REPUBLICA ARGENTINA

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

CURSO DE APLICACION DE RADIOISOTOPOS

NOCIONES DE ELECTRICIDAD APLICADA

MAGNITUDES FISICAS

(Tablas de Unidades)

Angel Lachica

R I - 22 e.

NOCIONES DE ELECTRICIDAD APLICADA

La ley de Coulomb, referente al comportamiento de las cargas eléctricas, dice que dos cargas eléctricas puntuales se atraen o repelen con una fuerza que es proporcional al producto de las mismas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

$$f = k \frac{q \times q'}{d^2}$$

donde f es la intensidad de la fuerza de atracción o de repulsión (según los signos de las cargas); k es una constante que depende del medio que rodea las cargas y del sistema de unidades: q y q' son las cargas eléctricas; y d la distancia que separa a ambas cargas.

En el vacío y usando unidades del sistema c.g.s., la constante k vale uno.

La unidad electrostática c.g.s. de carga (que indicaremos 1 ues (q)) es tal que colocada en el vacío frente a otra igual a ella y a un centímetro de distancia, la fuerza que aparece por ley de Coulomb es de una dina.

Otra unidad c.g.s. es la electromagnética (que indicaremos 1 uem (q)) que es igual a 3×10^{10} ues(q).

La unidad práctica de carga eléctrica es el coulomb o coulombio que equivale a 3×10^9 ues(q).

Se define como campo eléctrico de una carga al espacio formado por puntos tales, que si en ellos se coloca otra carga, aparece sobre la misma una fuerza dada por la ley de Coulomb. Por lo tanto, campo eléctrico, es todo el espacio que rodea a la carga.

El vector campo eléctrico en un punto de ese espacio es la fuerza que aparece si en él se ubica la unidad positiva de carga eléctrica; si se lo designa con E

$$E = \frac{q \times 1}{d^2} \quad \text{(en el vacío)}$$

Si en un punto del campo, se conoce el valor de E, es evidente que la fuerza que aparecerá al colocar una carga q será

$$F = E \times q$$

Si a esta carga q se la desplaza dentro del campo, la fuerza F que actúa sobre ella cambiará en general de intensidad, dirección y sentido y, a la vez que se desplaza, se producirá un trabajo.

Para un pequeño desplazamiento e, de la carga, tal que prácticamente el vector no cambie de valor, el trabajo desarrollado será $F \times e \times \cos\alpha$, siendo α el ángulo formado por el sentido de la fuerza y el del desplazamiento.

Para desplazamientos mayorés el vector E cambiará de valor, por lo que el cálculo del trabajo de F será más complejo. Una forma de calcularlo sería dividiendo el desplazamiento en pequeños intervalos, dentro de los cuales, el vector campo se mantuviera prácticamente constante, y luego sumar todos los trabajos parciales.

Se llama diferencia de potencial entre dos puntos de un campo eléctrico, el trabajo realizado al llevar desde uno de ellos hasta el otro, la carga positiva unitaria. Si los puntos son A y B la diferencia de potencial la indicaremos V_{AB}.

Si la carga que se transporta no es + 1 sino q, el trabajo realizado será q veces el anterior.

$$T_{AB} = V_{AB} \times q$$

de donde se deduce que

$$V_{AB} = \frac{T_{AB}}{q}$$

quiere decir que si se divide el trabajo realizado al llevar la carga q desde A hasta B por dicha carga, el resultado es la diferencia de potencial entre esos puntos.

En el sistema c.g.s. la unidad electrostática de diferencia de potencial es

$$1 \text{ ues } (V) = \frac{1 \text{ erg}}{1 \text{ ues } (q)}$$

esto nos dice que si entre dos puntos de un campo eléctrico existe una diferencia de potencial de 1 ues(V), al mover una carga de 1 ues(q) entre dichos puntos, el trabajo que se desarrolla es de un ergio.

La unidad electromagnética c.g.s. de diferencia de potencial es

$$1 \text{ uem}(V) = \frac{1 \text{ erg}}{1 \text{ uem}(q)}$$

$$1 \text{ uem}(V) = \frac{1 \text{ erg}}{3 \times 10^{10} \text{ ues}(q)} = 0{,}33 \times 10^{-10} \text{ ues}(V)$$

La unidad práctica de diferencia de potencial es el voltio o volt

$$1 \text{ volt} = \frac{1 \text{ joule}}{1 \text{ coulomb}}$$

$$1 \text{ volt} = \frac{10^{7} \text{ erg}}{3 \times 10^{9} \text{ ues}(q)} = \frac{1}{300} \text{ ues}(V)$$

Se llama potencial de un punto de un campo eléctrico o potencial de un punto de un conductor, al trabajo de las fuerzas eléctricas que resulta al llevar la carga + 1 desde ese punto hasta el infinito.

Teniendo en cuenta la definición de campo eléctrico en un punto, resulta que el vector campo en los puntos de la superficie de un conductor cargado y en equilibrio debe ser perpendicular a la misma, ya que si no fuera así, se podría descomponer el vector en dos, uno normal a la superficie del conductor y otro tangente a la misma; esta última componente provocaría un desplazamiento de las cargas, lo cual no puede ocurrir, dadas las condiciones de equilibrio consideradas; por lo tanto el campo resulta siempre perpendicular a la superficie del conductor.

Quiere decir entonces, que si se mueve la carga + 1 sobre la superficie de un conductor cargado, el trabajo que se realiza es siempre nulo, ya que la fuerza es perpendicular al desplazamiento, o, en otras palabras, que todos los puntos de un conductor en equilibrio están a un mismo potencial.

