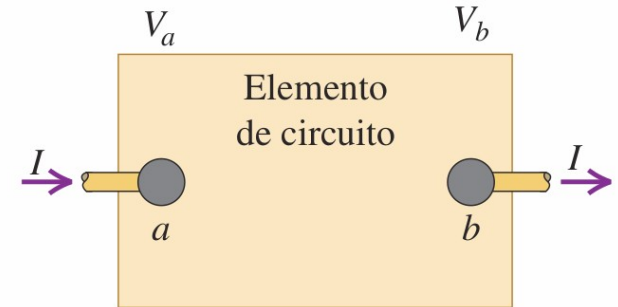
$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{1960 \text{ j}}{120 \text{ s}} = 14 \text{ watts}$$

y si tardo el doble entonces la potencia será la mitad. Pero en ambos casos el trabajo es el mismo, 1960 j.

Potencia

En el circuito eléctrico, la idea es la misma: las cargas pasan a través de un componente eléctrico (resistencia, motor, lámpara, etc) entregando potencia. Esa entrega de potencia equivale a una disminución de energía potencial eléctrica dada por:

$$\Delta U_e = qV_{ab}$$



Es decir que, la carga q (corriente) entrega (o recibe) una energía igual al valor de dicha carga multiplicada por la diferencia de potencial V_{ab} .

Si la corriente a través del elemento es I , entonces en un intervalo dt pasará una cantidad de carga $dQ = I dt$. El cambio en la energía potencial para esta cantidad de carga es:

$$\Delta U_e = dQ V_{ab} = I dt V_{ab}$$

Si a ΔU_e la dividimos por el intervalo de tiempo dt entonces obtendremos la potencia:

$$P = \frac{\Delta U_e}{dt} = I V_{ab}$$

La potencia eléctrica es igual al producto entre la corriente I y la diferencia de potencial V . Si por ejemplo tenemos una lámpara de 12 v que consume 5 w, entonces podremos calcular la corriente que circula como:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{5 \text{ w}}{12 \text{ V}} = 0.41 \text{ A}$$