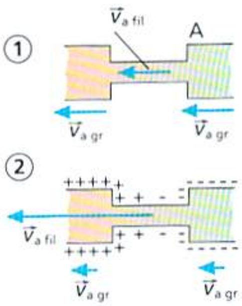


La conservación de la carga conduce del estado inicial 1, al régimen estacionario 2.

¿Cómo «sabe» la pila que en el circuito hay una bombilla en serie o en paralelo?

En el dibujo adjunto podemos ver una bombilla (un trozo de filamento mucho más fino que el resto) conectada en serie en un circuito. Al principio, cuando se cierra el circuito, el mar de electrones empezará a moverse casi instantáneamente en todos los puntos por igual, con la misma velocidad de arrastre. En esas condiciones, si suponemos que el filamento es del mismo material que el cable, el número de electrones que llegará por unidad de tiempo a la unión A por el cable grueso será, como hemos visto, $N \cdot S_{gr} \cdot v_a$, y el número que saldrá de la unión por el filamento será $N \cdot S_{fil} \cdot v_a$, es decir, menor. Esto hará que se acumulen electrones en la unión A, que se moverán hacia la superficie (nunca puede haber carga neta en el interior de un conductor) y desde allí repelerán a los electrones que se acercan por el cable grueso (disminuyendo su velocidad de arrastre) y a los que se alejan por el filamento (aumentando su velocidad de arrastre).

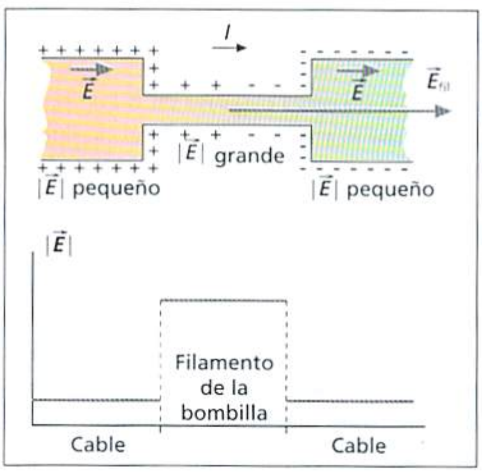
La acumulación de carga neta en la superficie terminará justo cuando el número de electrones por segundo que atraviesan el cable grueso sea igual al número de electrones por segundo que atraviesan el filamento. En el otro extremo pasará lo mismo: al principio, cuando la velocidad de arrastre es igual, abandonarán la zona de unión más electrones por el cable grueso que los que entran por el filamento; como la carga y los electrones se conservan, se producirá una acumulación de carga positiva (déficit de electrones) que atraerá a los electrones que se alejan (disminuyendo su v_a) y a los que se acercan (aumentándola).

La acumulación de carga continuará hasta que se iguale el número de electrones que atraviesa el filamento y el cable grueso, es decir, cuando la intensidad de corriente sea la misma en todos los puntos del circuito. Cuando se alcance el estado estacionario se tendrá, por tanto:

$$N \cdot S_{gr} \cdot v_{a\,gr} = N \cdot S_{fil} \cdot v_{a\,fil} \rightarrow v_{a\,fil} = \frac{S_{gr}}{S_{fil}} \cdot v_{a\,gr}$$

La v_a del mar de electrones en el filamento es mucho mayor que en el cable, justo en la proporción necesaria para que la intensidad de corriente sea la misma. Como $v_a = \mu \cdot |\vec{E}|$, la intensidad del campo en el interior del filamento es mucho mayor que en el cable. Lógicamente, como hemos visto, habrá un cambio brusco de la densidad de carga de un extremo a otro del filamento. La situación final y la gráfica de la intensidad del campo tendrán la forma que se indica en el dibujo inferior.

Los cambios en las densidades superficiales de carga producen cambios en el campo eléctrico que se propagan por el metal en todas direcciones a la velocidad de la luz. La conservación de la carga genera en el circuito un mecanismo de autorregulación que lo conduce rápidamente al estado estacionario, en el cual se conserva la intensidad de corriente.