Al hablar de potencial en un punto, se está expresando en realidad una diferencia de potenciales, el del punto y el de otro infinitamente alejado, que tendrá potencial cero.

Como la tierra es un conductor cuyo potencial se puede considerar constante, se la puede tomar como referencia para medir potenciales. Se ha convenido en darle valor cero a su potencial. Aceptado ésto, se puede definir el potencial de un punto de un campo eléctrico o de un punto de un conductor, como el trabajo de las fuerzas eléctricas que se desarrolla al llevar la carga +1 desde ese punto a tierra.

Capacidad eléctrica. Por definición, la capacidad eléctrica de un conductor es la razón entre la carga que posee y su potencial

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

Las unidades de capacidad son:

En el sistema electrostático c.g.s.

$$1 \text{ ues } (C) = \frac{1 \text{ ues } (q)}{1 \text{ ues } (V)}$$

En el sistema electromagnético c.g.s.

$$1 \text{ uem } (C) = \frac{1 \text{ uem } (q)}{1 \text{ uem } (V)}$$

$$1 \text{ uem } (C) = \frac{3 \times 10^{10} \text{ ues } (q)}{0{,}33 \times 10^{-10} \text{ ues } (V)} = 9 \times 10^{20} \text{ ues } (C)$$

Y en el sistema M.K.S. es el faradio o farad

$$1 \text{ Farad} = \frac{1 \text{ coulomb}}{1 \text{ volt}}$$

$$1 \text{ Farad} = \frac{1 \text{ Coulomb}}{1 \text{ Volt}} = \frac{3 \times 10^{9} \text{ ues } (q)}{\frac{1}{300} \text{ ues } (V)} = 9 \times 10^{11} \text{ ues } (C)$$

Como el Farad resulta una unidad muy grande, en la práctica se utilizan dos submúltiplos, el micro faradio ($1 \mu F = 10^{-6}$ farad) y el micro micro faradio ($1 \mu\mu F = 10^{-12}$ farad).

Si se tiene un coductor aislado y cargado, su capacidad se puede calcular dividiendo la carga por el potencial; si luego se le acercan otros conductores, sin llegar a tocarlo, se comprueba que el potencial del mismo disminuye, y como la carga que posee permanece constante, el valor de la capacidad aumenta.

Esto quiere decir que la capacidad de un conductor varía al cambiar la posición relativa, con respecto a él, de otros conductores. Cuantos más conductores lo rodean, más capacidad tendrá, y todavía aumenta más la capacidad si los conductores que lo rodean se conectan a tierra.

En este fenómeno se basan los condensadores.

Un condensador consiste en dos conductores ubicados próximos entre sí, separados por una capa de material aislante o dieléctrico. Los dos conductores del condensador se llaman armaduras.

Si se carga una de las armaduras, sobre la otra aparecen por inducción cargas de signo distinto en la zona próxima e igual en la más alejada.

La capacidad de un condensador está dada por el cociente de la carga de una de las armaduras por la diferencia de potencial entre las mismas.

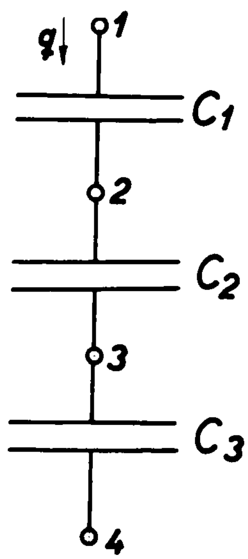
Si la armadura inducida se une a tierra, las cargas de igual signo a las del inductor pasan a ella y el potencial baja a cero; en este caso la capacidad del condensador será la carga de una de las armaduras dividida por el potencial de la armadura inductora.

Prácticamente se puede demostrar que la capacidad de un condensador crece aumentando las superficies de enfrentamiento de sus armaduras, o disminuyendo la separación de las mismas; y además la capacidad depende del dieléctrico interpuesto.

Cada material aislador tiene una característica propia llamada constante dieléctrica, que es la razón entre la capacidad de un condensador con ese dieléctrico y la que tendría con vacío entre sus armaduras.

<u>Asociación de condensadores.</u>- Si se cuenta con varios condensadores, éstos se pueden conectar de varias formas: en serie o cascada, en paralelo, o en circuito mixto.

Se dice que los condensadores están conectados en serie cuando una armadura de uno está conectada con otra de otro y la segunda de este último está unidad a una armadura de un tercer condensador, y así sucesivamente.



Supongamos, por ejemplo, tener tres condensadores de capacidad conocida C_1, C_2 y C_3, conectados en serie; la capacidad equivalente a este conjunto se deduce así:

Si por el borne 1 se entregan q cargas, estas inducirán en la otra armadura del condensador primero igual cantidad de carga de signo opuesto y en la armadura del segundo que está conectada a la anterior aparecerán también q cargas pero de igual signo que la inductora. El fenómeno se reproduce para los demás condensadores. En definitiva, todos los condensadores poseerán la misma carga eléctrica.

