

Cuando una carga ΔQ pasa a través de la sección transversal de un conductor en un tiempo Δt la corriente eléctrica es:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} . \quad (1)$$

Esta fórmula se cumple cuando I es constante, en general $I = dQ/dt$. La unidad SI de corriente es el Ampere (A), observemos que $1 A = 1 C/s$.

Los portadores de carga cuyo movimiento produce la corriente son por ejemplo electrones ó iones (+ ó -). Por convención el sentido de I es el sentido del movimiento de cargas positivas. En un modelo sencillo para calcular I suponemos que los portadores de carga q atraviesan una superficie de área A con rapidez v_d (rapidez de desplazamiento o de arrastre), y que existe un número n de ellos por unidad de volumen. Calculando ΔQ y usando (1) se deduce:

$$I = n |q| v_d A . \quad (2)$$

El número n depende del medio, por ejemplo en metales $n \sim 10^{28}/m^3$.

Es conveniente definir la densidad de corriente J tal que $J = I/A$. La densidad de corriente es realmente un vector. Utilizando (2) en el modelo sencillo de conducción se obtiene:

$$\vec{J} = n q \vec{v}_d . \quad (3)$$

Como \vec{v}_d es debida a un campo eléctrico externo \vec{E} , de hecho $\vec{v}_d \propto \vec{E}$, podemos escribir:

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} . \quad (4)$$

La conductividad σ es una propiedad característica del material. Cuando se cumple (4), con σ independiente del campo, se dice que el material es óhmico. El inverso de la conductividad es la resistividad ρ , $\rho = 1/\sigma$. Mientras mayor sea σ (ó menor sea ρ) mejor es el conductor, por ejemplo para metales $\sigma \sim 10^8 A/Vm$. Tanto σ como ρ dependen de la temperatura T . Para metales en un amplio rango de T se tiene:

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)] , \quad (5)$$

donde ρ_0 es la resistividad a la temperatura de referencia T_0 (usualmente $20^\circ C$) y α es el coeficiente de temperatura de resistividad.

Para aplicaciones prácticas es útil pasar de la relación (4) a una relación entre I y V . Para hallar esta relación suponemos un conductor recto de sección transversal A con una diferencia de potencial entre sus extremos separados una distancia ℓ . Como $I = JA$ y $V = E\ell$ se encuentra:

$$V = IR , \quad (6)$$

donde la resistencia R está dada por:

$$R = \frac{\rho \ell}{A} . \quad (7)$$

La unidad SI de resistencia es el Ohm (Ω), observemos que $1 \Omega = 1 V/A$. Para los materiales óhmicos, ρ , y por lo tanto R , es constante (a temperatura fija) de manera que se cumple la ley de Ohm, $V \propto I$.

Cuando una carga ΔQ atraviesa una diferencia de potencial V pierde energía potencial electrostática en una cantidad $\Delta U = \Delta Q V$. La potencia o tasa de transferencia de energía es $\mathcal{P} = \Delta U/\Delta t$. Usando (1) encontramos que la potencia eléctrica es:

$$\mathcal{P} = IV . \quad (8)$$

La unidad SI de potencia es el Watt (W). En el conductor la energía se convierte en energía interna la cual resulta en un aumento de temperatura (efecto Joule). En un resistor en el que se cumple (6) se tiene $\mathcal{P} = I^2 R$.