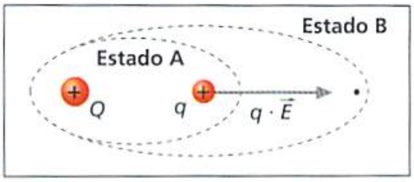
Los circuitos son sistemas que se autorregulan, respondiendo a cualquier cambio que altere el estado estacionario hasta alcanzar (rapidísimamente) un nuevo estado estacionario.

Esto contesta a algunas de nuestras preguntas sobre circuitos que hicimos al comienzo del tema. Pero no a todas. La conservación de la corriente en un circuito puede ocurrir para infinitos valores de la intensidad de corriente. Por tanto, ¿qué es lo que restringe los posibles valores a uno solo? Como sabemos, todos los cambios en los sistemas deben cumplir el principio de conservación de la energía, que impone restricciones a los cambios que son posibles. Vamos, pues, a realizar un estudio energético de la interacción eléctrica y a aplicar el principio de conservación de la energía a un circuito.

6 CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL CAMPO ELÉCTRICO. POTENCIAL Y DIFERENCIA DE POTENCIAL

Podemos plantear otra forma de caracterizar lo intenso que es un campo eléctrico, teniendo en cuenta que las fuerzas eléctricas son, como estudiamos en el tema 3, conservativas: dependen de la distancia de tal modo que diferentes separaciones entre cargas implican distinta capacidad para realizar transformaciones, igual que ocurría con las fuerzas gravitatorias y elásticas.

Dibujad dos cargas, *Q* y *q*, del mismo signo, separadas por una distancia *d* y razonad qué pasará con la energía potencial del sistema si *q* se acerca o se aleja de *Q*. Repetid lo mismo, suponiendo que son de distinto signo.



Cuando las cargas son del mismo signo, el trabajo de la fuerza eléctrica será positivo si se alejan y negativo si se aproximan, mientras que si son de distinto signo ocurre lo contrario.

Como sabemos, si el sistema formado por ambas cargas cambia de un estado, A, en que la energía potencial del sistema es E_{PA}, a otro, B, en que es E_{PB}, se debe cumplir que: $\Delta E_{PA}^{B} = -W_{int\,A \to B}$.

El trabajo realizado por el campo eléctrico al pasar una carga, q, de la posición que tiene en A a la que tiene en B, dependerá del valor de q (ya que la fuerza que ejerce el campo sobre q, es $q \cdot \vec{E}$). Sin embargo, si dividimos por la cantidad de carga que se traslada, la magnitud $\dfrac{\Delta E_{PA}^{B}}{q} = \dfrac{E_{PB}}{q} - \dfrac{E_{PA}}{q}$ nos indica la variación en la E_P del campo que se produciría por unidad de carga positiva que se desplace desde el punto A a B. Sólo depende de la posición inicial y final y de la intensidad del campo. Si asignamos una E_P cero a un sistema en que las cargas se encuentran separadas a una distancia infinita, podemos asignar a cada punto del campo eléctrico creado por una carga Q (o por una distribución de cargas) la magnitud:

$$V = \frac{E_P}{q}$$

Esta magnitud se llama **potencial eléctrico. El valor del potencial eléctrico en un punto coincide con la variación de energía potencial que sufriría el sistema (o el campo) al trasladar una unidad positiva de carga desde el infinito hasta dicho punto.** En un punto de un campo eléctrico el potencial es la unidad si la variación de E_P que se produce al trasladar una carga de 1 C desde el infinito hasta ese punto es de 1 J. Dicha unidad se llama **voltio**, y su símbolo es **V**. Según esto, **el potencial va aumentando a medida que nos acercamos a una carga positiva, y disminuyendo a medida que nos acercamos a una carga negativa**.