Si se considera que las capacidades son todas distintas, las correspondientes diferencias de potencial entre armaduras también lo serán

$$V_{12} = \frac{q}{C_1} \qquad V_{23} = \frac{q}{C_2} \qquad V_{34} = \frac{q}{C_3} \tag{1}$$

Y como la diferencia de potencial entre los puntos 1 y 4 es

$$V_{14} = V_{12} + V_{23} + V_{34} \tag{2}$$

La capacidad total del sistema será

$$C = \frac{q}{V_{14}}$$

teniendo en cuenta (2)

$$C = \frac{q}{V_{12} + V_{23} + V_{34}}$$

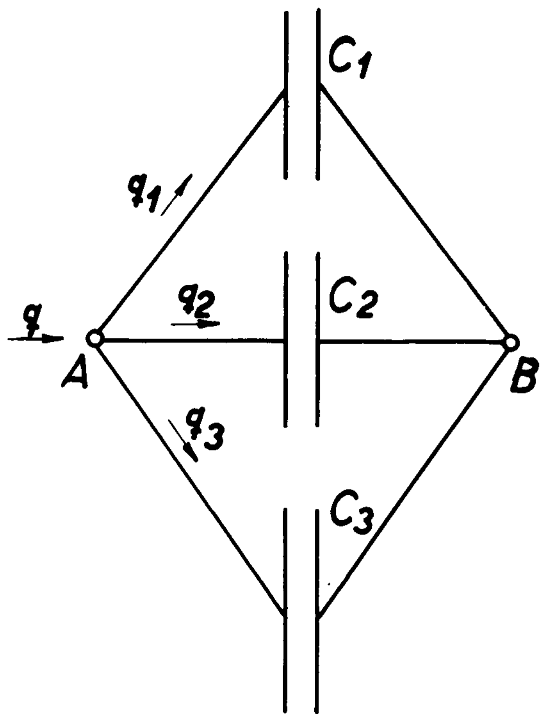
Si se invierten ambos miembros:

$$\frac{1}{C} = \frac{V_{12} + V_{23} + V_{34}}{q} = \frac{V_{12}}{q} + \frac{V_{23}}{q} + \frac{V_{34}}{q}$$

$$\therefore \ \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Esto nos dice que en un circuito serie, la inversa de la capacidad total es igual a la suma de las inversas de las capacidades parciales.

La conexión en paralelo se consigue uniendo entre sí una de las armaduras de cada condensador y entre sí las otras; luego, si se carga el conjunto, todos los condensadores estarán sometidos a la misma diferencia de potencial.



Por ejemplo, si se conectan en paralelo, tres condensadores de capacidades C_1, C_2, y C_3, al entregar una carga q por el borne A, ésta se distribuirá en cada condensador, luego, llamando q_1, q_2, y q_3 las cargas de los condensadores.

$$q = q_1 + q_2 + q_3$$

La capacidad del conjunto será:

$$C = \frac{q}{V_{AB}}$$

Reemplazando

$$C = \frac{q_1 + q_2 + 2_3}{V_{AB}} = \frac{q_1}{V_{AB}} + \frac{q_2}{V_{AB}} + \frac{q_3}{V_{AB}}$$

y como

$$\frac{q_1}{V_{AB}} = C_1 \; ; \; \frac{q_2}{V_{AB}} = C_2 \;\; y \;\; \frac{q_3}{V_{AB}} = C_3$$

$$\therefore \; C = C_1 + C_2 + C_3$$

Es decir que en un circuito de condensadores en paralelo, la capacidad total es igual a la suma de las capacidades parciales.

Corriente eléctrica.- Si se unen por medio de un conductor, otros dos conductores que se encuentran a distinto potencial, luego de esta vinculación el potencial tiende a igualarse en ambos y durante esta nivelación, por el conductor que sirve de unión pasan cargas eléctricas: se dirá entonces que por él ha circulado una corriente eléctrica.

Si se quiere mantener la corriente eléctrica habrá que mantener también los dos conductores a distinto potencial; esto se consigue, por ejemplo, uniendo los dos bornes de una pila con un conductor.

La intensidad de la corriente que circula está dada por el cociente de la carga que pasa por una sección del conductor por el tiempo que tarda en circular

$$i = \frac{q}{t}$$

las unidades de intendidad de corriente son:

En el sistema electrostático c.g.s.

$$1 \text{ ues } (i) = \frac{1 \text{ ues } (q)}{1 \text{ seg}}$$

En el sistema electromagnético c.g.s.

$$1 \text{ uem } (i) = \frac{1 \text{ uem } (i)}{1 \text{ seg}} = 3 \times 10^{10} \text{ ues } (i)$$

La unidad en el sistema M.K.S. se llama ampere o amperio

$$1 \text{ ampere} = \frac{1 \text{ coulomb}}{1 \text{ seg}}$$

$$1 \text{ ampere} = \frac{1 \text{ coulomb}}{1 \text{ seg}} = \frac{3 \times 10^9 \text{ ues } (q)}{1 \text{ seg}} = 3 \times 10^9 \text{ ues } (i)$$

Quiere decir que por un conductor circula una corriente de un ampere, cuando por una sección del mismo, en un segundo, atraviesa un coulomb de carga eléctrica.

Si los extremos de un mismo conductor se conectan sucesivamente a distintas diferencias de potencial, para cada una de ellas corresponderá una determinada intensidad de corriente que circula por él. Se puede probar experimentalmente que las corrientes que circulan por el conductor son directamente proporcionales a las diferencias de potencial correspondientes (ley de Ohm).

Llamando V_1, V_2 y V_3, etc, a las diferencias de potencial e i_1, i_2, i_3, etc a las correspondientes corrientes que circulan por el conductor, ocurre que

$$\frac{V_1}{i_1} = \frac{V_2}{i_2} = \frac{V_3}{i_3} = \ldots\ldots\ldots = \text{constante}$$

Esta constante, que depende de las características del conductor, se llama resistencia eléctrica del mismo.

