

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \varepsilon .$$

Un voltímetro conectado en paralelo al tramo 1-2 de un circuito eléctrico de corriente continua, mide la diferencia de potencial en los extremos de dicho tramo, y no la tensión,

$$RvIv = \varphi_1 - \varphi_2 ,$$

donde Rv e Iv son, respectivamente, la resistencia del voltímetro y la intensidad de la corriente en el (fig. III.8.3). esto se deduce de la ley de Ohm generalizada (p.3º) y escrita para el tramo 1-2 del circuito del voltímetro, en el que no hay fem (véase también III.8.3.5º).

6º. En los conductores en reposo de un circuito de corriente eléctrica contiene, el trabajo de la fuerzas exteriores se invierte en calentar dichos conductores (III.7.3.5º).

La energía W que se desprende del circuito durante el tiempo t en todo el volumen del conductor constituye

$$W = IUt ,$$

Siendo I la intensidad de la corriente, y U la tensión. La cantidad de calor Q (II.2.2.1º), en calorías, correspondiente a esta energía y que se desprende en el conductor constituye

$$Q = 0.24IUt .$$

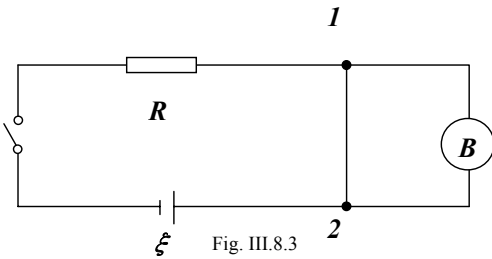


Fig. III.8.3

Todas las demás magnitudes van expresada en el SI (IX).

Ley de Joule-Lenz: la cantidad de calor desprendido por la corriente en un conductor es proporcional a la intensidad de dicha corriente, a la tensión y el tiempo de circulación de la misma.

Otra expresión de la ley de Joule – Lenz:

$$Q = 0.24I^2RT = 0.24 \frac{U^2}{R} t .$$

§ III.8.3. Ley de Kirchhoff

1º. El cálculo de los *circuitos complejos (bifurcados)* consiste en hallar las intensidades de las corrientes en diversas partes de ellos, conociendo las resistencias de estas partes y las fem aplicadas a ellas.

2º. Se llama *nudo* de un circuito bifurcado el punto donde hay más de dos direcciones posibles de la corriente. En un nudo concurrente mas de dos conductores (fig. III.8.4).

Primera ley de Kirchhoff (reglas de los nudos): La suma algebraica de las corrientes convergentes en un nudo es igual a cero:

$$\sum_{i=1}^{i=n} I_i = 0 ,$$

donde n es el número de conductores que convergen en ese nudo, e I_i , la intensidad de la corriente en el mismo. Se consideran positivas las corrientes que afluyen al nudo, y negativas, las que salen de el.

Segunda Ley de Kirchhoff (reglas de los contornos): En cualquier contorno cerrado, elegido arbitrariamente en un circuito

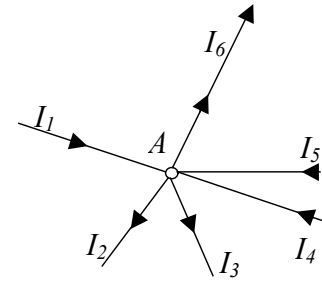


Fig. III.8.4.

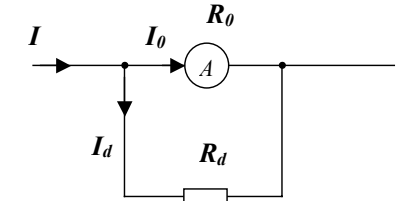


Fig. III.8.5.

eléctrico bifurcado, la suma algebraica de los productos de las intensidades de las corrientes I_i por las resistencias R_i de las partes correspondientes de este contorno, es igual a la suma algebraica de las fem aplicadas al mismo:

$$\sum_{i=1}^{i=n1} I_i R_i = \sum_{i=1}^{i=n1} \varepsilon_i ,$$

donde n_1 es el número de partes en que el contorno es dividido por los nudos. Para aplicar la segunda ley de Kirchhoff se elige un sentido determinado de recorrido del contorno (en el sentido de las agujas del reloj o al contrario). Las corrientes que coincidan con este sentido de recorrido se consideran positivas. Las fem de las fuentes de energías eléctricas se consideran positivas si generan corrientes dirigidas en el mismo sentido que el de recorrido del contorno.

