

ELECTROSTATICA

CARGA POR FRICCIÓN Y POR CONTACTO

La fricción tiene ciertos efectos eléctricos los cuales ya conocemos; algunos ejemplos se presentan cuando acariciamos un gato, cuando nos peinamos (si lo hiciéramos a oscuras podríamos ver y oír las chispas eléctricas), cuando nos deslizamos sobre la cubierta de plástico del asiento de un automóvil estacionado, etc. En estos casos y muchos otros que no mencionamos se transfieren electrones por fricción cuando un material roza con otro, lo que se conoce como **carga por fricción**.

Se puede transferir electrones de un material a otro por simple contacto. Cuando ponemos una barra cargada en contacto con un objeto neutro se transfiere una parte de la carga a éste. Este método de carga se conoce simplemente como **carga por contacto**. Si el objeto es buen conductor la carga se distribuye en toda su superficie porque las cargas iguales se repelen entre sí. Si se trata de un mal conductor puede ser necesario tocar con la barra varias partes del objeto para obtener una distribución de carga más o menos uniforme.

CARGA POR INDUCCION

Si acercamos un objeto con carga a una superficie conductora, aún sin contacto físico los electrones se mueven en la superficie conductora.

Para explicarlo mejor podemos poner como ejemplo dos esferas metálicas aisladas A y B, las cuales no tienen carga y se encuentran en contacto, de modo que forman en efecto un solo conductor sin carga.

Posteriormente se acerca una barra con carga negativa a la esfera A. La barra repele los electrones del metal y el exceso de carga negativa se desplaza a la esfera contigua, con lo cual la primera esfera queda con exceso de carga positiva. La carga en ambas esferas ha sido redistribuida por lo que se dice que ha sido *inducida* en ellas. Como la barra con carga no toca las esferas, conserva su carga inicial.

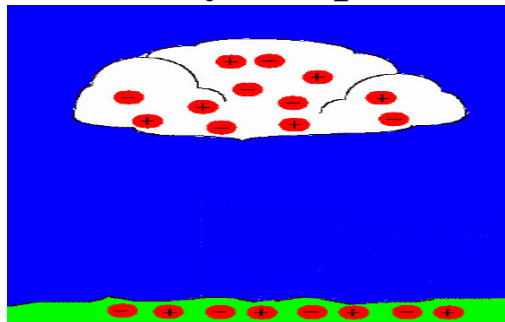
La **inducción** es un proceso de carga de un objeto sin contacto directo.

Cuando permitimos que las cargas salgan de un conductor por contacto, decimos que lo estamos *poniendo a tierra*.

Durante las tormentas eléctricas se llevan a cabo procesos de carga por *inducción*. La parte inferior de las nubes, de carga negativa, induce una carga positiva

en la superficie terrestre.

Benjamín Franklin fue el primero en demostrar este hecho a través de su famoso experimento de la cometa, que le permitió comprobar que los rayos son un efecto eléctrico. Franklin descubrió también que la carga fluye con facilidad hacia o desde objetos puntiagudos y así se construyó el primer pararrayos.



CONDUCTORES Y AISLANTES

Cuando un cuerpo neutro es electrizado, sus cargas eléctricas, bajo la acción de las fuerzas correspondientes, se redistribuyen hasta alcanzar una situación de equilibrio. Algunos cuerpos, sin embargo, ponen muchas dificultades a este movimiento de las cargas eléctricas por su interior y sólo permanece cargado el lugar en donde se depositó la carga neta. Otros, por el contrario, facilitan tal redistribución de modo que la electricidad afecta finalmente a todo el

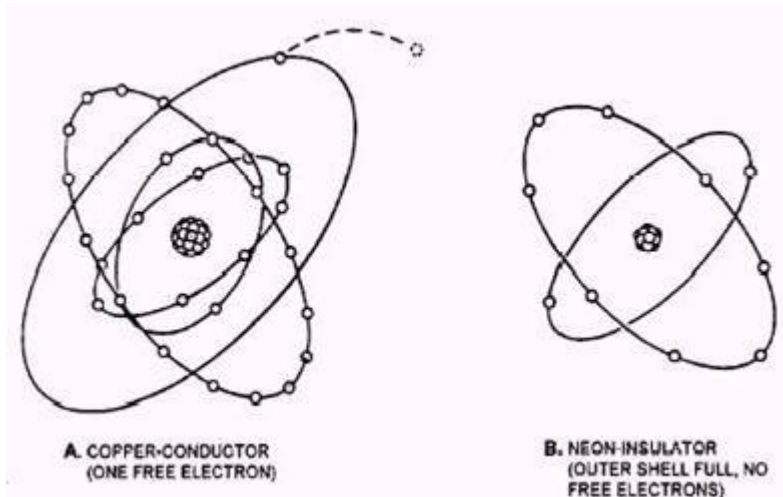
cuerpo. Los primeros se denominan *aislantes* y los segundos *conductores*.