La ley de Ohm, entonces, se puede expresar por la fórmula

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

de la que se deducen

$$V = R.i \qquad\qquad R = \frac{V}{i}$$

Las unidades de resistencia son:

En el sistema electrostático c.g.s.

$$1 \text{ ues } (R) = \frac{1 \text{ ues } (V)}{1 \text{ ues } (i)}$$

En el electromagnético c.g.s.

$$1 \text{ uem } (R) = \frac{1 \text{ uem } (V)}{1 \text{ uem } (i)}$$

$$1 \text{ uem } (R) = \frac{1 \text{ uem } (V)}{1 \text{ uem } (i)} = \frac{\frac{1}{3} \times 10^{-10} \text{ ues } (V)}{3 \times 10^{10} \text{ ues } (i)} = 1{,}11 \times 10^{-21} \text{ ues } (R)$$

Y la unidad práctica, que es la más utilizada, es el Ohm, que se simboliza con Ω

$$1\ \Omega = \frac{1 \text{ volt}}{1 \text{ ampere}}$$

$$1\ \Omega = \frac{1 \text{ volt}}{1 \text{ ampere}} = \frac{\frac{1}{300} \text{ ues } (V)}{3 \times 10^{9} \text{ ues } (i)} = 1{,}11 \times 10^{-12} \text{ ues } (R)$$

Entonces, un conductor tendrá una resistencia eléctrica de un ohm, cuando al conectarlo a una diferencia de potencial de un volt, por él circula una corriente de un ampere.

La inversa de la resistencia $1/R$ se llama conductancia. La unidad práctica de esta magnitud es el siemens que es igual a la inversa de un ohm.

Lemas de Kirchhoff.- Dado un circuito eléctrico que presenta bifurcaciones, debe ocurrir lo siguiente:

1°) La suma de las corrientes que llegan a un nudo es igual a la suma de las corrientes que salen de él.

2°) A lo largo de un circuito cerrado, la suma de las fuerzas electromotrices es igual a la suma de las caídas de potencial.

Energía eléctrica.- Si un conductor es atravesado por una corriente eléctrica, se produce un desprendimiento de calor. Si se admite que solamente se produce esa transformación energética, el valor de la energía liberada es igual a

$$E = V.i.t.$$

Si V se mide en volt, i en ampere y t en segundos, el valor de E queda expresado en joule.

Si se hace intervenir el valor de la resistencia del conductor, la expresión de la energía es

$$E = V.i.t = R.i \ .i.t$$

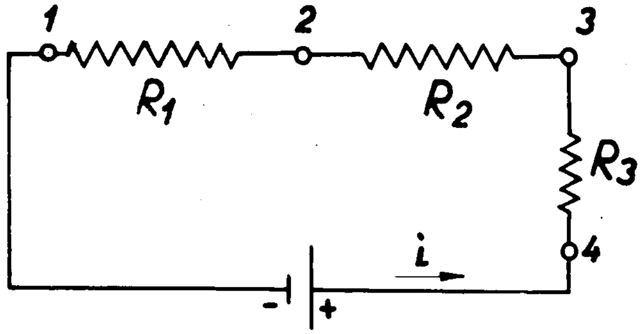
$$E = R.i^2.t$$

Si se desea el valor de la energía en pequeñas calorías, habrá que multiplicar las expresiones anteriores por 0,24 cal/joule, que es la relación entre el calor y el trabajo que lo produce.

$$Q\ (\text{cal}) = 0{,}24\ \frac{\text{cal}}{\text{joule}}\ .\ V\ (\text{volt}).\ i\ (\text{amp}).\ t\ (\text{seg})$$

$$Q\ (\text{cal}) = 0{,}24\ \frac{\text{cal}}{\text{joule}}\ .\ R\ (\Omega).\ i^2\ (\text{amp}^2).\ t\ (\text{seg})$$

Resistencias en serie y en paralelo. Un conjunto de varias resistencias en serie equivale a una resistencia de tamaño igual a la suma de las resistencias parciales. En efecto:



Suponiendo que se tienen tres resistencias en serie: R_1, R_2 y R_3. Si llamamos V a la diferencia de potencial aplicada entre 1 y 4 e i a la intensidad de la corriente que circula por el circuito, debe ocurrir que:

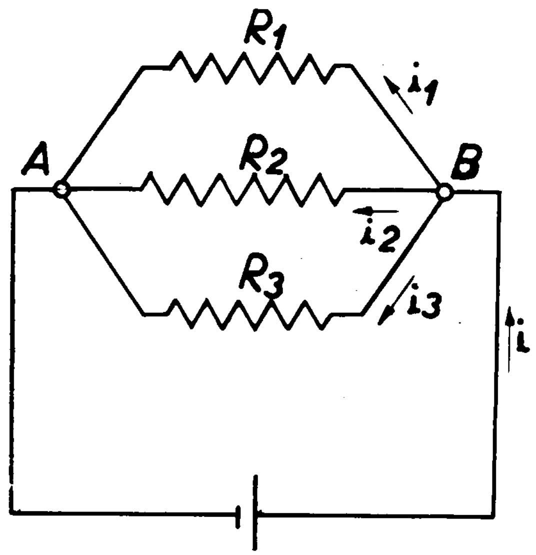
$$R = \frac{V}{i} = \frac{V_{12} + V_{23} + V_{34}}{i} \qquad \frac{V_{12}}{i} + \frac{V_{23}}{i} + \frac{V_{34}}{i}$$

