



Principios de Electricidad (Parte No. 1)

Objetivos de la unidad: Investigar y describir con interés los fenómenos electromagnéticos, diseñando circuitos, o aparatos y calculando experimentalmente sus propiedades y leyes que les sirvan para valorar el progreso de estas tecnologías en el bienestar de la vida del ser humano

Indicadores de Logros:

- 3.1 Indaga, analiza y explica con iniciativa e interés el origen y definición de la electrostática.
- 3.2 **Analiza, interpreta y explica con interés el origen y la ley de las cargas eléctricas.**
- 3.3 **Resuelve con seguridad y persistencia problemas de cálculo sobre fuerzas y campos eléctricos, aplicando la ley de Coulomb.**
- 3.4 **Indaga y describe con interés el trabajo realizado por una fuerza al mover una carga de prueba dentro de un campo eléctrico.**
- 3.5 **Resuelve problemas para calcular con seguridad la energía a partir de la diferencia de potencial eléctrico.**
- 3.6 **Representa y describe correctamente la corriente eléctrica e identifica con interés el Amperio como unidad de medida.**
- 3.7 **Experimenta, explica y diferencia con seguridad la diferencia entre resistividad y resistencia de algunos materiales del entorno.**
- 3.8 **Experimenta y clasifica con interés algunos materiales del entorno en conductores, semiconductores y aislantes de electricidad.**
- 3.9 **Explica con interés la diferencia entre conductividad y conductancia de algunos materiales del entorno**
- 3.10 **Analiza y aplica con seguridad la Ley de Ohm en la solución de problemas de circuitos eléctricos.**
- 3.11 **Analiza y construye creativamente circuitos eléctricos en serie o en paralelo, siguiendo esquemas e instrucciones verbales o escritas.**

3.12 Explica con interés la diferencia entre conductividad y conductancia de algunos materiales del entorno.

3.13 Analiza y construye creativamente circuitos eléctricos en serie o en paralelo, siguiendo esquemas e instrucciones verbales o escritas.

NATURALEZA ELECTRICA DE LA MATERIA

La naturaleza eléctrica de la materia es conocida desde hace mucho tiempo, los antiguos griegos, hacia el año 600 a. C., ya sabían que al frotar ámbar con una piel, éste adquiría la propiedad de atraer a cuerpos ligeros.

Estos fenómenos descubiertos por el filósofo griego Thales de Mileto sobre el ámbar, que en griego se llama ***elektron***, son el inicio de la electricidad.

No fue hasta el siglo XVI, cuando el médico inglés Willian Gilbert, observó que otros materiales se comportaban como el ámbar, esto le llevó a realizar una clasificación entre los materiales. Los materiales que se comportaban como el ámbar al ser frotados los llamo ***eléctricos*** y a los demás ***no eléctricos***. Incluso ideó un instrumento para saber si los cuerpos eran o no eléctricos, el ***versorio***.

Posteriormente, el francés Charles du Fay, en el siglo XVIII, descubrió que dependiendo de los materiales que se frotasen existían dos tipos de comportamientos. Por un lado los que se comportaban como el ámbar y por otro los que se comportaban como el vidrio cuando se frotaba con seda. De tal manera que dos trozos de ámbar electrizados se repelían, dos trozos de vidrio electrizados también se repelían pero un trozo de ámbar electrizado y otro de vidrio electrizado se atraían. Por lo que dedujo que debían de existir dos tipos de electricidad.

En este mismo siglo, Benjamín Franklin investigó sobre los fenómenos eléctricos y consideró que la electricidad era una especie de fluido que podía pasar de unos cuerpos a otros por frotamiento. Cuando el fluido pasaba a un cuerpo, éste adquiría electricidad positiva y el cuerpo que perdía este fluido adquiría electricidad negativa. La investigación de todos estos fenómenos llevó a un estudio de la materia que posteriormente pudiera explicar su comportamiento eléctrico.

Franklin, lo mismo que algunos de sus antecesores llegaron a la conclusión de que las fuerzas entre los cuerpos electrizados obedecen siempre a la siguiente ley: **“Los cuerpos cargados con electricidad del mismo signo se repelen y los cargados con electricidad de signo contrario, se atraen”**. Esta ley es denominada **Primera Ley de la Electricidad**.

Carga eléctrica y Estructura de la materia.

Estructura atómica de la materia. ¿Qué es la materia? Según el diccionario, es "aquello que constituye la sustancia del universo físico". La Tierra, los mares, la brisa, el Sol, las estrellas, todo lo que el hombre contempla, toca o siente, es materia. También lo es el hombre mismo. La palabra materia deriva del latín mater, madre. La materia puede ser tan dura como el acero, tan adaptable como el agua, tan informe como el oxígeno del aire.

A diferentes temperaturas puede presentar diferentes fases, pero cualquiera que sea su forma, está constituida por las mismas entidades básicas, los átomos. Las radiaciones ionizantes y sus efectos también son procesos atómicos o nucleares.

La materia se compone por átomos.

Los mismos tienen un núcleo de protones (que tienen carga positiva) y neutrones (carga neutra). En la periferia del átomo, se encuentran los electrones (carga negativa) describiendo órbitas alrededor del núcleo.

Los electrones de las órbitas más alejadas pueden abandonar el átomo (electrones de valencia) y agregarse a otro cercano. El átomo que tiene un electrón menos queda cargado positivamente, mientras el átomo que ganó un electrón tiene carga negativa.

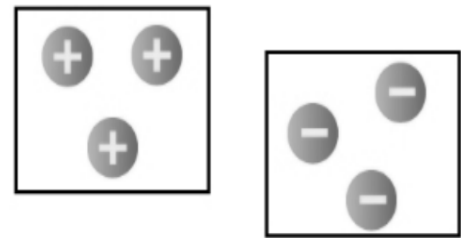
Por ejemplo cuando se frota dos materiales distintos como plástico y vidrio ocurre eso con muchos de sus átomos, liberan y aceptan electrones, por lo tanto uno de los materiales queda cargado positivamente (sus átomos liberaron electrones) y el otro negativamente (con más electrones)

Un átomo puede ganar o perder electrones, a este proceso se le llama **ionización**.