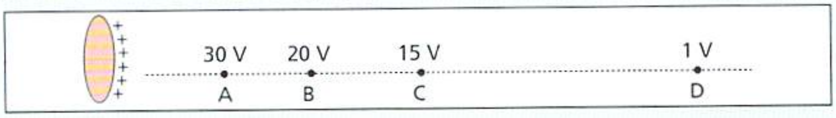
EJEMPLO

El potencial en los puntos A, B, C y D de un campo eléctrico es 30, 20, 15 y 1 V, respectivamente.

a) ***¿Qué significa el potencial en B?***

b) ***Si nos trasladamos de C a A, $\Delta V = V_A - V_C$, es de 15 V, y si lo hacemos desde A hacia C, de −15 V. ¿Qué significan estos valores?***

c) ***¿Cuánto trabajo habrá que realizar, y por quién, para trasladar una carga de 2 C desde A hasta D? ¿Y para una carga de −2 C?***



Que el potencial en B es 20 V significa que si se traslada una carga positiva de 1 C desde el infinito hasta B, la E_P del sistema aumentará en 20 J. También significa que el trabajo realizado por el campo en el traslado de una carga de 1 C desde el infinito hasta B es de -20 J (como en el caso de las fuerzas gravitatorias: cuando el trabajo del peso es negativo, la energía potencial aumenta, y viceversa).

La diferencia de potencial entre dos puntos (siempre potencial final menos potencial inicial) indica la variación que se produce en la E_P del sistema al trasladar una carga positiva de 1 C desde la posición inicial a la final. En el caso de ir de C a A, sería de 15 J; y si vamos desde A a C, de -15 J. Igualmente, nos indica que el trabajo realizado por las **fuerzas interiores** del sistema (la fuerza que ejerce el campo) en el traslado de una carga positiva de 1 C sería de -15 J, desde C hasta A, y de 15 J desde A hasta C.

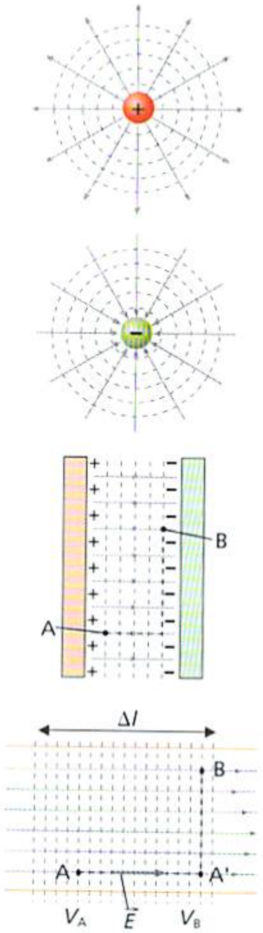
Por último, como sabemos que $\Delta E_{PA}^{\ B} = E_{PB} - E_{PA} = q \cdot V_B - q \cdot V_A = q \cdot \Delta V$ y que $\Delta E_{PA}^{\ B} = -W_{\text{int } A \to B}$, al trasladar una carga de 2 C desde A hasta D, la E_P variará en -58 J, y el trabajo de las fuerzas del campo será de **58 J**, de modo que la propia fuerza del campo facilite el desplazamiento. Si la carga que se traslada es negativa, -2 C, la E_P aumenta en 58 J y el trabajo de la fuerza que ejerce el campo en el traslado sería de **$-$58 J**, oponiéndose al desplazamiento.

¿Qué relación existe entre $\vec{E}$ y ΔV?

Puesto que $\vec{E}$ y V son dos formas distintas de caracterizar el campo eléctrico (una vectorial basada en las fuerzas y otra escalar basada en la energía), tienen que estar relacionadas. Según las definiciones de $\vec{E}$ y V, la relación es:

$$\Delta V_A^B = V_B - V_A = \frac{-W_{\text{int} A \to B}}{q}, \text{ donde la fuerza que realiza trabajo será } q \cdot \vec{E}$$