Teniendo en cuenta que

$$\frac{V_{12}}{i} = R_1 \quad \frac{V_{23}}{i} = R_2 \qquad \frac{V_{34}}{i} = R_3$$

$$\therefore \; R = R_1 + R_2 + R_3$$

Si las resistencias se conectan en paralelo, todas estarán sometidas a la misma diferencia de potencial V_{AB}



Según el primer lema de Kirchhoff

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

La resistencia equivalente a las anteriores conectada entre A y B será:

$$R = \frac{V_{AB}}{i}$$

$$R = \frac{V_{AB}}{i_1+i_2+i_3}$$

Invirtiendo ambos miembros

$$\frac{1}{R} = \frac{i_1+i_2+i_3}{V_{AB}}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{i_1}{V_{AB}} + \frac{i_2}{V_{AB}} + \frac{i_3}{V_{AB}}$$

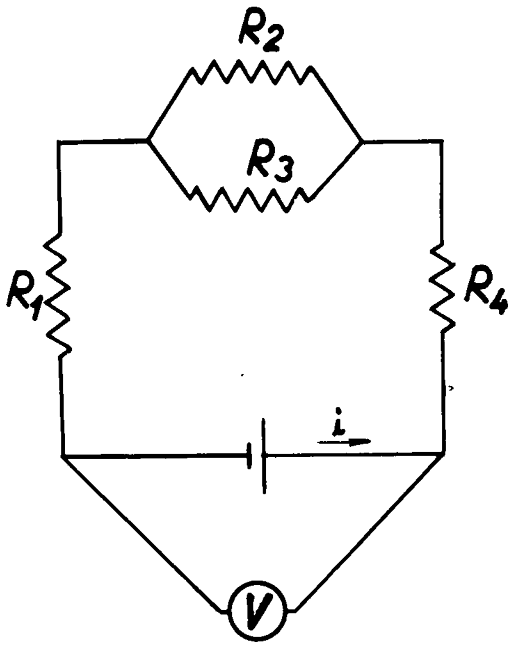
Y como

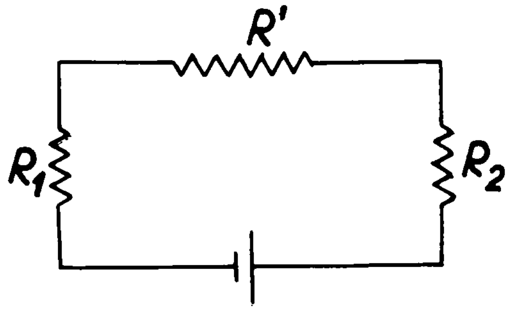
$$\frac{i_1}{V_{AB}} = \frac{1}{R_1} \quad ; \quad \frac{i_2}{V_{AB}} = \frac{1}{R_2} \quad ; \quad \frac{i_3}{V_{AB}} = \frac{1}{R_3}$$

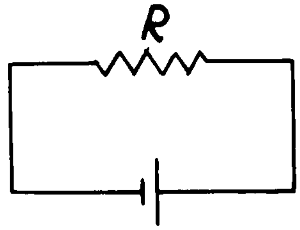
$$\therefore \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Es decir que en un circuito formado por resistencias en paralelo, la conductancia total es igual a la suma de las conductancias parciales.

Si el circuito está formado por resistencias en serie y en paralelo (circuito mixto), para calcular la resistencia total habrá que reemplazar cada tramo formado por resistencias en serie o en paralelo por una resistencia equivalente; así, en pasos sucesivos, hasta llegar a una única resistencia equivalente a todo el circuito. Por ejemplo:







En el circuito de la figura se conocen: R_1, R_2, R_3 y R_4 y además V; se desea saber cuál es la intensidad de corriente i que atraviesa la pila.

Las resistencias R_2 y R_3 equivalen a una resistencia R' tal que

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{R_2 + R_3}{R_2 \quad R_3}$$

$$\therefore R' = \frac{R_2 \quad R_3}{R_2 + R_3}$$

El segundo circuito es equivalente al anterior y se reduce a tres resistencias en serie: R_1, R' y R_4, que a su vez equivalen a una sola resistencia igual a la suma de las mismas

$$R = R_1 + R' + R_4$$

Luego,

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

Voltímetros y amperímetros. Los aparatos para medir diferencias de potencial e intensidades de corriente son el voltímetro y el amperímetro respectivamente.

Los bornes del voltímetro se conectan a los puntos entre los cuales se desea conocer la diferencia de potencial. Los del amperímetro se conectan de manera que el instrumento quede conectado en serie con el circuito en el que se desea medir la intensidad de la corriente.

De acuerdo a esto, se deduce que el voltímetro debe tener una gran resistencia interior, para que la corriente que lo atraviese sea despreciable, con respecto a la del circuito; en cambio en el amperímetro, la resistencia interior debe ser muy pequeña para que no afecte a la del circuito.

T A B L A S   D E   U N I D A D E S

Y

E Q U I V A L E N C I A S

SISTEMA C. G. S.

M a g n i t u d	Símbolo	Dimensión	Nombre
Longitud	$[l]$	cm	Centímetro
Masa	$[m]$	g	Gramo masa
Tiempo	$[t]$	seg	Segundo
Superficie	$[S]$	cm^2	- - -
Volumen	$[V]$	cm^3	- - -
Densidad	$[\delta] = \frac{[m]}{[V]}$	$\frac{g}{cm^3}$	- - -
Velocidad	$[v] = \frac{[l]}{[t]}$	$\frac{cm}{seg}$	- - -
Aceleración	$[a] = \frac{[v]}{[t]}$	$\frac{cm}{seg^2}$	- - -
Fuerza	$[f] = [m] . [a]$	$g\frac{cm}{seg^2}$	Dina.--
Peso específico	$[\rho] = \frac{[f]}{[V]}$	$\frac{g}{cm^2 seg^2}$	- - -
Trabajo o energía	$[T] = [f] . [l]$	$\frac{g.cm^2}{seg^2}$	Ergio.-
Potencia	$[P] = \frac{[T]}{[t]}$	$\frac{g.cm^2}{seg^3}$	- - -
Presión	$[p] = \frac{[f]}{[S]}$	$\frac{g}{seg^2 cm}$	Baria.