Esta diferencia de comportamiento de las sustancias respecto del desplazamiento de las cargas en su interior depende de su naturaleza íntima. Así, los átomos de las sustancias conductoras poseen electrones externos muy débilmente ligados al núcleo en un estado de semilibertad que les otorga una gran movilidad, tal es el caso de los metales. En las sustancias aislantes, sin embargo, los núcleos atómicos retienen con fuerza todos sus electrones, lo que hace que su movilidad sea escasa.

Entre los buenos conductores y los aisladores existe una gran variedad de situaciones intermedias. Es de destacar entre ellas la de los *materiales semiconductores* por su importancia en la fabricación de dispositivos electrónicos que son la base de la actual revolución tecnológica. En condiciones ordinarias se comportan como malos conductores, pero desde un punto de vista físico su interés radica en que se pueden alterar sus propiedades conductoras con cierta facilidad mejorando prodigiosamente su conductividad, ya sea mediante pequeños cambios en

su composición, ya sea sometiéndolos a condiciones especiales, como elevada temperatura o intensa iluminación.

A temperaturas cercanas al cero absoluto, ciertos metales adquieren una conductividad infinita, es decir, la resistencia al flujo de cargas se hace cero. Se trata de los *superconductores*. Una vez que se establece una corriente eléctrica en un superconductor, los electrones fluyen por tiempo indefinido.



A es un conductor de cobre y B es un aislante de neón
CONSERVACION DE LAS CARGAS

Todo objeto cuyo número de electrones sea distinto al de protones tiene carga eléctrica. Si tiene más electrones que protones la carga es negativa. Si tiene menos electrones que protones, la carga es positiva.

Los electrones no se crean ni se destruyen, sino que simplemente se transfieren de un material a otro.

Cuando un cuerpo es electrizado por otro, la cantidad de electricidad que recibe uno de los cuerpos es igual a la que cede el otro. La carga se conserva. En todo proceso, ya sea en gran escala o en el nivel atómico y nuclear, se aplica el concepto de conservación de la carga. Jamás se ha observado caso alguno de creación o destrucción de carga neta. La conservación de la carga es una de las piedras angulares de la física, a la par con la conservación de la energía de la cantidad de movimiento.

Todo objeto con carga eléctrica tiene un exceso o una deficiencia de cierto número entero de electrones: los electrones no se pueden dividir en fracciones. Esto significa que la carga del objeto es un múltiplo entero de la carga del electrón. El objeto no puede poseer una carga igual a 1.5 o a 1000.5 electrones, por ejemplo.

Todos los objetos cargados que se han observado hasta ahora tienen una carga que es un múltiplo entero de la carga de un solo electrón.

FUERZAS Y CARGAS ELECTRICAS

Cuando a un cuerpo se le dota de propiedades

eléctricas se dice que ha sido electrizado. La electrización por frotamiento permitió, a través de unas cuantas experiencias fundamentales y de una interpretación de las mismas cada vez más completa, sentar las bases de lo que se entiende por electrostática.

Si una barra de ámbar (de caucho o de plástico) se frota con un paño de lana, se electriza. Lo mismo sucede si una varilla de vidrio se frota con un paño de seda. Aun cuando ambas varillas pueden atraer objetos ligeros, como hilos o trocitos de papel, la propiedad eléctrica adquirida por frotamiento no es equivalente en ambos casos. Así, puede observarse que dos barras de ámbar electrizadas se repelen entre sí, y lo mismo sucede en el caso de que ambas sean de vidrio. Sin embargo, la barra de ámbar es capaz de atraer a la de vidrio y viceversa.

Este tipo de experiencias llevaron a W. Gilbert (1544-1603) a distinguir, por primera vez, entre la electricidad que adquiere el vidrio y la que adquiere el ámbar. Posteriormente Benjamín Franklin en el siglo XVIII explicó los fenómenos eléctricos a través de la teoría del "fluido eléctrico" existente en todos los cuerpos. Él pensaba que en los cuerpos no

electrizados (neutros) el fluido permanecía de manera equilibrada, pero cuando dichos cuerpos se electrizaran entre sí, el "fluido eléctrico" se transfería: el que quedaba con más fluido era electrizado positivamente (+) y el que resultaba con menos fluido se electrizaba de modo negativo (-). Llamó a la electricidad «vítrea» de Gilbert *electricidad positiva* (+) y a la «resinosa» *electricidad negativa* (-). Las experiencias de electrización pusieron de manifiesto que:

Cargas eléctricas de distinto signo se atraen y cargas eléctricas de igual signo se repelen.