Si pierde electrones queda cargado positivamente, por déficit de electrones y se llama

Ion Positivo.

Si gana electrones queda cargado negativamente por exceso de electrones y se le llama **Ion Negativo**.



La ionización de un átomo no cambia sus propiedades químicas, pero sí sus propiedades físicas, porque altera su carga eléctrica.

La carga eléctrica se mide en Coulomb, en honor a Charles Coulomb. Un Coulomb es una unidad de carga grande por lo que es común usar submúltiplos como el micro Coulomb ($1 \mu\text{C} = 1 \times 10^{-6}\text{C}$).

La ley de conservación de la carga eléctrica dice que dado un sistema aislado no hay cargas que se creen ni se destruyan, sino que la carga se conserva.

La carga eléctrica de un material siempre es múltiplo de la carga eléctrica de un electrón. El signo de la carga eléctrica indica si se trata de carga negativa o positiva (cuantización de la carga).

La unidad con la cual se mide la carga eléctrica es el coulomb (C), corresponde a la siguiente carga: $1 \text{ Coulomb} = 6.25 \times 10^{18}$ electrones

De donde podemos decir que la carga del electrón es igual a $1.62 \times 10^{-19}\text{C}$

Para cargas macroscópicas más pequeñas se usan los submúltiplos:

1 millicoulomb $1\text{mC} = 0,001 \text{ C} = 1 \times 10^{-3}\text{C}$

1 microcoulomb $= 1\mu\text{C} = 0,000001 \text{ C} = 1 \times 10^{-6}\text{C}$

La concepción moderna de la constitución de la materia dice que está constituida de átomos y éstos a su vez, están constituidos de otras partículas entre las que se encuentran electrones, protones y neutrones.

Respecto a la naturaleza eléctrica de estas partículas tenemos que:

Los protones tienen una carga positiva, el neutrón tiene aproximadamente la misma masa del protón, pero no tiene carga eléctrica y el electrón tiene carga eléctrica negativa.

La carga eléctrica positiva de cada protón es igual a la carga eléctrica negativa de cada electrón. El átomo en su estado natural, es eléctricamente neutro, tiene igual número de cargas positivas y de cargas negativas.

En un átomo existen electrones exteriores, los cuales originan la mayor parte de los fenómenos eléctricos, puesto que, en materiales específicos, pueden constituir una corriente eléctrica ya que están tan alejados del núcleo del átomo que la acción de éste no es suficiente para mantenerlos en posiciones fijas.

PRINCIPIO DE CONSERVACION DE LA CARGA ELECTRICA

Un cuerpo eléctricamente neutro, es aquel que posee todos sus átomos con igual número de protones y de electrones. En un cuerpo sólido, los electrones son los que tienen mayor movimiento, es lógico suponer que al frotar un cuerpo con otro, suceda que uno de ellos transfiera electrones al otro. Así el número de electrones que pierde un cuerpo, es igual al número de electrones ganados por el otro. Un cuerpo que pierde electrones deja a sus átomos con un número de protones en "exceso", igual al número de electrones perdidos y por lo tanto, su carga neta o total, será positiva y numéricamente igual a la suma de los protones excedentes. Por el contrario cuando un cuerpo gana electrones la carga neta es negativa, numéricamente igual a la suma de los electrones excedente.

De lo expuesto y de acuerdo a los hechos experimentales se deduce que "Las cargas eléctricas no se crean ni se destruyen, solamente se transfieren", o sea que el proceso de adquirir una carga eléctrica consiste en ceder algo (electrones) de un cuerpo a otro, de modo que uno de ellos tenga un exceso y el otro un déficit de ese algo (electrones).

CUANTIZACION DE LA CARGA ELECTRICA

Aunque ya se ha dicho en qué unidades se mide la carga eléctrica que adquiere un cuerpo, es fácilmente comprensible que para que un cuerpo se electrice, debe de ganar o perder electrones, entonces la carga neta o total de un cuerpo tiene que ser un múltiplo entero de la carga del electrón.

En otras palabras la carga eléctrica está cuantizada y no puede variar en forma continua, sino que en forma discreta. El aumento o disminución de la carga de un cuerpo se mide por cuantos electrones ha ganado o perdido. La carga del electrón se designa por "e-".

Supóngase que un cuerpo inicialmente neutro transfiere a otro "n" electrones, entonces, la carga eléctrica "q" del cuerpo que pierde los electrones es positiva (el número de protones excederá a los electrones) e igual a "n x e+" (n cargas elementales positivas), mientras que el cuerpo que gana los electrones adquiere una carga "q" negativa (los electrones exceden a los protones) e igual a "n x e-" (n cargas elementales negativas). La carga únicamente puede variar si varía "n" (electrones perdidos o ganados por el cuerpo) y está variación solo podría darse en números enteros.

La carga "e" representa el "quantum" de la carga eléctrica y se le denomina "carga elemental".

La carga de un cuerpo cargado siempre es un múltiplo entero de una carga elemental que corresponde a la carga del electrón. Es decir:

$$q = ne$$

Donde

q = carga eléctrica

n = número entero

e- = electrón

TABLA I. Cargas y masas de partículas elementales.

Partícula	Símbolo	carga	masa
Protón	P ó e+	1.6×10^{-19} Coul	1.6724×10^{-27} Kg
Neutrón	n	0	1.6747×10^{-27} Kg
Electrón	e-	-1.6×10^{-19} Coul	9.1083×10^{-31} Kg

En el sistema MKS, la unidad de carga eléctrica es el Coulomb y en el CGS, es el StatCoulomb.

Entre algunas equivalencias tenemos: 1 Coulomb (C) = 6.25×10^{18} cargas elementales
1 Coulomb (C) = 3×10^9 StatCoulombs (StatC).

CONDUCTORES Y AISLANTES

Los cuerpos electrizados interactúan ejerciéndose fuerzas de atracción (si las cargas son de signo diferente) o de repulsión (si las cargas son del mismo signo). Ahora bien, si se interpone un cuerpo eléctricamente neutro entre otros dos cargados eléctricamente si aquel es capaz de transmitir la interacción entre ellos se denomina **“conductor eléctrico”** pero si la interacción no es transmitida se le denomina **“aislante eléctrico”**, **“no conductor”** o **“dieléctrico”**.