SISTEMA M. K. S.

M a g n i t u d	Símbolo	Dimensión	Nombre propio
Longitud	$[l]$	m	Metro.
Masa	$[m]$	kg	Kilogramo masa
Tiempo	$[t]$	seg	Segundo
Superficie	$[S]$	m^2	
Volumen	$[V]$	m^3	
Densidad	$[\delta] = \frac{[m]}{[V]}$	$\frac{kg}{m^3}$	
Velocidad	$[v] = \frac{[l]}{[t]}$	$\frac{m}{seg}$	
Aceleración	$[a] = \frac{[v]}{[t]}$	$\frac{m}{seg^2}$	
Fuerza	$[f] = [m] \cdot [a]$	$\frac{kg.m}{seg^2}$	Newton.
Peso específico	$[\rho] = \frac{[f]}{[V]}$	$\frac{kg}{seg^2 m^2}$	
Trabajo o energía	$[T] = [f] \cdot [l]$	$\frac{kgm^2}{seg^2}$	Joule.
Potencia	$[P] = \frac{[T]}{[t]}$	$\frac{kgm^2}{seg^3}$	Watt.
Presión	$[P] = \frac{[f]}{[S]}$	$\frac{kg}{seg^2 m}$	

SISTEMA TECNICO

M a g n i t u d	Símbolo	Dimensión	Nombre propio
Longitud	$[l]$	m	Metro.
Fuerza	$[f]$	kgr	Kilogramo fuerza.
Tiempo	$[t]$	seg.	Segundo.
Superficie	$[S]$	m^2	
Volumen	$[V]$	m^3	
Velocidad	$[v] = \frac{[l]}{[t]}$	$\frac{m}{seg}$	
Aceleración	$[a] = \frac{[v]}{[t]}$	$\frac{m}{seg^2}$	
Masa	$[m] = \frac{[f]}{[a]}$	$\frac{kgr\ seg^2}{m}$	
Densidad	$= \frac{[m]}{[V]}$	$\frac{kgr\ seg^2}{m^4}$	
Peso específico	$[\rho] = \frac{[f]}{[V]}$	$\frac{kgr}{m^3}$	
Trabajo o energía	$[T] = [f] . [l]$	kgr . m = kgm	Kilográmetro.
Potencia	$[P] = \frac{[T]}{[t]}$	$\frac{kgm}{seg}$	
Presión	$[p] = \frac{[f]}{[S]}$	$\frac{kgr}{m^2}$	

EQUIVALENCIAS DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA C.G.S.

Magnitud	C. G. S.	M. K. S.	Técnico
Longitud	1 cm	10^{-2} m	10^{-2} m
Masa	1 g	10^{-3} kg.	$1{,}02 \times 10^{-4}\ \frac{kgr\ seg^2}{m}$
Tiempo	1 seg	1 seg	1 seg
Superficie	1 cm^2	$10^{-4}\ m^2$	$10^{-4}\ m^2$
Volumen	1 cm^3	$10^{-6}\ m^3$	$10^{-6}\ m^3$
Velocidad	$1\ \frac{cm}{seg}$	$10^{-2}\ \frac{m}{seg}$	$10^{-2}\ \frac{m}{seg}$
Aceleración	$1\ \frac{cm}{seg^2}$	$10^{-2}\ \frac{m}{seg^2}$	$10^{-2}\ \frac{m}{seg^2}$
Fuerza	1 dina	10^{-5} newton	$1{,}02 \times 10^{-6}$ kgr
Densidad	$1\ \frac{g}{cm^3}$	$10^3\ \frac{kg}{m^3}$	$102\ \frac{kgr\ seg^2}{m^4}$
Peso específico	$1\ \frac{dina}{cm^3}$	$10\ \frac{newton}{m^3}$	$1{,}02\ \frac{kgr}{m^3}$
Trabajo o energía	1 ergio	10^{-7} joule	$1{,}02 \times 10^{-8}$ kgm
Potencia	$1\ \frac{ergio}{seg}$	10^{-7} watt	$1{,}02 \times 10^{-8}\ \frac{kgm}{seg}$
Presión	1 baria	$10^{-1}\ \frac{newton}{m^2}$	$1{,}02 \times 10^{-2}\ \frac{kgr}{m^2}$

EQUIVALENCIAS DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA M.K.S.