De la misma manera que utilizamos las líneas de fuerza para concretar visualmente la $\vec{E}$, también podemos dibujar superficies que contengan los puntos del campo en que el potencial tiene el mismo valor. Se llaman **superficies equipotenciales**. Al desplazarnos por esas superficies, el trabajo del campo deberá ser cero (ΔV es cero), por lo que necesariamente **la dirección de $\vec{E}$ debe ser perpendicular a las superficies equipotenciales.** Como las líneas de fuerza son tangentes a $\vec{E}$ en todos los puntos, las líneas de fuerza y las superficies equipotenciales son perpendiculares. En el dibujo se representan algunas líneas de fuerza y superficies equipotenciales de una carga puntual positiva y negativa y de un campo eléctrico uniforme como el que hay entre dos láminas metálicas cargadas con signo opuesto muy próximas y paralelas o dentro de los cables de los hilos metálicos de un circuito de corriente continua.



Las superficies equipotenciales son perpendiculares a las líneas de fuerza.

Cuando el campo eléctrico es uniforme, es decir, cuando $\vec{E}$ es constante en una región, la relación entre $\vec{E}$ y V es especialmente sencilla. El trabajo eléctrico por unidad positiva de carga, cuando se pasa de un punto A a otro B, será fácil de calcular siguiendo una línea de fuerza desde A hasta A' en la superficie equipotencial que contiene a B, y una línea de dicha superficie hasta llegar a B. Por lo tanto, tendremos:

$$\frac{W_{\text{int } A \to B}}{q} = \frac{W_{\text{int } A \to A'}}{q} + \overbrace{\frac{W_{\text{int } A' \to B}}{q}}^{0} = \frac{F_C \cdot \Delta l}{q} = \frac{|\vec{F}| \cdot \Delta l}{q} = \frac{q|\vec{E}|\Delta l}{q} = |\vec{E}|\Delta l$$

(F_C = componente escalar tangencial del vector $\vec{F}$).

Sustituyendo en la expresión inicial, obtenemos finalmente que:

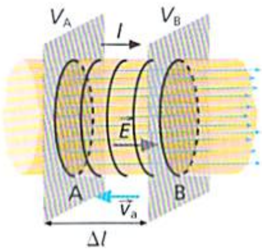
$$V_B - V_A = |\vec{E}| \cdot \Delta l \rightarrow |\vec{E}| = \frac{V_A - V_B}{\Delta l}$$

7 RELACIÓN ENTRE ΔV E I. LEY DE OHM

Puesto que buscamos qué es lo que limita los posibles valores de la intensidad de corriente en un circuito, y sabemos que el principio de conservación de la energía impone restricciones a los cambios que son posibles en los sistemas físicos, vamos a tratar de relacionar la intensidad que hay en un conductor con la energía del campo eléctrico (la energía potencial). En un conductor homogéneo, en el que hay una corriente eléctrica de intensidad I constante, el campo eléctrico en su interior es uniforme y el valor de I está relacionado con la intensidad del campo, como vimos en el apartado 5, mediante:

$$I = N \cdot q_e \cdot S \cdot \mu \cdot |\vec{E}|$$

Encontrad la relación que habrá entre la diferencia de potencial (d.d.p.) entre dos puntos de dicho conductor y la intensidad que lo atraviesa.



Si $\vec{E}$ tiene la dirección y sentido de la figura, el potencial en A será mayor que el potencial en B, y si Δl es la distancia entre A y B, según acabamos de ver, se cumplirá:

$$|\vec{E}| = \frac{V_A - V_B}{\Delta l}$$

Cuando hay un campo eléctrico uniforme en el interior de un conductor (es decir, en régimen estacionario), el módulo de $\vec{E}$ coincide con la diferencia de potencial (d.d.p.) entre dos puntos por unidad de longitud. Cuanto más varíe la d.d.p. por metro, mayor será el campo eléctrico en su interior. $\vec{E}$ irá hacia potenciales decrecientes, y su unidad, debido a esta relación, suele expresarse en V/m (voltios/ metro). 1 V/m equivale a 1 N/C. Antes, de una manera cualitativa, habíamos encontrado una relación parecida entre $\vec{E}$ y la densidad de carga en la superficie de los cables. Intuitivamente, es útil pensar que el potencial en un punto de un cable está relacionado con la densidad superficial de carga positiva en ese punto. Como $I = N \cdot q_e \cdot S \cdot \mu \cdot |\vec{E}|$, la intensidad de corriente estará relacionada con la d.d.p. entre dos puntos del conductor de la forma:

$$I = N \cdot q_e \cdot S \cdot \mu \cdot \frac{V_A - V_B}{\Delta l},$$

que podemos interpretar físicamente mejor agrupando los términos de este modo:

$$\frac{V_A - V_B}{I} = R \text{ (ley de Ohm)}, \quad \text{siendo } R = \frac{1}{N \cdot q_e \cdot \mu} \cdot \frac{\Delta l}{S}$$

El primer miembro de la ley de Ohm es el cociente de magnitudes que pueden variar y el segundo es una propiedad del conductor que depende de su forma (de la longitud entre los puntos A y B, y del área de su sección), del material de que esté hecho y de la temperatura (la movilidad del mar de electrones, μ, se ve afectada por la vibración de los iones al aumentar la temperatura). No obstante, en algunos materiales conductores, llamados óhmicos, R prácticamente no varía nada con la temperatura. Luego, para un conductor óhmico, **el cociente entre la d.d.p. entre sus extremos y la intensidad de la corriente que lo atraviesa es constante** independientemente de sus valores. Eso significa que en un conductor de este tipo, si la intensidad de la corriente que lo atraviesa dobla su valor, es porque la d.d.p. entre sus extremos se ha hecho doble; y si se reduce a la mitad, es porque la d.d.p. entre sus extremos se ha reducido a la mitad.

PROBLEMA

Planificad un trabajo experimental para comprobar si un hilo de cobre, de nicromo y una bombilla, son o no óhmicos.

Resultado: Diseñad un circuito que permita medir la d.d.p. entre los extremos de dichos conductores, produciendo diferentes d.d.p. y midiendo la intensidad correspondiente. Si un conductor es óhmico, la gráfica de la d.d.p. entre sus extremos, en función de la intensidad que lo atraviesa, debe ser una recta que pase por el origen. Analizad los resultados teniendo en cuenta el límite de validez de las conclusiones.

Material	Resistividad ($\Omega \cdot m$)
Cobre	$1{,}7 \cdot 10^{-8}$
Hierro	$10 \cdot 10^{-8}$
Nicromo	$100 \cdot 10^{-8}$
Plata	$1{,}5 \cdot 10^{-8}$
Volframio	$5{,}5 \cdot 10^{-8}$
Grafito (carbono)	$3.500 \cdot 10^{-8}$
Azufre	10^{15}
Cuarzo	$7{,}5 \cdot 10^{16}$
Vidrio	entre 10^{10} y 10^{14}

CUESTIONES

1. ¿Qué significa que la resistencia de un trozo de hilo de cobre es 2 Ω?
2. Contestad:
   a) Comparad las resistencias de 2 cm de hilo de cobre de 0,5 mm² de sección con la de un cilindro de grafito (mina de lápiz) de igual longitud y sección.
   b) Si la d.d.p. entre sus extremos es de 10 V, ¿cuánto valdrá la intensidad de la corriente que los atraviesa y la intensidad del campo eléctrico en su interior?
   c) Si la intensidad de la corriente que los atraviesa fuera de 0,1 A, ¿cuál sería la d.d.p. entre sus extremos y $\vec{E}$ en su interior?

Resultado:

a) Cobre: 0,00068 Ω; grafito: 1,4 Ω.

b) $\vec{E}$ irá dirigido hacia el extremo de potencial menor y su valor será: $\Delta V/\Delta l = 500$ V/m, en ambos casos; $I = 14.705{,}9$ A en el hilo de cobre (se fundirá); $I = 7{,}14$ A en el grafito.

c) 0,000068 V en el cobre y 0,14 V en el grafito; 0,0034 V/m en el cobre y 7 V/m en el grafito.

¿Cuál es el significado físico de *R*? ¿Cómo se mide?