Una experiencia sencilla sirvió de apoyo a Franklin para avanzar en la descripción de la carga eléctrica como propiedad de la materia. Cuando se frota la barra de vidrio con el paño de seda, se observa que tanto una como otra se electrizan ejerciendo por separado fuerzas de diferente signo sobre un tercer cuerpo cargado. Pero si una vez efectuada la electrización se envuelve la barra con el paño de seda, no se aprecia fuerza alguna sobre el cuerpo anterior. Ello indica que a pesar de estar electrizadas sus partes, el conjunto paño-barra se comporta como si no lo

estuviera, manteniendo una *neutralidad eléctrica*.

Se ha visto que existen en la Naturaleza dos tipos de cargas, *positiva* y *negativa*, y que la cantidad más pequeña de carga es el electrón (misma carga que el protón, pero de signo contrario). También se ha visto que existe una fuerza entre las cargas.

La unidad natural de carga eléctrica es el electrón, que es:

La menor cantidad de carga eléctrica que puede existir.

Como esta unidad es extremadamente pequeña para aplicaciones prácticas y para evitar el tener que hablar de cargas del orden de billones o trillones de unidades de carga, se ha definido en el Sistema Internacional de Unidades el culombio:

Un Culombio es la cantidad de carga que a la distancia de 1 metro ejerce sobre otra cantidad de carga igual, la fuerza de 9×10^9 N.

Así pues de esta definición resulta ser que:

1 Culombio = $6,23 \times 10^{18}$ electrones

Como el culombio puede no ser manejable en algunas aplicaciones, por ser demasiado grande, se utilizan también sus divisores:

1 miliculombio = la milésima parte del culombio por lo que :

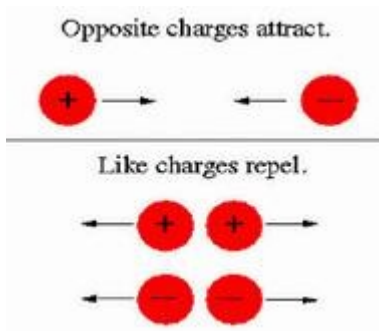
$$1 \text{ Cul} = 1.000 \text{ mCul}$$

1 microculombio = la millonésima parte del culombio por lo que :

$$1 \text{ Cul} = 1.000.000 \text{ mCul}$$

De todo lo anterior concluimos que los electrones y los protones tiene una propiedad llamada carga eléctrica, los neutrones son eléctricamente neutros ya que carecen de carga. Los electrones tienen una carga negativa mientras que los protones la tienen positiva. El átomo está constituido por un núcleo. Un átomo normal es neutro, ya que tiene el mismo número de protones o cargas positivas que de electrones o cargas negativas. Sin embargo, un átomo puede ganar electrones y quedar cargado negativamente, o bien puede perderlos y cargarse positivamente.

La masa del protón es aproximadamente 2000 veces mayor que la del electrón, pero la magnitud de sus cargas eléctricas es la misma. Por tanto la carga de un electrón neutraliza la del protón.

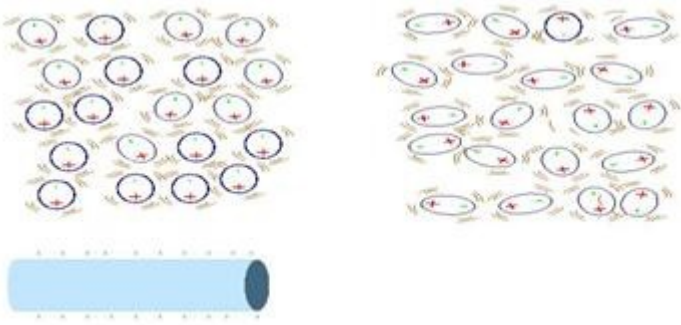


POLARIZACION DE LA CARGA

La inducción no se limita a los conductores, cuando acercamos una barra cargada a un aislante no hay electrones libres que puedan desplazarse por el material aislante; lo que ocurre es un reordenamiento de las posiciones de las cargas dentro de los propios átomos y moléculas.

Por inducción un lado del átomo o molécula se hace ligeramente más positivo o negativo que el lado opuesto por lo que decimos que el átomo está *eléctricamente polarizado*. Si, por ejemplo, la barra es negativa, entonces el lado positivo del átomo o molécula se orienta hacia la barra y el lado negativo queda orientado en sentido contrario.

Se presenta el fenómeno de polarización cuando trozos de papel neutros son atraídos por un objeto cargado o cuando se coloca un globo cargado en una pared.



DENSIDAD DE CARGA

En ocasiones las cargas eléctricas en un cuerpo están tan cercanas entre sí, que se puede suponer que están distribuidas de manera uniforme por el cuerpo del cual forman parte. La característica principal de estos cuerpos es la denominada **densidad de carga**. Se distinguen tres tipos de densidad de carga:

- **Densidad de carga lineal:** Se usa en cuerpos lineales como, por ejemplo, hilos.

$$\lambda = \frac{Q}{L}$$

Donde Q es la carga del cuerpo y L es la longitud. En el Sistema Internacional de Unidades se mide en C/m (culombios por metro).