Magnitud	M. K. S.	C. G. S.	Técnico
Longitud	1 m	10^2 cm	1 m
Masa	1 kg	10^3 g	0.102 kgr $\frac{seg^2}{m}$
Tiempo	1 seg	1 seg	1 seg
Superficie	1 m^2	10^4 cm^2	1 m^2
Volumen	1 m^3	10^6 cm^3	1 m^3
Velocidad	1 $\frac{m}{seg}$	10^2 $\frac{cm}{seg}$	1 $\frac{m}{seg}$
Aceleración	1 $\frac{m}{seg^2}$	10^2 $\frac{cm}{seg^2}$	1 $\frac{m}{seg^2}$
Fuerza	1 newton	10^5 dinas	0,102 kgr
Densidad	1 $\frac{kg}{m^3}$	10^{-3} $\frac{g}{cm^3}$	0,102 $\frac{kgr\ seg^2}{m^4}$
Peso específico	1 $\frac{newton}{m^3}$	10^{-1} $\frac{dina}{cm^3}$	0,102 $\frac{kgr}{m^3}$
Trabajo o energía	1 joule	10^7 erg	0,102 kgm
Potencia	1 watt	10^7 $\frac{erg}{seg}$	0,102 $\frac{kgm}{seg}$
Presión	1 $\frac{newton}{m^2}$	10 baria	0,102 $\frac{kgr}{m^2}$

EQUIVALENCIAS DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA TECNICO

Magnitud	Técnico	C. G. S.	M. K. S.
Longitud	$1\ m$	$10^2\ cm$	$1\ m$
Fuerza	$1\ kgr$	$9,81 \times 10^5$ dinas	$9,81$ newton
Tiempo	$1\ seg$	$1\ seg$	$1\ seg$
Superficie	$1\ m^2$	$10^4\ cm^2$	$1\ m^2$
Volumen	$1\ m^3$	$10^6\ cm^3$	$1\ m^3$
Velocidad	$1 \frac{m}{seg}$	$10^2 \frac{cm}{seg}$	$1 \frac{m}{seg}$
Aceleración	$1 \frac{m}{seg^2}$	$10^2 \frac{cm}{seg^2}$	$1 \frac{m}{seg^2}$
Masa	$1 \frac{kgr\ seg^2}{m}$	$9,81 \times 10^3\ g$	$9,81\ kg$
Densidad	$1 \frac{kgr\ seg^2}{m^4}$	$9,81 \times 10^{-3} \frac{g}{cm^3}$	$9,81 \frac{kg}{m^3}$
Peso específico	$1 \frac{kgr}{m^3}$	$9,81 \times 10^{-1} \frac{dina}{cm^3}$	$9,81 \frac{newton}{m^3}$
Trabajo o energía	$1\ kgm$	$9,81 \times 10^7\ erg$	$9,81$ joule
Potencia	$1 \frac{kgm}{seg}$	$9,81 \times 10^7 \frac{erg}{seg}$	$9,81$ watt
Presión	$1 \frac{kgr}{m^2}$	$98,1$ baria	$9,81 \frac{newton}{m^2}$

EQUIVALENCIA ENTRE UNIDADES DE ENERGIA DE USO CORRIENTE

	erg	joule	Kgm	wh	Kwh	HPh	CVh	KCal	ev	Kev	Mev
1 erg	1	10^{-7}	$1,02x10^{-8}$	$2,78x10^{-11}$	$2,78x10^{-14}$	$3,73x10^{-14}$	$3,78x10^{-14}$	$2,39x10^{-11}$	$6,25x10^{11}$	$6,25x10^{8}$	$6,25x10^{5}$
1 joule	10^{7}	1	$1,02x10^{-1}$	$2,78x10^{-4}$	$2,78x10^{-7}$	$3,73x10^{-7}$	$3,78x10^{-7}$	$2,39x10^{-4}$	$6,25x10^{18}$	$6,25x10^{15}$	$6,25x10^{12}$
1 Kgm	$9,81x10^{7}$	9,81	1	$2,72x10^{-3}$	$2,72x10^{-6}$	$3,65x10^{-6}$	$3,70x10^{-6}$	$2,34x10^{-3}$	$6,13x10^{19}$	$6,13x10^{16}$	$6,13x10^{13}$
1 Wh	$3,6x10^{10}$	$3,6x10^{3}$	$3,67x10^{2}$	1	10^{-3}	$1,34x10^{-3}$	$1,36x10^{-3}$	$8,6x10^{-1}$	$2,25x10^{22}$	$2,25x10^{19}$	$2,26x10^{16}$
1 Kwh	$3,6x10^{13}$	$3,6x10^{6}$	$3,67x10^{5}$	10^{3}	1	1,34	1,36	$8,6x10^{2}$	$2,25x10^{25}$	$2,25x10^{22}$	$2,25x10^{19}$
1 HPh	$2,69x10^{13}$	$2,69x10^{6}$	$2,74x10^{5}$	$7,46x10^{2}$	$7,46x10^{-1}$	1	1,01	$6,42x10^{2}$	$1,68x10^{25}$	$1,68x10^{22}$	$1,68x10^{19}$
1 CVh	$2,65x10^{13}$	$2,65x10^{6}$	$2,70x10^{5}$	$7,36x10^{2}$	$7,36x10^{-1}$	$9,86x10^{-1}$	1	$6,32x10^{2}$	$1,66x10^{25}$	$1,66x10^{22}$	$1,66x10^{19}$
1 KCal	$4,19x10^{10}$	$4,19x10^{3}$	$4,27x10^{2}$	1,16	$1,16x10^{-3}$	$1,56x10^{-3}$	1,58	1	$2,62x10^{22}$	$2,62x10^{19}$	$2,62x10^{16}$
1 ev	$1,60x10^{-12}$	$1,60x10^{-19}$	$1,63x10^{-20}$	$4,45x10^{-23}$	$4,45x10^{-26}$	$5,96x10^{-26}$	$6,03x10^{-26}$	$3,82x10^{-23}$	1	10^{-3}	10^{-6}
1 Kev	$1,60x10^{-9}$	$1,60x10^{-16}$	$1,63x10^{-17}$	$4,45x10^{-20}$	$4,45x10^{-23}$	$5,96x10^{-23}$	$6,03x10^{-23}$	$3,82x10^{-20}$	10^{3}	1	10^{-3}
1 Mev	$1,60x10^{-6}$	$1,60x10^{-13}$	$1,63x10^{-14}$	$4,45x10^{-17}$	$4,45x10^{-20}$	$5,96x10^{-20}$	$6,03x10^{-20}$	$3,82x10^{-17}$	10^{6}	10^{3}	1