La ley de Ohm indica que aunque la d.d.p. entre los extremos de un trozo de conductor puede tomar cualquier valor y la corriente que lo atraviesa puede tener distinta intensidad, los valores de ambos siempre se ajustarán para que su cociente tenga un valor constante que sólo depende del trozo del conductor. Tiene interés, por tanto, conocer cuánto vale R de un trozo de conductor que forme parte de un circuito.

Si un trozo de un conductor tiene un valor de R muy grande, en comparación con otros trozos, para conseguir que pase por él una intensidad dada será necesario que entre sus extremos haya una d.d.p. muy grande (por ejemplo, conectarlo a una pila muy «potente») en comparación con la d.d.p. necesaria entre los extremos de los otros trozos para que pase la misma intensidad. Por esta razón a R se le llama **resistencia**. Se toma como unidad[3] de resistencia la resistencia de un trozo de material conductor tal que cuando la d.d.p. entre sus extremos es de 1 V, la intensidad de la corriente que pasa por él es de 1 A. Dicha unidad se llama **ohmio** y su símbolo es **Ω**. Es una resistencia pequeña.

La resistencia de un conductor depende de su geometría y del material del que está hecho. La parte característica del tipo de material (y no de la longitud o la superficie) está relacionada con magnitudes microscópicas del mismo (con la movilidad, μ, y con el n.º de e^- libres por m^3) que se agrupan en una propiedad llamada **resistividad**, ρ, del material.

$$R = \frac{1}{N \cdot q_e \cdot \mu} \cdot \frac{\Delta l}{S} \rightarrow \mathbf{R = \rho \cdot \frac{\Delta l}{S}}$$

La resistividad de un material es numéricamente igual a la resistencia de un trozo de 1 m de longitud y 1 m² de sección de dicho material.

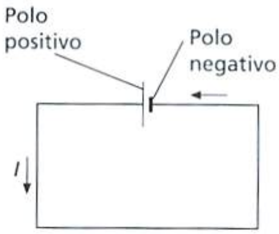
¿Cómo podemos medir la d.d.p. entre dos puntos?

Precisamente, como R es una característica que depende únicamente de la geometría y del material, permite un método para medir la d.d.p. entre dos puntos de un circuito y relacionar los conceptos teóricos y microscópicos con valores medibles. Si en dos puntos de un circuito el potencial es diferente (la densidad de carga superficial es distinta), al conectarlos mediante un hilo conductor óhmico, la intensidad de corriente que pase por el hilo estará relacionada con la d.d.p. entre los puntos por la ley de Ohm. Eso significa que los valores de la intensidad que hay en el hilo (que podemos medir con un amperímetro) serán proporcionales a la d.d.p. entre los dos puntos que está uniendo y podemos calibrar el amperímetro para leer directamente la d.d.p. Claro está que si hiciéramos esto en un circuito, se produciría una autorregulación que alteraría –como hemos visto– las intensidades de corriente que circulan por él y el sistema de medición afectaría a lo que queremos medir. Podemos reducir esta alteración al mínimo si el conductor que conectamos a los dos puntos tiene un valor de R enorme (teóricamente debería ser infinito), para que la intensidad que pase por el amperímetro sea tan pequeña que no altere prácticamente el régimen estacionario del circuito. El aparato así construido se llama **voltímetro**.

[3] El ajuste de las definiciones de las unidades de las magnitudes «eléctricas» fue una tarea muy compleja que llevó decenios a los científicos del siglo XIX. La I es la magnitud fundamental y la ley de Ohm permite relacionar I, R y d.d.p. con sus unidades.

Para que $I_A \lll I$ y $V_A - V_B$ no se vea afectada por la resistencia del amperímetro, será necesario que $R_S \ggg R$ (resistencia del trozo de conductor considerado). Un voltímetro siempre se conecta en paralelo.

8 ¿QUÉ DETERMINA CUÁNTO VALE LA INTENSIDAD DE LA CORRIENTE? CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA EN UN CIRCUITO



Para mantener constante la corriente, la pila realiza trabajo en su interior, quitando carga positiva del polo negativo y aportándola en el polo positivo (convenio histórico).