La diferencia entre cuerpos conductores y aislantes es gradual y está comprendida desde muy buenos conductores como los metales, entre los que podemos mencionar: el oro, la plata y el cobre; algunos minerales y el grafito; hasta muy buenos aislantes como: el ámbar, el plástico, el vidrio, el teflón, el corcho, el hule, el papel, el azufre, la porcelana y la madera. Las sustancias que ocupan una posición intermedia en esta escala se denominan **“semiconductores”** y entre ellos se tiene la madera húmeda, el aire húmedo, los tejidos orgánicos, el germanio y el silicio, entre otros (aleaciones de ArGe, InGa, etc.)

Un buen conductor posee cantidades apreciables de electrones libres, los cuales están moviéndose por el enrejillado cristalino y por eso conduce la carga con una resistencia relativamente pequeña. En los aislantes hay pocos electrones libres o no tiene electrones libres puesto que sus electrones están fuertemente atraídos por el núcleo y con mucha dificultad pueden desprenderse del átomo, presentando una elevada resistencia a la conducción eléctrica.

En los conductores la carga se distribuye en toda la superficie, mientras que en los aislantes se mantiene en el lugar en que fue depositada. Al contrario de lo que sucede en los metales, en los cuales los electrones libres conducen la electricidad, en los líquidos la conducción de carga se debe a átomos positivamente cargados (iones positivos) y a átomos negativamente cargados (iones negativos).

Cuando se disuelve sal de mesa (NaCl) en agua, los dos elementos se disocian formando un ion Na^+ cargado positivamente y un ion Cl^- cargado negativamente. El átomo de Cl ha ganado un electrón y el de sodio ha perdido uno quedando cargado positivamente. Esta solución llamada electrolito, es buena conductora. La conducción electrolítica es esencialmente por el movimiento de estos iones en direcciones opuestas.

Algunos electrolitos típicos son el cloruro de potasio (K^+ , Cl^-), el ácido sulfúrico (H^+ , SO_4^{2-}) y el agua misma (H^+ , OH^-). El que un electrolito conduzca bien o mal la electricidad depende de la valencia química (número de electrones perdidos o ganados), el grado de disociación y la concentración iónica (número de iones por centímetro cúbico). como un ejemplo, una solución de KCl, es típicamente 109 veces más conductora que el vidrio, pero 108 veces menos conductora que la plata. No todas las soluciones conducen bien la electricidad depende de la disociación iónica. El aceite, el alcohol y el azúcar disueltos en agua son relativamente malos conductores.

La piel humana seca al igual que la mayoría de las membranas biológicas es mala conductora. Sin embargo, los tejidos del cuerpo localizados bajo la piel son electrolitos, la solución salina fisiológica es básicamente una solución diluida de NaCl y el plasma sanguíneo contiene Na^+ , K^+ , Ca^+ , Mg^{2+} , Cl^- y otros iones.

METODOS DE CARGA ELECTROSTATICA.

Carga por Frotamiento

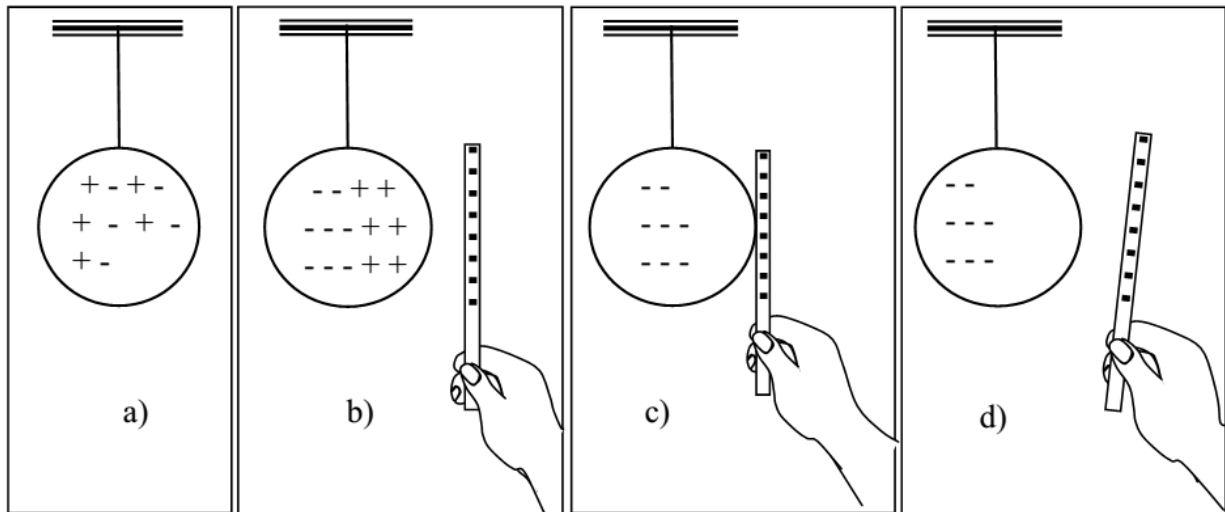
La frotación es una forma de cargar eléctricamente un cuerpo. Algunos materiales atraen electrones más que otros; es decir, son más electro afines que otros. Por tanto, al ser frotados dos materiales, el material más electro afín adquirirá una carga negativa porque atrae electrones hacia sí. Por el contrario, el material menos electro afín adquirirá una carga positiva porque pierde electrones.

Podemos entonces ver, que no es difícil que un cuerpo pueda ceder o ganar electrones debido a la frotación electrizándose positivamente o negativamente lo cual depende del cuerpo con el cual se frotó. Por ejemplo, la seda frotada con el vidrio adquiere carga negativa (porque retira electrones del vidrio) cuando se frota con ebonita (caucho vulcanizado) adquiere carga positiva o sea que perderá electrones.

En general, es posible comunicar carga eléctrica a casi cualquier cuerpo frotándolo con otra substancia. Así, un automóvil adquiere carga por el roce con el aire, un peine, por el roce con el cabello, las nubes se electrizan por el roce con las corrientes de aire por otras nubes.

En realidad todo lo que se necesita es un íntimo contacto entre las diferentes sustancias y esto se logra con el frotamiento.