	g	$\frac{1}{c\ m}$	u.m.a.
1 erg	$1,11\times10^{-21}$	$5,03\times10^{15}$	$6,71\times10^{2}$
1 joule	$1,11\times10^{-14}$	$5,03\times10^{22}$	$6,71\times10^{9}$
1 Kgm	$1,09\times10^{-13}$	$4,95\times10^{23}$	$6,58\times10^{10}$
1 W h	$4,00\times10^{-11}$	$1,81\times10^{26}$	$2,42\times10^{13}$
1 Kwh	$4,00\times10^{-8}$	$1,81\times10^{29}$	$2,42\times10^{16}$
1 HP h	$3,00\times10^{-8}$	$1,36\times10^{29}$	$1,81\times10^{16}$
1 C V h	$2,96\times10^{-8}$	$1,34\times10^{29}$	$1,78\times10^{16}$
1 KCal	$4,65\times10^{-11}$	$2,11\times10^{26}$	$2,81\times10^{13}$
1 eV	$1,78\times10^{-33}$	$8,06\times10^{3}$	$1,07\times10^{-9}$
1 KeV	$1,78\times10^{-30}$	$8,06\times10^{6}$	$1,07\times10^{-6}$
1 MeV	$1,78\times10^{-27}$	$8,06\times10^{9}$	$1,07\times10^{-3}$
1 g	1	$4,52\times10^{36}$	$6,02\times10^{23}$
1 $\frac{1}{c\ m}$	$2,21\times10^{-37}$	1	$1,33\times10^{-13}$
1 u.m.a.	$1,66\times10^{-24}$	$7,52\times10^{12}$	1

Las tablas que siguen han sido confeccionadas teniendo en cuenta las relaciones entre masa y energía y energía y longitud de onda, según las fórmulas

$$E = mc^2 \qquad\qquad E = \frac{hc}{\lambda}$$

donde E es la energía; m es la masa; c la velocidad de la luz; h la constante de Planck ($h = 6,62 \times 10^{-27}$ erg.seg); λ la longitud de onda de un fotón.

La primera expresa la equivalencia entre masa y energía (ecuación de Einstein); la segunda, la relación entre la energía de una radiación y su longitud de onda.

	erg	joule	Kgm	Wh	Kwh	HPh	CVh	KCal	ev	Kev	Mev
1 g	$8,99\times10^{20}$	$8,99\times10^{13}$	$9,14\times10^{12}$	$2,50\times10^{10}$	$2,50\times10^{7}$	$3,34\times10^{7}$	$3,38\times10^{7}$	$2,15\times10^{10}$	$5,61\times10^{32}$	$5,61\times10^{29}$	$5,61\times10^{26}$
1 $\frac{1}{c\ m}$	$1,99\times10^{-16}$	$1,99\times10^{-23}$	$2,02\times10^{-24}$	$5,52\times10^{-27}$	$5,52\times10^{-30}$	$7,38\times10^{-30}$	$7,48\times10^{-30}$	$4,74\times10^{-27}$	$1,24\times10^{-4}$	$1,24\times10^{-7}$	$1,24\times10^{-10}$
1u.m.a.	$1,49\times10^{-3}$	$1,49\times10^{-10}$	$1,52\times10^{-11}$	$4,14\times10^{-14}$	$4,14\times10^{-17}$	$5,54\times10^{-17}$	$5,61\times10^{-17}$	$3,56\times10^{-14}$	$9,31\times10^{8}$	$9,31\times10^{5}$	$9,31\times10^{2}$

UNIDADES ELECTRICAS

M a g n i t u d	C. G. S.		P R A C T I C O
	u. e. s.	u. e. m.	
Carga	$g^{\frac{1}{2}}cm^{\frac{3}{2}}\ seg^{-1}$	$g^{\frac{1}{2}}cm^{\frac{1}{2}}$	Coulomb.
Tensión	$g^{\frac{1}{2}}cm^{\frac{1}{2}}\ seg^{-1}$	$g^{\frac{1}{2}}cm^{\frac{3}{2}}seg^{-2}$	Volt.
Capacidad	cm	$cm^{-1}seg^{2}$	Farad.
Intensidad	$g^{\frac{1}{2}}cm^{\frac{3}{2}}seg^{-2}$	$g^{\frac{1}{2}}cm^{\frac{1}{2}}seg^{-1}$	Ampere.
Resistencia	$cm^{-1}\ seg.$	$cm\ seg^{-1}$	Ohm.
Conductancia	$cm\ seg^{-1}$	$cm^{-1}\ seg$	Siemens.

EQUIVALENCIAS DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA PRACTICO

	C. G. S.	
	u. e. s.	u. e. m.
1 Coulomb	3×10^{9}	10^{-1}
1 Volt	$3,33 \times 10^{-3}$	10^{8}
1 Farad	9×10^{11}	10^{-9}
1 Ampere	3×10^{9}	10^{-1}
1 Ohm	$1,11 \times 10^{-12}$	10^{9}
1 Siemens	9×10^{11}	10^{-9}