Analizad energéticamente qué hace una pila y qué ocurre fuera de la pila en un circuito que está funcionando en régimen estacionario (los valores de la intensidad son constantes en todos los puntos del circuito).

Según el modelo desarrollado para explicar el funcionamiento de un circuito, la pila debe mantener constante la distribución de carga neta en la superficie de los conductores para que el campo eléctrico sea constante en cada punto y la intensidad de la corriente también lo sea. Para ello, debe realizar un trabajo en contra de las fuerzas del campo eléctrico, transportando carga positiva desde el polo negativo, donde el potencial es menor, hasta el polo positivo, donde el potencial es mayor, a través de su interior. Por tanto, la pila está realizando trabajo continuamente sobre el circuito, lo que debería aumentar continuamente la energía del mismo. Sin embargo, fuera de la pila, todo permanece invariable en el tiempo: el potencial y la intensidad de corriente en cualquier punto no varían con el tiempo. Eso sólo puede explicarse admitiendo que el circuito (en el exterior de la pila) está realizando trabajo, calor o emitiendo radiación sobre otros sistemas al mismo ritmo que la pila realiza trabajo sobre el circuito. La energía que le transfiere la pila al circuito debe ser igual a la que transfiere el circuito al exterior. De manera que la intensidad que hay en el circuito no puede tomar cualquier valor, sino que debe cumplir la condición anterior.

8.1. Balance energético de un circuito de corriente continua

¿Cuánto trabajo realiza la pila sobre el circuito?

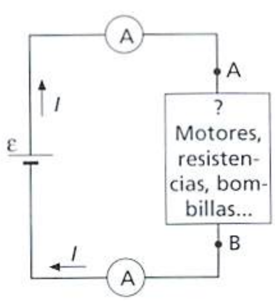
El trabajo que realiza la pila por cada unidad positiva de carga que traslada desde el borne negativo hasta el positivo por su interior (por unidad de carga que circula por el circuito) está determinado por las características internas de la pila (es un dato que suministra el fabricante), y recibe el nombre de «**fuerza electromotriz**», **fem**, de la pila. Su símbolo es ε. Su unidad es el voltio, ya que representa el trabajo (de origen no eléctrico) realizado (en julios) por unidad de carga (culombios). La fem de una pila permanece prácticamente constante durante toda su vida. Según esto, el trabajo realizado por la pila cuando hace circular una carga q por el circuito será $q \cdot \varepsilon$.

CUESTIÓN

¿Qué significa que la fem de una pila es 4,5 V?

Resultado: Que cuando esté haciendo funcionar un circuito, realizará un trabajo sobre él de 4,5 J por cada culombio que atraviese la pila.

¿Cuánta energía puede transferir el circuito al exterior?



Aunque desconozcamos qué hay conectado entre A y B, sabemos que, como hay una intensidad de corriente, I, saliendo de A y entrando por B, V_A es mayor que V_B. Cuando una cantidad de carga, q, se traslada desde A hasta B, la energía potencial eléctrica disminuye en una cantidad $q \cdot (V_A - V_B)$. Y puesto que no se nota cambio en el circuito (no aumenta la energía cinética, ni la temperatura...), esa pérdida de energía entre A y B se debe a que se ha transferido energía al exterior entre A y B (mediante calor, trabajo y/o radiación). Por tanto, como el trabajo realizado por la pila sobre el circuito ha de ser igual a la energía transferida por el circuito al exterior, se cumplirá que: $q \cdot \varepsilon = q \cdot (V_A - V_B)$. Es decir: $\varepsilon = (V_A - V_B)$ si la pila no se calienta (si no tiene resistencia interna).

Eso significa que, con una pila ideal (que no se caliente), la d.d.p. entre sus bornes es igual a su fem (el trabajo realizado por la pila por unidad de carga se transfiere íntegramente al exterior). Pero eso no determina la intensidad de la corriente, pues hemos visto en el apartado anterior, por ejemplo, que una misma d.d.p. entre los extremos de dos resistencias distintas produce una intensidad distinta. Luego el valor de la I dependerá de ε y de lo que haya conectado entre A y B.