- **Densidad de carga superficial:** Se emplea para

superficies, por ejemplo una plancha metálica delgada como el *papel de aluminio*.

$$\sigma = \frac{Q}{S}$$

Donde Q es la carga del cuerpo y S es la superficie. En el Sistema Internacional de Unidades se mide en C/m² (culombios por metro cuadrado).

- **Densidad de carga volumétrica:** Se emplea para cuerpos que tienen volumen.

$$\rho = \frac{Q}{V}$$

Donde Q es la carga del cuerpo y V el volumen. En el Sistema Internacional de Unidades se mide en C/m³ (culombios por metro cúbico).

LA LEY DE COULOMB

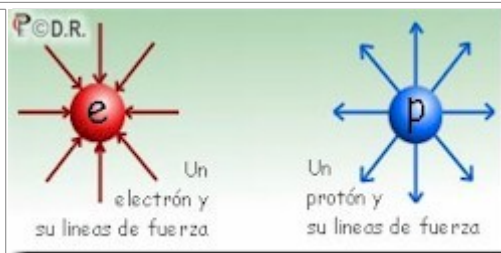
Sin duda has notado en alguna fiesta que cuando frota un globo en tu cabello y después lo colocas en un cristal, el globo no se cae. O sin duda en la primaria habrás frotado una regla de plástico en tu cabello y después levantaste el cabello de alguna compañera con la regla, bueno pues lo que haces al frotar el globo y la regla con tu cabello, se llama

electrizar, al globo o al cabello.

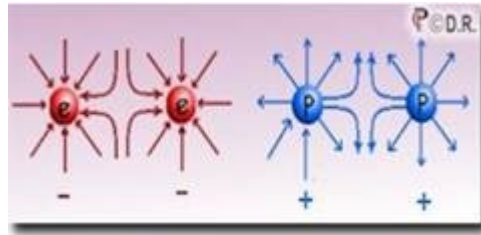
El fenómeno de electrización es dar o quitar electrones al cuerpo al cual quieres electrizar.

Al fenómeno por el cual puedes levantar el cabello de tu compañera, se llama fuerza eléctrica y es una fuerza que se genera entre cuerpos electrizados. La fuerza eléctrica que estudiaremos aquí se llama fuerza electrostática, debido a que se considera que la carga eléctrica no se mueve.

En principio, necesitamos saber que el electrón cuenta con carga negativa y el protón con carga positiva y que además podemos representar esto gráficamente y

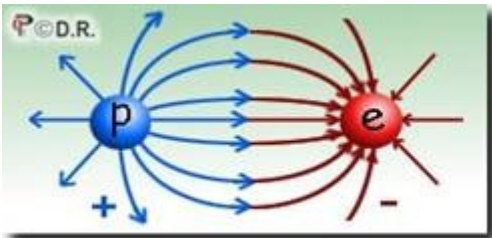


usando "líneas de fuerza".



1. Las líneas de fuerza no se cruzan.
2. Las líneas de fuerza de un cuerpo negativo entran a él.
3. Las líneas de fuerza de un cuerpo positivo, salen de él.

Veamos ahora los siguientes esquemas:



Debido a que las líneas de fuerza nunca se cruzan, las cargas del mismo signo se repelen.

Debido a que las líneas de fuerza de un cuerpo cargado positivamente continúan en las líneas de un cuerpo cargado negativamente: cargas de signo diferente se atraen.

La ley de Coulomb nos brinda un modelo matemático

con el cual podemos calcular la fuerza de repulsión o atracción entre dos o más cuerpos cargados eléctricamente.

"La fuerza eléctrica con la cual dos cuerpos cargados eléctricamente son atraídos o repelidos entre sí es directamente proporcional al valor del producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de sus distancias"

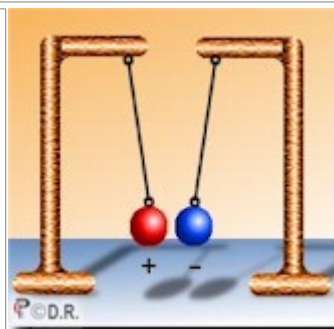
$$F_e \propto \frac{(q_1) \times (q_2)}{r^2}$$

q : es el valor de carga de cada cuerpo.

r : es la distancia de separación entre los cuerpos.

F_e : es la fuerza eléctrica.

La igualdad se da colocando el valor de la constante eléctrica K , la cual tiene un



valor de $9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{coulomb}^2}$	
---	--

La unidad de carga eléctrica es el coulomb.

1 coulomb = $6.7 \times 10^{+18}$ electrones.

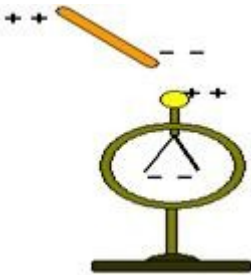
1 electrón = 1.602×10^{-19} coulomb.