Carga por Contacto.



Obsérvese las figuras anteriores.

En la figura (a). Se tiene un cuerpo neutro suspendido con un aislante.

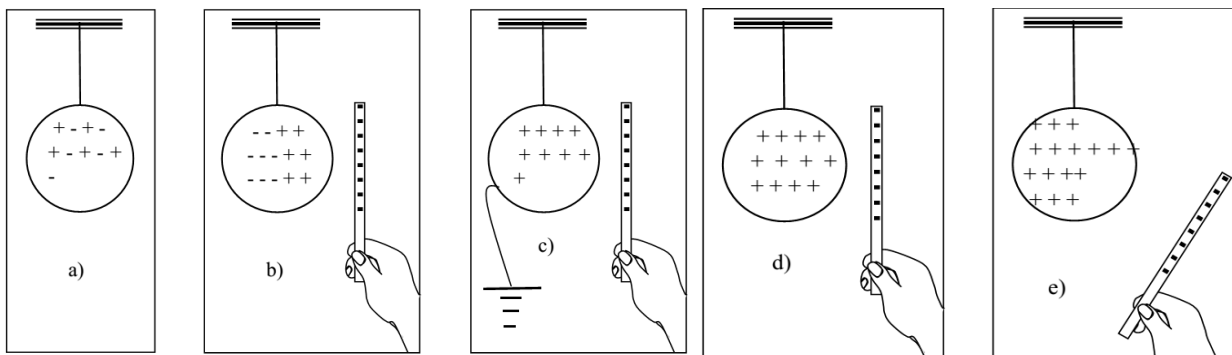
En la figura (b). Se tiene una barra cargada negativamente y el cuerpo neutro, por la influencia de la barra cargada, ha reordenado sus cargas.

En la figura (c). Se toca la esfera con la barra cargada y la carga negativa de ésta (electrones) pasan a la esfera, aprovechando la influencia que éstos han provocado sobre los átomos de la esfera inicialmente neutra y cuyos electrones se han visto obligados a emigrar a otras zonas de la misma esfera.

En la figura (d). Se observa que al retirar la barra, la esfera queda cargada negativamente.

De esto podemos concluir que por contacto un cuerpo adquiere una carga del mismo signo del que se utilizó para cargarlo.

Carga por Inducción.



Obsérvese las figuras mostradas anteriormente.

En la figura (a). Se tiene un cuerpo neutro suspendido de un aislante.

En la figura (b). Se tiene una barra cargada negativamente, la cual produce una redistribución de carga en el cuerpo neutro debido a la influencia del cuerpo cargado.

En la figura (c). Sin alejar la barra, se coloca un conductor entre la esfera y la tierra.

(Los electrones se mueven con facilidad en los conductores metálicos). La tierra puede considerarse como un mar inmenso de cargas positivas y negativas, cuya neutralidad no se verá afectada por la llegada o el avance de unos cuantos electrones.

Como la barra cargada negativamente repelió los electrones hasta el otro extremo de la esfera y en éste se coloca el alambre conductor, los electrones repelidos abandonan la esfera viajando a través del alambre conductor hasta la tierra.

En la figura (d). El alambre conductor se retira de la esfera y se mantiene la barra cerca (en la misma posición).

En la figura (e) se retira la barra y se observa que la esfera queda cargada positivamente.

De aquí podemos concluir que por inducción un cuerpo adquiere una carga de signo contrario del utilizado para cargarlo.

Ejercicios:

1. Una persona al caminar sobre una alfombra (en un día seco) adquiere una carga negativa por fricción de $64 \mu\text{C}$, al tocar a la puerta de salida siente una descarga. Podría decir ¿Cuántos electrones pasaron de la alfombra a la persona y de la persona a la puerta?
2. Al frotar una barra de plástico con un paño de lana, ésta adquiere una carga de $-0.8 \mu\text{C}$. ¿cuántos electrones se transfieren del paño de lana a la barra de plástico?
3. ¿Cuántos coulombs de carga positiva existen en 1.0 kg de carbono? Doce gramos de carbono contienen el número de Avogadro de átomos y cada átomo posee seis protones y seis electrones.
4. Una barra de ebonita es frotada con una piel de gato, adquiriendo la barra una carga de $-8.01 \times 10^{-12} \text{ C}$.
 - a) ¿Suministró protones la barra de ebonita a la piel de gato?
 - b) ¿Cuántos electrones se transfirieron?
 - c) ¿Se podría suministrar a la barra de ebonita una carga de $-2.403 \times 10^{-19} \text{ C}$?
¿Por qué?
5. Una esfera de plástico es frotada con un paño de lana cediéndole a la esfera 7.5×10^{10} electrones.
 - a) ¿Cuál es la carga en coulombs que adquiere la esfera?
 - b) ¿con qué carga queda el paño de lana? ¿Qué signo tiene?

6. Una moneda de cobre tiene una masa de 3.1g. Si el cobre posee una carga positiva y una negativa de magnitud 4.6×10^{-18} C por átomo ¿Cuánto sería la magnitud de la carga positiva y la carga total en la moneda? ($N_A = 6.0 \times 10^{23}$ átomos/mol; $M_{Cu} = 64$ g/mol)
7. ¿Cuántos coulombs de carga positiva existen en 1.0 kg de sodio?

LEY DE COULOMB

El físico francés Charles Coulomb (1736-1806) estudió con gran detalle la interacción que existe entre cargas eléctricas y cualificó por primera vez la atracción y repulsión eléctrica y dedujo la ley que las gobierna, utilizando un aparato llamado balanza de torsión.

Las interacciones entre cargas eléctricas se les conocen como fuerzas eléctricas. Coulomb concluyó de sus experimentos que la fuerza eléctrica depende de la cantidad de carga que tengan los cuerpos y también de su separación.

La ley de Coulomb se enuncia así:

“La fuerza entre dos cuerpos cargados es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa”.

Sean q_1 y q_2 dos cargas puntuales y r la separación entre ellas.