3º. **Orden de cálculo de un circuito bifurcado** de corriente continua:

- a) se eligen arbitrariamente los sentidos de las corrientes en todas las partes de los circuitos;
- b) Para los m nudos del circuito se escriben $(m-1)$ ecuaciones independientes según la ley de Kirchhoff;
- c) Se escogen los contornos cerrados arbitrarios y después de elegir los sentidos de los recorridos se escribe los sistemas de ecuaciones de la segunda ley de Kirchhoff. En un circuito bifurcado que consta de p partes (ramas) entre nudos vecinos y m nudos, el numero de ecuaciones independientes de la segunda ley de Kirchhoff será $(p-m+1)$.

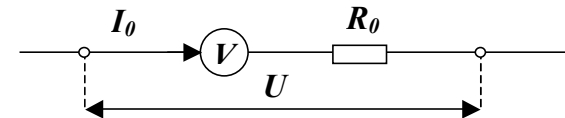


Fig. III.8.6

Al escribirlas, los contornos se eligen de tal manera que cada contorno nuevo tenga por lo menos una parte del circuito que no permanezca dentro de los contornos ya considerado.

4º. Se llama *derivación o shuntado de un amperímetro*, la conexión paralela al amperímetro de resistencia adicional R_d mediante la cual el amperímetro de resistencia R_0 , calculado para una intensidad de corriente máxima I_0 (fig. III.8.5). La resistencia por derivación se halla por las leyes de Kirchhoff: $I = I_0 + I_d$, $I_0 R_0 = I_d R_d$, donde se elimina I_d :

§ III.8.2. Leyes de Ohm y de Joule-Lenz

1°. En cualquier punto dentro de un trozo de conductor que contenga una fuente de energía eléctrica, existe un campo de fuerza coulombianas de intensidad \mathbf{E}_{coul} y un campo eléctrico de fuerzas exteriores de intensidad \mathbf{E}_{ext} .

De acuerdo con el principio de superposición de los campos (III.2.2.4°), la intensidad del campo resultante será.

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_{\text{coul}} + \mathbf{E}_{\text{ext}},$$

La ley de Ohm para la densidad de corriente (III.7.3.4°),

$$\mathbf{j} = \frac{1}{\rho}(\mathbf{E}_{\text{coul}} + \mathbf{E}_{\text{ext}}),$$

permite obtener, para el trozo 1-2 del conductor homogéneo de sección S , la reacción

$$I \int_1^2 \rho \frac{d\mathbf{l}}{S} = \int_1^2 \mathbf{E}_{\text{coul}} d\mathbf{l} + \int_1^2 \mathbf{E}_{\text{ext}} d\mathbf{l},$$

en la que I es la intensidad de la corriente en el conductor; $d\mathbf{l}$, un vector de modulo dl , igual al elemento de longitud del conductor, dirigido según la tangente al conductor y hacia el lado del vector densidad de corriente; y S en la sección del conductor

2°. la integral $\int_1^2 \mathbf{E}_{\text{coul}} d\mathbf{l}$ es numéricamente igual al trabajo que realiza las fuerzas de coulomb cuando se traslada una carga de unidad positiva del punto 1 al punto 2. de acuerdo con (III.3.3.1°),

$$\int_1^2 \mathbf{E}_{\text{coul}} d\mathbf{l} = \varphi_1 - \varphi_2,$$

donde φ_1 y φ_2 son los potenciales de los puntos 1 y 2 del conductor.

Recibe el nombre de fuerza electromotriz (fem) ε_{12} que actúa en el tramo 1-2 del circuito, la integral lineal

$$\varepsilon_{12} = \int_1^2 \mathbf{E}_{\text{ext}} d\mathbf{l}.$$

La fuerza electromotriz ε_{12} equivale numéricamente al trabajo que realizan las fuerzas exteriores al trasladar por el conductor una carga unidad positiva desde el punto 1 hasta el punto 2. Este trabajo se efectúa a expensas de la energía que se gasta en la fuente. Por esto ε_{12} se llama fuerza electromotriz de la fuente de energía eléctrica intercalada en el tramo 1-2 del circuito.

Se llama *tensión* U_{12} del tramo 1-2, la magnitud física numéricamente igual al trabajo que realiza el campo resultante de las fuerzas coulombianas exteriores, al trasladar a lo largo del circuito, desde el punto 1 hasta el punto 2, una carga de unidad positiva:

$$U_{12} = \int_1^2 (\mathbf{E}_{\text{coul}} + \mathbf{E}_{\text{ext}}) d\mathbf{l} = \int_1^2 \mathbf{E} d\mathbf{l},$$

o bien

$$U_{12} = (\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon_{12}.$$