EL ELECTROSCOPIO

El **electroscopio** es un instrumento que permite determinar la presencia de cargas eléctricas y su signo.

Un electroscopio sencillo consiste en una varilla metálica vertical que tiene una bolita en la parte superior y en el extremo opuesto dos láminas de oro muy delgadas. La varilla está sostenida en la parte superior de una caja de vidrio transparente con un armazón de metal en contacto con tierra. Al acercar un objeto electrizado a la esfera, la varilla se electrifica y las laminillas cargadas con igual signo que el objeto se repelen, siendo su divergencia una medida de la cantidad de carga que han recibido. La fuerza de repulsión electrostática se equilibra con el peso de las hojas. Si se aleja el objeto de la esfera, las láminas, al perder la polarización, vuelven a su posición normal.

Cuando un electroscopio se carga con un signo conocido, puede determinarse el tipo de carga eléctrica de un objeto aproximándolo a la esfera. Si las laminillas se separan significa que el objeto está cargado con el mismo tipo de carga que el electroscopio. De lo contrario, si se juntan, el objeto y el electroscopio tienen signos opuestos.



Un electroscopio cargado pierde gradualmente su carga debido a la conductividad eléctrica del aire producida por su contenido en iones.

Por ello la velocidad con la que se carga un electroscopio en presencia de un campo eléctrico o se descarga puede ser utilizada para medir la densidad de iones en el aire ambiente. Por este motivo, el electroscopio se puede utilizar para medir la radiación de fondo en presencia de materiales radiactivos.

Un modelo simplificado de electroscopio consiste en

dos pequeñas esferas de masa m cargadas con cargas iguales q y del mismo signo que cuelgan de dos hilos de longitud l , tal como se indica la figura. A partir de la medida del ángulo que forma una esfera con la vertical, se puede calcular su carga q .

Sobre cada esfera actúan tres fuerzas: el peso mg , la tensión de la cuerda T y la fuerza de repulsión eléctrica entre las bolitas F .

El concepto campo

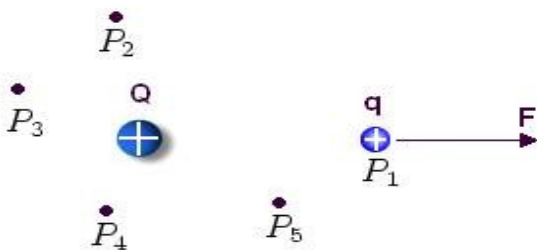
surge ante la necesidad de explicar la forma de interacción entre cuerpos en ausencia de contacto físico y sin medios de sustentación para las posibles interacciones. La *acción a distancia* se explica, entonces, mediante efectos provocados por la entidad causante de la interacción, sobre el espacio mismo que la rodea, permitiendo asignar a dicho espacio propiedades medibles. Así, será posible hacer corresponder a cada punto del espacio valores que dependerán de la magnitud del cuerpo que provoca la interacción y de la ubicación del punto que se considera.

El campo eléctrico

Se denomina **campo eléctrico** a la deformación del espacio creada alrededor de una región que contiene carga.

El campo eléctrico representa, en cada punto del espacio afectado por la carga, una propiedad local asociada al mismo. Una vez conocido el campo en un punto no necesitamos saber quién lo origina para calcular la fuerza sobre una carga u otra propiedad relacionada con él.

Considérese una carga Q fija en una determinada posición (ver figura). Si se coloca otra carga q en un punto P_1 , a cierta distancia de Q , aparecerá una fuerza eléctrica actuando sobre q .



Si la carga q se ubica en otros puntos cualesquiera, tales como P_2 , P_3 etc., evidentemente, en cada uno de ellos, también estaría actuando sobre q una fuerza eléctrica, producida por Q . Para describir este hecho, se dice que en cualquier punto del espacio en torno a Q existe un campo eléctrico originado por esta carga.

Obsérvese en la figura que el campo eléctrico es originado en los puntos $P1$, $P2$, $P3$ etc., por Q , la cual, naturalmente, podrá ser tanto positiva (la de la figura) como negativa. La carga q que es trasladada de un punto a otro, para verificar si en ellos existe, o no, un campo eléctrico, se denomina carga de prueba.

El campo eléctrico puede representarse, en cada punto del espacio, por un vector, usualmente simbolizado por \vec{E} y que se denomina vector campo eléctrico.

El módulo del vector, en un punto dado, se denomina intensidad del campo eléctrico en ese punto. Para definir este módulo, considérese la carga Q de la figura, generando un campo eléctrico en el espacio que la rodea. Colocando una carga de prueba q en un punto $P1$, se verá que sobre ella actúa una fuerza eléctrica. La intensidad del campo eléctrico en $P1$ estará dada, por definición, por la expresión:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

La expresión anterior permite determinar la intensidad del campo eléctrico en cualquier otro punto, tales como $P2$, $P3$, etc. El valor de E será diferente para cada uno de ellos.