Lo anterior puede expresarse así:

$$F_e \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Como ecuación matemática

$$F_e = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Donde k = constante de proporcionalidad y tiene un valor de

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ N} \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2}$$

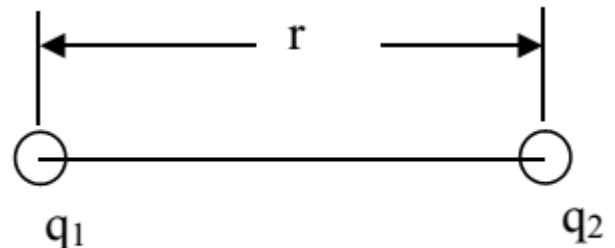


Figura 3. Ley de Coulomb

La fuerza eléctrica puede ser de atracción o de repulsión. Si F_e es (+) es de repulsión y si F_e es (-) es de atracción.

EL CAMPO ELECTRICO

Campo: Es toda región del espacio en la cual existe distribuida alguna propiedad que puede ser identificada como un magnitud física.

Los campos se pueden clasificarse en: Escalares y vectoriales.

Un campo es Escalar, **si la magnitud física identificada es una magnitud escalar.**

Ejemplo: Campo de temperatura, región en la que se puede medir temperaturas; campo de densidades, región en la que se puede medir la densidad de una sustancia.

Un campo es Vectorial, **si la magnitud física identificada es una magnitud vectorial.**

Ejemplo: El campo gravitatorio de la Tierra que la rodea y en el cual todo cuerpo es atraído hacia el centro del planeta. En un campo gravitatorio actúa la fuerza gravitatoria.

El campo eléctrico, es una magnitud vectorial y es la región que rodea a una carga eléctrica en la cual ésta ejerce influencia sobre las cargas que la circundan. En un campo eléctrico actúa la fuerza eléctrica.

En esta región la carga eléctrica lleva a cabo las acciones de atracción o repulsión.

Para comprobar si existe un campo eléctrico en un punto determinado, se utiliza una carga puntual q , denominada carga de prueba, a la cual **se le asigna signo positivo.**

El módulo del campo eléctrico se calcula así:

Como

$$E = \frac{F_{\text{electrica}}}{q_0} = k \frac{Q q_0}{q_0 r^2} \quad \text{Entonces} \quad E = K \frac{Q}{r^2} \quad \text{Unidades de } E = N/C$$

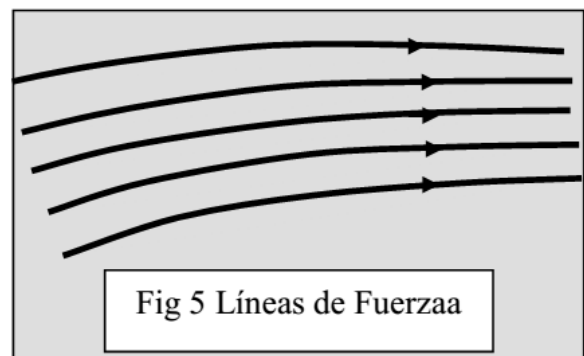
Campos eléctricos producidos por cargas puntuales y placas paralelas.

Línea de Fuerzas. Faraday introdujo el concepto de líneas de fuerza con el fin de representar geoméricamente el campo eléctrico.

Se establecen dos convenciones para trazar las líneas de fuerza con las que se tiene la visualización del campo eléctrico, con lo cual obtendremos la dirección y sentido del campo eléctrico, como también tendremos idea de su intensidad en cada punto.

Una línea de fuerza, es una línea que se traza en un campo eléctrico de tal modo que el vector E (campo eléctrico) sea tangente a ella en cada punto.

La densidad de las líneas de fuerzas, es proporcional a la intensidad del campo. Así, donde el campo eléctrico es intenso, las líneas de fuerza se trazan más próximas y donde el campo eléctrico es débil, las líneas de fuerza se trazan separadas.



Características:

- 1) Dos líneas de fuerza no se entrecruzan. Por un punto dado solo puede haber un vector E
- 2) Las líneas de fuerza se trazan saliendo de las cargas positivas y entrando a las cargas negativas (dada la convención de signos, para la carga de prueba)