- Si entre A y B sólo hay una resistencia[1], R, entonces I, según la ley de Ohm, será:

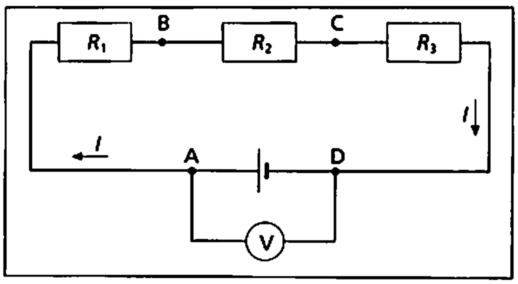
$$I = \frac{V_A - V_B}{R}$$

- Si hay varias resistencias entre A y B, podríamos hallar la intensidad de la misma forma si pudiéramos sustituir todas las resistencias por una sola que dejara el circuito inalterado (llamada resistencia equivalente, R_{eq}). Si es posible hallar la R_{eq}, la I habrá de cumplir:

$$\varepsilon = (V_A - V_B) = I \cdot R_{eq}, \text{ y por tanto, } I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}}$$

Vemos, pues, que tiene interés tratar de hallar la resistencia equivalente de varias resistencias si deseamos conocer la intensidad de corriente. Esto es fácil cuando están en serie o en paralelo o son una combinación de grupos en serie y en paralelo.

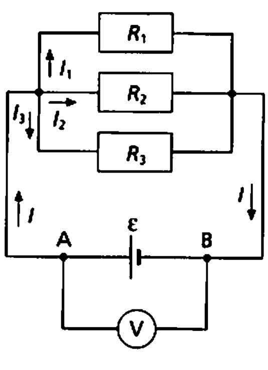
Resistencia equivalente de varias resistencias en serie



En estado estacionario la intensidad de corriente se tiene que conservar. Como sólo hay un cable, la I es la misma en todo el circuito. Si estuviera una sola resistencia, R_{eq}, entre A y D, se cumpliría que: $V_A - V_D = I \cdot R_{eq}$. Pero la conservación de la energía exige que la disminución de energía potencial por unidad de carga entre A y D sea igual a la suma de las disminuciones en cada resistencia, que podemos calcular mediante la ley de Ohm. Por tanto, tendremos:

$$V_A - V_D = (V_A - V_B) + (V_B - V_C) + (V_C - V_D) \rightarrow$$
$$\rightarrow I \cdot R_{eq} = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3 \rightarrow$$
$$\rightarrow \mathbf{R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3}$$

Resistencia equivalente de varias resistencias en paralelo



Si entre A y B hubiera una sola resistencia que fuera equivalente a todas, se cumpliría que: $V_A - V_B = I \cdot R_{eq}$. Podemos relacionar el valor de la R_{eq} con los de las resistencias, porque, como la intensidad de corriente se debe conservar, se debe cumplir que $I = I_1 + I_2 + I_3$. Los valores de las intensidades que atraviesan cada resistencia deben cumplir la ley de Ohm, por lo que:

$$I = \frac{V_A - V_B}{R_{eq}};\ I_1 = \frac{V_A - V_B}{R_1};\ I_2 = \frac{V_A - V_B}{R_2};\ I_3 = \frac{V_A - V_B}{R_3}$$

y sustituyendo en la ecuación de intensidades queda:

$$\frac{V_A - V_B}{R_{eq}} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) \cdot (V_A - V_B)$$

Luego la resistencia equivalente de varias en paralelo es:

$$\mathbf{\frac{1}{R_{eq}} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)}$$

Comprobad que R_{eq} *de dos resistencias en paralelo iguales es* $\frac{R}{2}$.

[1] En todas las representaciones de circuitos supondremos que la resistencia de los hilos metálicos es nula, de manera que el potencial no varía cuando recorremos sin interrupción una de las líneas que representan el hilo metálico.