De $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ obtemos $\vec{F} = \vec{E}q$, lo cual significa que si se

conoce la intensidad del campo eléctrico en un punto, es posible calcular, usando la expresión anterior, el módulo de la fuerza que actúa sobre una carga cualquiera ubicada en aquél punto.

PRINCIPIO DE SUPERPOSICION

Cuando dos cargas eléctricas están en una misma región, el campo resultante será la suma vectorial de ambos campos.

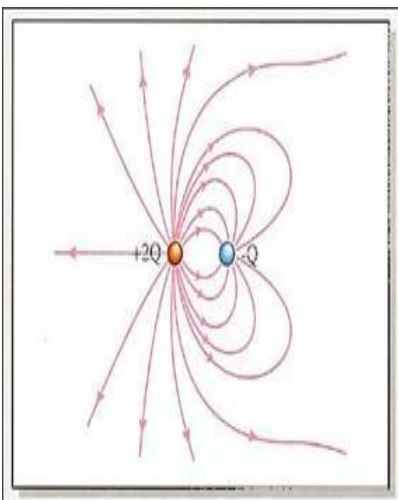
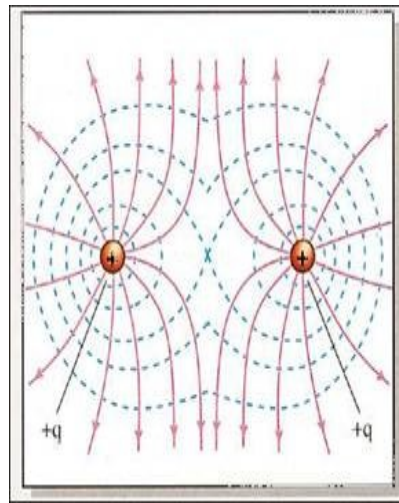
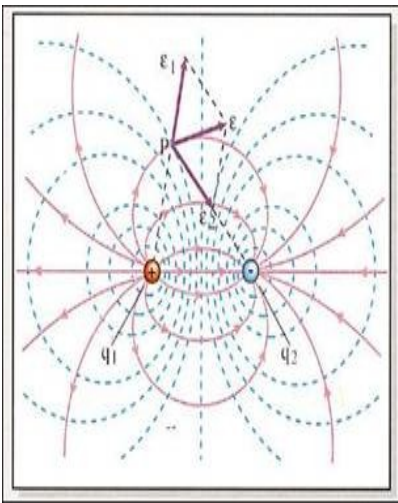
Este principio es aplicable para cualquier número de cargas eléctricas.

SUPERPOSICION DE LOS CAMPOS

La descripción de la influencia de una carga aislada en términos de campos puede generalizarse al caso de un sistema formado por dos o más cargas y extenderse posteriormente al estudio de un cuerpo cargado. La experiencia demuestra que las influencias de las cargas aisladas que constituyen el sistema son aditivas, es decir, se suman o superponen vectorialmente. Así, la intensidad de campo E en un punto cualquiera del espacio que rodea dos cargas Q_1 y Q_2 será la suma vectorial de las intensidades E_1 y E_2 debidas a cada una de las cargas individualmente consideradas.

Este principio de superposición se refleja en el mapa

de líneas de fuerza correspondiente. Tanto si las cargas son de igual signo como si son de signos opuestos, la distorsión de las líneas de fuerza, respecto de la forma radial que tendrían si las cargas estuvieran solitarias, es máxima en la zona central, es decir, en la región más cercana a ambas. Si las cargas tienen la misma magnitud, el mapa resulta simétrico respecto de la línea media que separa ambas cargas. En caso contrario, la influencia en el espacio, que será predominante para una de ellas, da lugar a una distribución asimétrica de líneas de fuerza.



Representación gráfica del campo eléctrico

Una forma muy útil de esquematizar gráficamente un campo, es trazar líneas que vayan en la misma dirección que dicho campo en varios puntos. Esto se realiza a través de las *líneas de fuerza*.

Estas son líneas imaginarias que describen, si los hubiere, los cambios en dirección de las fuerzas al pasar de un punto a otro. En el caso del campo eléctrico, puesto que tiene magnitud y sentido, se trata de una cantidad vectorial, y las líneas de fuerza o líneas de campo eléctrico indican las trayectorias que seguirían las partículas si se las abandonase libremente a la influencia de las fuerzas del campo. El campo eléctrico será un vector tangente a la línea de fuerza en cualquier punto considerado.

La relación entre las líneas de fuerza (imaginarias) y el vector intensidad de campo, es la siguiente:

- 1.- La tangente a una línea fuerza en un punto cualquiera da la dirección \mathbf{E} en ese punto.
- 2.- El número de líneas fuerza por unidad de área de sección transversal es proporcional a la magnitud de \mathbf{E} . Cuanto más cercanas estén las líneas, mayor será la

magnitud de E .