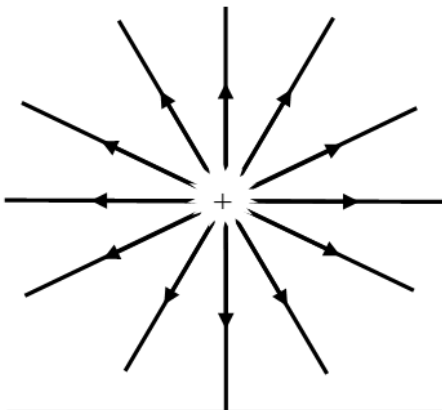


Fig. 6 Carga puntual positiva

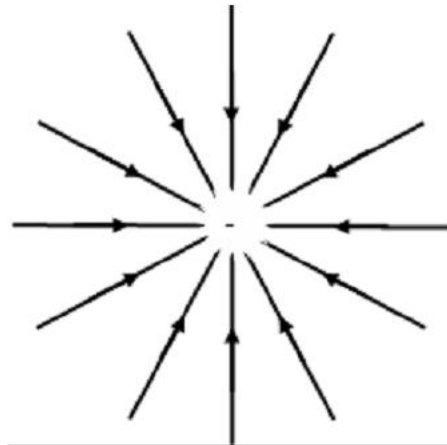


Fig. 7 Carga puntual negativa

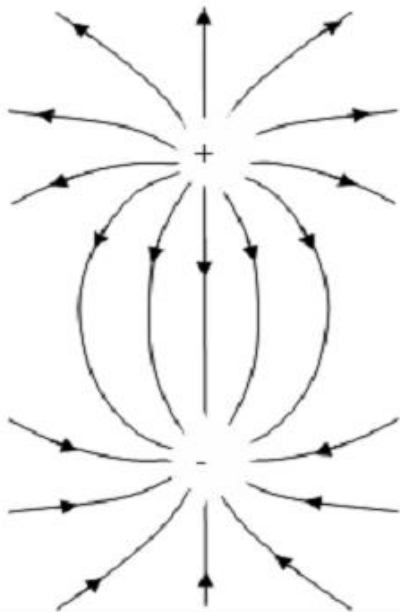


Fig. 8 Campo eléctrico de dos cargas puntuales de signos opuestos

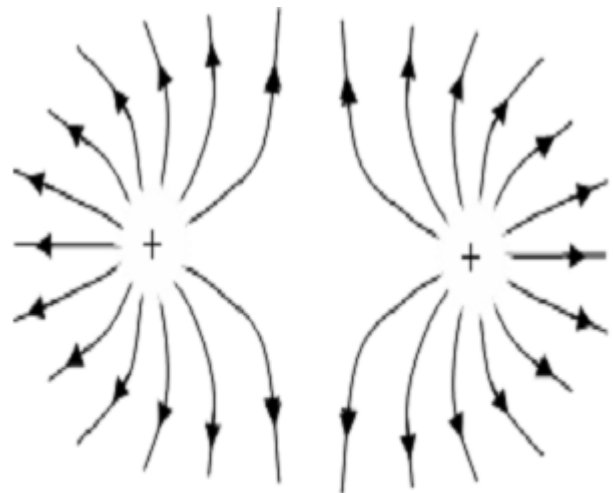
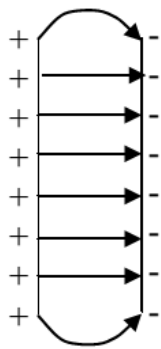


Fig. 9 Campo eléctrico de dos cargas puntuales de igual signo



Para dos placas paralelas con cargas iguales pero de signo opuesto, separadas una distancia pequeña "d" se observa que entre dichas placas se produce un campo eléctrico uniforme, es decir E_x en cualquier punto entre las placas presenta el mismo modulo, dirección y sentido

Campo Eléctrico entre placas paralelas

Flujo del campo eléctrico

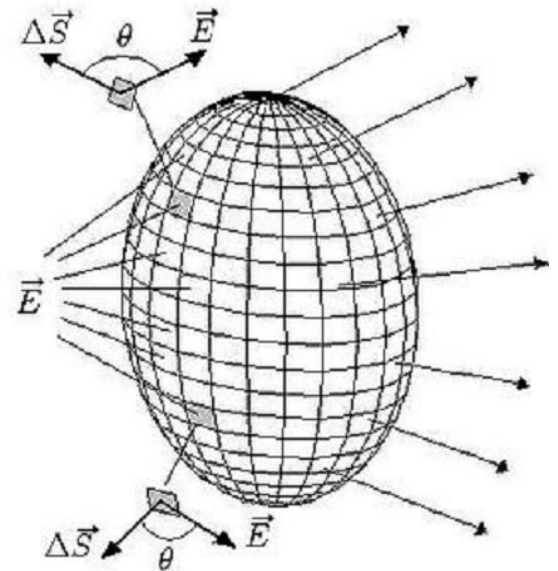
El flujo (denotado como Φ) es una propiedad de cualquier campo vectorial referida a una superficie hipotética que puede ser cerrada o abierta. Para un campo eléctrico, el flujo (Φ_E) se mide por el número de líneas de fuerza que atraviesan la superficie.

Para definir al flujo eléctrico con precisión considérese la figura, que muestra una superficie cerrada arbitraria dentro de un campo eléctrico.

La superficie se encuentra dividida en cuadrados elementales ΔS , cada uno de los cuales es lo suficientemente pequeño como para que pueda ser considerado plano. Estos elementos de área pueden ser representados como vectores $\Delta \vec{S}$ cuya magnitud es la propia área, la dirección es normal a la superficie y el sentido hacia afuera.

En cada cuadrado elemental también es posible trazar un vector de campo eléctrico. \vec{E} Ya que los cuadrados son tan pequeños como se quiera, E puede considerarse constante en todos los puntos de un cuadrado dado.

\vec{E} y $\Delta \vec{S}$ caracterizan a cada cuadrado y forman un ángulo θ entre sí y la figura muestra una vista ampliada de dos cuadrados.



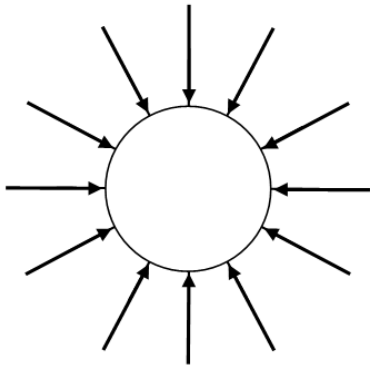
El flujo, entonces, se define como sigue:

$$\Phi_E = \sum \vec{E} \cdot \Delta \vec{S}$$

Significado físico: **la ley de Gauss nos dice que el flujo a través de una superficie cerrada es proporcional a la carga eléctrica Q_{int} encerrada en su interior,**

$$\Phi = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0}$$

Potencial Eléctrico



Cuando un cuerpo de masa “m” se encuentra a una distancia “r” del centro de la tierra, este experimentará una fuerza gravitatoria “F_g” cuyo valor queda determinado por:

$$F_g = \frac{GM_T m}{r^2}$$

Figura. Campo gravitatorio de la tierra

Análogamente, cuando se tiene una carga de prueba “q” en un punto cualquiera del espacio que rodea a una carga “Q” a una distancia “r” se dice que existe un potencial eléctrico dado por:

$$V = \frac{kQ}{r}$$

DIFERENCIA DE POTENCIAL

Supongamos que una carga de prueba se desplaza entre los puntos A y B dentro de un campo eléctrico: Se define la diferencia de potencial entre dos puntos A y B, como el trabajo realizado por el campo eléctrico para desplazar la carga entre esos dos puntos. La diferencia de potencial entre A y B se expresa así:
 $V_A - V_B = W_{AB} / q$

La diferencia de potencial suele denominarse también voltaje o tensión entre dos puntos y podrá representarse por $V_A - V_B$ o V_{AB} o simplemente por V.

Al hablar de diferencia de potencial entre dos puntos, se suele dar el potencial de un punto. Para esto, se escoge un nivel arbitrario para el potencial y el valor del potencial de un punto cualquiera se calculará en relación a este nivel. Por ejemplo, si la diferencia de potencial entre los puntos A y B es $V_A - V_B = 70 \text{ V}$, podemos escoger el punto B como nivel de potencial y haciendo $V_B = 0$, obtenemos que $V_A = 70 \text{ V}$, relativo al punto B.

El concepto de voltaje es de los más importantes en el estudio de los fenómenos eléctricos y está íntimamente relacionado con nuestra vida diaria.

Por ejemplo, se está familiarizado con el hecho de que existen en nuestras casas y en nuestros laboratorios “Tomas de electricidad de 120 V”, esto significa que cada coulomb que se desplaza entre los terminales de este toma, recibe 120 Joules de energía del campo eléctrico que existe entre los dos puntos A y B.

Otros tomas de corriente son de 240 V. En este caso, cada coulomb recibe 240 Joules de energía al desplazarse entre los puntos A y B.

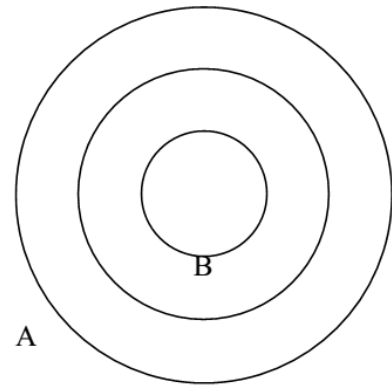
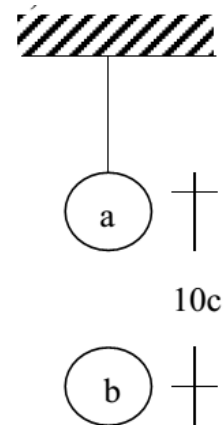


Fig. 12 Diferencia de Potencial

Estos toma corrientes sirven para poner a disposición energía eléctrica y ser utilizada para operar equipos eléctricos. Existen en la actualidad muchos dispositivos eléctricos que se utilizan en la industria de la electrónica y que pueden compararse al funcionamiento fisiológico de algunas estructuras. En este curso nos interesa mencionar las más importantes como son: los capacitores y las resistencias.

Ejercicios Ley de Coulomb

1. Tres cargas puntuales están sobre el eje X; $q_1 = -6.0\mu\text{C}$ está en $x = -3.0\text{ m}$, $q_2 = 4.0\mu\text{C}$ está en el origen y $q_3 = -6.0\mu\text{C}$ está en $x = 3.0\text{ m}$. Hallar la fuerza sobre q_1 .
2. Dos cargas q_1 y q_2 cuando se combinan dan una carga total de $6.0\mu\text{C}$. Cuando están separadas una distancia de 3.0 m la fuerza ejercida por una carga sobre la otra tiene un valor de 8.0 mN . Hallar q_1 y q_2 si (a) ambas son positivas de modo que se repelen entre sí y (b) una es positiva y la otra es negativa de modo que se atraen entre sí.
3. El ión Na^+ del cloruro de sodio tiene una carga positiva de $1.6 \times 10^{-19}\text{ C}$. El ión Cl^- posee la misma carga que el Na^+ , (obviamente con signo contrario). La distancia que los separa es de 10^{-8} cm . Calcule la fuerza de atracción.
4. Hallar la fuerza eléctrica entre un kilogramo de protones y un kilogramo de electrones separados por 10^6 m
5. Una pequeña esfera "a" suspendida y cargada positivamente atrae a otra pequeña esfera "b", de masa 1 Kg , colocada en la vertical que pasa por el punto de suspensión de la primera, a 10 cm de ésta, como lo muestra la figura. Sabiendo que la carga de "b" es igual y opuesta a la de "a" y que b queda en equilibrio en el aire, determinar:
 - a) La carga de cada uno de los cuerpos
 - b) El número de electrones perdidos por el cuerpo al adquirir la carga
6. La fuerza electrostática entre dos iones semejantes que se encuentran separados por una distancia de $5 \times 10^{-10}\text{ m}$ es de $3,7 \times 10^{-9}\text{ N}$. ¿Cuál es la carga de cada uno de los iones? ¿Cuántos electrones faltan en cada uno de los iones?



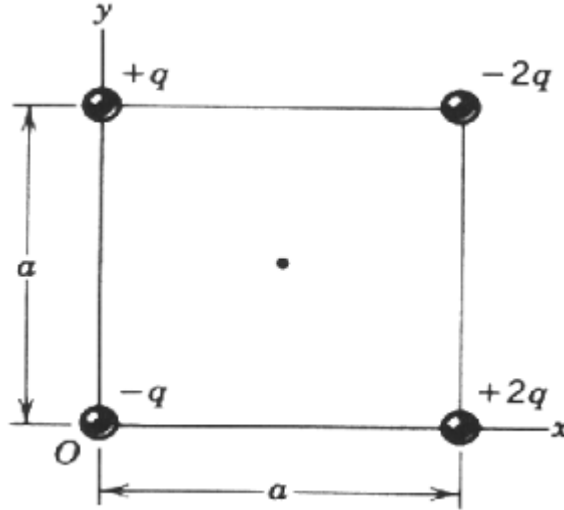
Campo eléctrico

- Una carga puntual $q_1 = -6.0 \text{ nC}$ está en el origen de coordenadas y una segunda carga puntual $q_2 = 4.9 \text{ nC}$ está sobre el eje x en $x = 0,8 \text{ m}$. Encuentre el campo eléctrico en magnitud y dirección en cada uno de los puntos sobre el eje x : a) $x = 0.2 \text{ m}$; b) $x = 1.2 \text{ m}$ y c) $x = -0.2 \text{ m}$.
- Calcular el módulo del campo eléctrico en un punto que está a 2 cm de una partícula de $1.0 \times 10^{-2} \text{ C}$.
- Hallar el valor de una carga Q que produce un campo eléctrico de 20 N/C , en un punto ubicado a 1 m de distancia.
- Calcular el módulo del vector intensidad de un campo eléctrico en un punto a , sabiendo que en él, sobre una carga explorada de $1 \times 10^{-4} \text{ C}$ aparece una fuerza de 0.2 N .
- Calcular el campo eléctrico en el punto A de la figura.