No es obvio que sea posible dibujar un conjunto continuo de líneas que cumplan estos requisitos. De hecho, se encuentra que si la ley de Coulomb no fuera cierta, no sería posible hacerlo.

Para la construcción de líneas de fuerza debemos tener en cuenta lo siguiente:

A.- Por convención, las líneas deben partir de cargas positivas y terminar en cargas negativas y en ausencia de unas u otras deben partir o terminar en el infinito.

B.- Las líneas fuerza jamás pueden cruzarse.

(Las líneas de fuerza, o de campo, salen de una carga positiva, o entran a una negativa. De lo anterior se desprende que de cada punto de la superficie de una esfera, suponiendo forma esférica para una carga, puede salir o entrar solo una línea de fuerza, en consecuencia entre dos cargas que interactúan solo puede relacionarse un punto de su superficie con solo un punto de la otra superficie, y ello es a través de una línea, y esa línea es la línea de fuerza.

Si admitiéramos que dos líneas de fuerza se interceptan, entonces podríamos extender la superficie de la otra carga hacia el lugar donde se interceptan las

líneas que se mencionan y podríamos concluir que dos líneas entran o salen de una superficie de una carga eléctrica. Con esto estamos contradiciendo lo postulado inicialmente. En consecuencia: es imposible que dos líneas de fuerza se intercepten.

Por otra parte, si las líneas de fuerza se cortaran, significaría que en dicho punto E poseería dos direcciones distintas, lo que contradice la definición de que a cada punto sólo le corresponde un valor único de intensidad de campo).

C.- El número de líneas fuerza que parten de una carga positiva o llegan a una carga negativa es proporcional a la cantidad de carga respectiva.

CAMPO ELECTRICO CREADO POR UNA CARGA PUNTUAL

El campo que crea una carga puntual Q se deduce a partir de la ley de Coulomb.

Consideremos una carga de prueba Q_0 , colocada a una distancia r de una carga punto Q . La fuerza entre ambas cargas estará dada por:

La intensidad del campo eléctrico en el sitio en que se

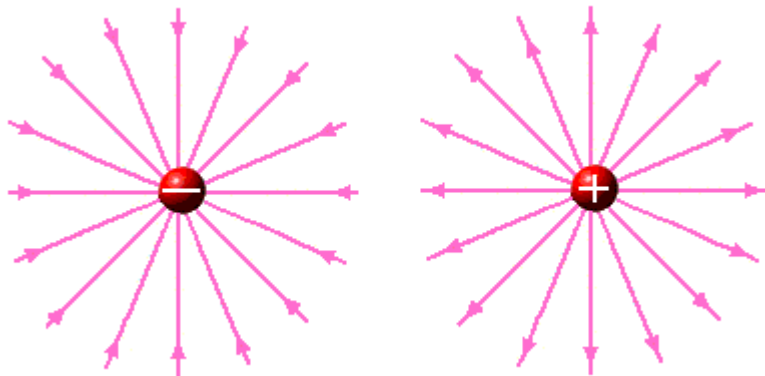
coloca la carga de prueba está dada por:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q_0}$$

y por lo tanto resulta:

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{u}_r = K \frac{Q}{r^2} \vec{u}_r$$

Donde u_r es un vector unitario en la dirección radial, $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{Nm}^2$ es la llamada permitividad del vacío y K es la constante de Coulomb = $8.98 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2$. La unidad de intensidad de campo eléctrico es $[\text{N}/\text{C}]$ (newton por culombio) o $[\text{V}/\text{m}]$ (voltio por metro).



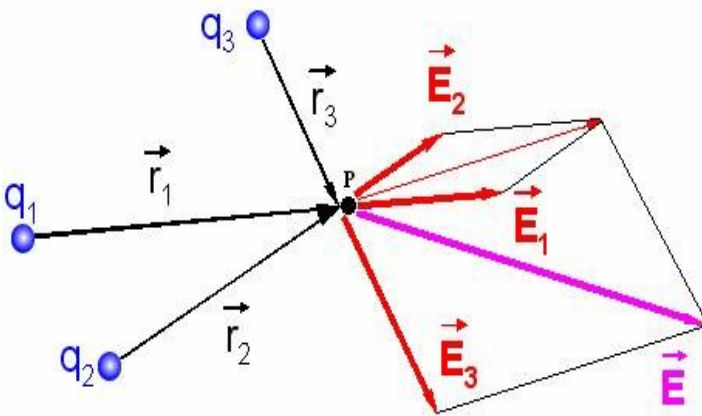
Representación de campos eléctricos creados por cargas puntuales negativa y positiva