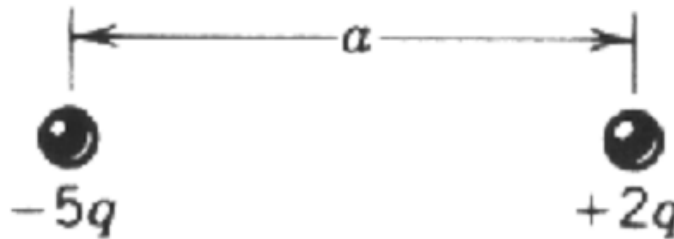


- ¿Cuál será la intensidad de un campo eléctrico creado por una carga de $5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ a 2 cm , 6 cm y 12 cm respectivamente de la misma?
- Dos cargas eléctricas de $q_1 = 2.0 \times 10^{-7} \text{ C}$, $q_2 = -2.0 \times 10^{-7} \text{ C}$, están separadas 15 cm .
 - ¿Cuál es la magnitud y dirección del campo eléctrico E en un punto a la mitad de las cargas?
 - ¿Qué fuerza sentiría un electrón colocado en ese punto?
- En un nubarrón es posible que haya una carga eléctrica de $+40 \text{ C}$ cerca de la parte superior y -40 C cerca de la parte inferior. Estas cargas están separadas por aproximadamente 2 km . ¿Cuál es la fuerza eléctrica entre ellas?
- Un avión vuela a través de un nubarrón a una altura de 2000 m . Si hay una concentración de carga de $+40 \text{ C}$ a una altura de 3000 m dentro de la nube y -40 C a una altura de 1.000 m ¿Cuál es el campo eléctrico en la aeronave?
- Un objeto que tiene una carga neta de $24 \mu\text{C}$ se coloca en un campo eléctrico uniforme de 610 N/C dirigido verticalmente. ¿Cuál es la masa de este objeto si "flota" en el campo?

17. Halle el campo eléctrico en el centro del cuadrado de la figura. Suponga que $q = 11.8 \text{ nC}$ y $a = 5.20 \text{ cm}$.



18. Dos cargas de $+8 \text{ nC}$ y -5 nC están separadas 40 mm en el aire. ¿En qué punto sobre la línea que une a ambas cargas la intensidad del campo eléctrico será cero?



Potencial eléctrico

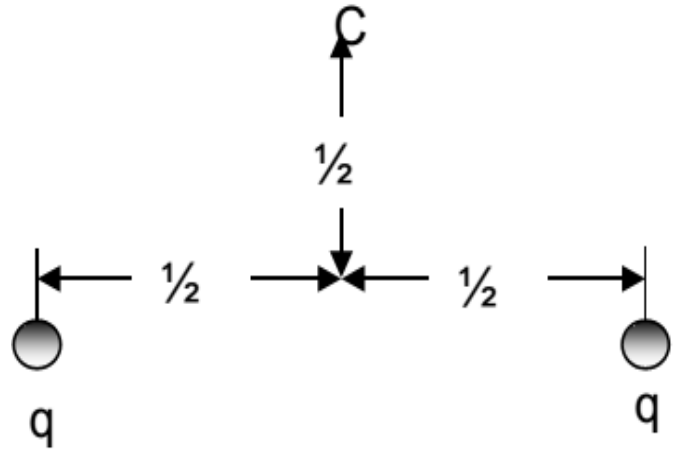
19. Determine el potencial a 1.0 cm de un protón y ¿cuál es la diferencia de potencial entre dos puntos que están a 1.0 y 2.0 m del protón?
20. A una distancia r de una carga puntual q , el potencial eléctrico es $V = 400 \text{ V}$ y la magnitud del campo eléctrico es $E = 150 \text{ N/C}$. Determine los valores de q y r ?
21. ¿A qué distancia desde una carga puntual de $8 \text{ } \mu\text{C}$ el potencial eléctrico es igual a $3.6 \times 10^4 \text{ V}$?

22. Dos cargas $q = +2.13 \times 10^{-18} \text{ C}$ están fijas en el espacio separadas por una distancia $d = 1.96 \text{ cm}$, como se muestra en la figura.

A) ¿Cuál es el potencial eléctrico en el punto C?

B) Luego se lleva a una tercera carga $Q = +1.91 \times 10^{-18} \text{ C}$ lentamente desde el infinito hasta C: ¿Cuánto trabajo debe realizarse?

C) ¿Cuál es la energía potencial U de la configuración cuando la tercera carga está en su lugar?



23. Un núcleo atómico tiene una carga positiva equivalente a la de 50 electrones. Calcúlese el potencial eléctrico que crea en un punto situado a 10^{-12} m de dicho núcleo, y la energía potencial de un protón situado en ese punto, en Julios y en electrón-Voltios (eV). Explicar qué sucedería si se dejase en libertad a ese protón. ($K = 9 \times 10^9$ en el S.I., carga del electrón = $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

24. Una carga eléctrica positiva de 5 microculombs se encuentra fija en el origen de un sistema de coordenadas. Otra carga positiva de 1 microculombs se acerca desde una distancia de 100 cm a otra de 10 cm a la primera carga. Calculad el trabajo necesario para realizar ese desplazamiento. Encontrar la fuerza necesaria para mantener la segunda carga en reposo en la posición alcanzada

25. La diferencia de potencia entre dos puntos de un campo eléctrico es de 800 V, y se ha realizado un trabajo eléctrico de 1,5 kgf para transportar una carga eléctrica. Indicar el valor de la misma.

26. Existe una diferencia de potencial de 90mV entre las superficies interior y exterior de la membrana de una célula. La superficie interior es negativa respecto de la superficie exterior. ¿Cuánto trabajo se necesita para expulsar un Ion sodio positivo (Na^+) del interior de la célula?

27. Un ion, cuando se acelera a través de una diferencia de potencial de 60.0V, experimenta una reducción de energía potencial de $1.92 \times 10^{-17} \text{ J}$. Calcule la carga del ion.

28. El fluido interior de una célula viva contiene abundante cloruro de potasio, mientras que el fluido exterior cloruro de sodio, principalmente. La membrana de una célula en reposo es mucho más permeable a los iones potasio que a los de sodio, de modo que hay una salida de iones positivos, y el interior de la célula queda negativo. El resultado de lo anterior es un voltaje de unos -85mV a través de la membrana, llamado potencial de reposo. La membrana tiene un espesor aproximado de 50 capas atómicas o 8.0nm. Suponiendo que el campo eléctrico a través de la membrana celular sea constante, calcule su magnitud.