CAMPO ELECTRICICO CREADO POR UN GRUPO DE CARGAS PUNTUALES

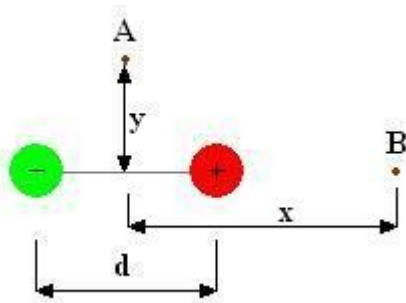
Para determinar el campo eléctrico producido por un

conjunto de cargas puntuales se calcula el campo debido a cada carga en el punto dado como si fuera la única carga que existiera y se suman vectorialmente los mismos para encontrar el campo resultante en el punto. En forma de ecuación:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i = \sum_{i=1}^n \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{u}_{r_i}$$



CAMPO ELECTRICO CREADO POR UN DIPOLO ELECTRICO



Campo eléctrico en el punto A

El campo eléctrico en el punto A es la suma vectorial de los dos campos que crean la carga positiva y la negativa.

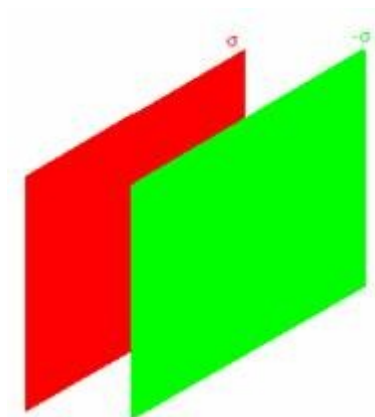
$$E = K \frac{qd}{\sqrt{(y^2 + d^2/4)^3}} (-Ux)$$

Campo eléctrico en el punto B

El campo eléctrico en el punto B es la suma vectorial de los dos campos que crean la carga positiva y la negativa.

$$E = K \frac{2qxd}{(x^2 - d^2/4)^2} (Ux)$$

CAMPO ELECTRICO CREADO POR DOS PLACAS INFINITAS, PARALELAS Y DISTRIBUCION DE CARGA UNIFORME



NOTA: la placa roja está cargada positivamente, la verde negativamente.

Campo eléctrico en el exterior de las placas

El campo eléctrico generado en el exterior de las placas es nulo en cualquier punto. Como las placas son infinitas, los campos eléctricos que crean no dependen de la distancia que hay entre la placa y el punto en el cual medimos el valor del campo eléctrico, además como las placas están cargadas de forma contraria (una es positiva y otra negativa), los campos se restan anulándose entre si.

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = 0$$

Campo eléctrico entre las dos placas

El campo eléctrico entre las dos placas es la suma vectorial de los dos campos eléctricos.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

Campo eléctrico en el exterior de la corteza esférica

Para calcular el campo en el exterior de la corteza, consideramos que toda la carga Q de la superficie (que coincide en este caso con la carga total de la esfera, ya que es hueca) se encuentra *comprimida* en el centro de la esfera, conclusión a la que llegamos tras aplicar la ley de Gauss, de modo que el campo creado es equivalente al generado por una única carga puntual

concéntrica con la corteza esférica.

$$E = K \frac{Q}{r^2}$$

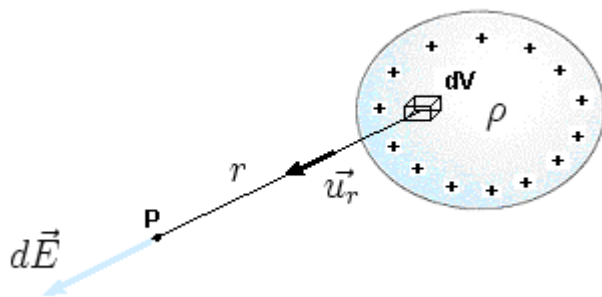
donde r es la distancia desde el centro de la corteza esférica hasta el punto donde estamos calculando el campo eléctrico.

Campo eléctrico en el interior de la corteza esférica

El campo eléctrico en el interior de una corteza esférica es siempre nulo, conclusión a la que llegamos tras aplicar la ley de Gauss.

$$E = K \frac{Q}{r^2} = 0$$

CAMPO ELECTRICICO GENERADO POR UNA DISTRIBUCION CONTINUA VOLUMETRICA DE CARGA



Campo eléctrico producido por un elemento dV de una distribución volumétrica uniforme de carga.

Si se dispone de una distribución volumétrica continua de carga, el campo producido en un punto

cualquiera puede calcularse dividiendo la carga en elementos infinitesimales dq . Entonces, se calcula el campo $d\mathbf{E}$ que produce cada elemento en el punto en cuestión, tratándolos como si fueran cargas. La magnitud de $d\mathbf{E}$ está dada por:

$$d\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} \vec{u}_r$$

El campo resultante en el punto se encuentra, entonces, sumando; esto es, integrando; las contribuciones debidas a todos los elementos de carga, o sea,

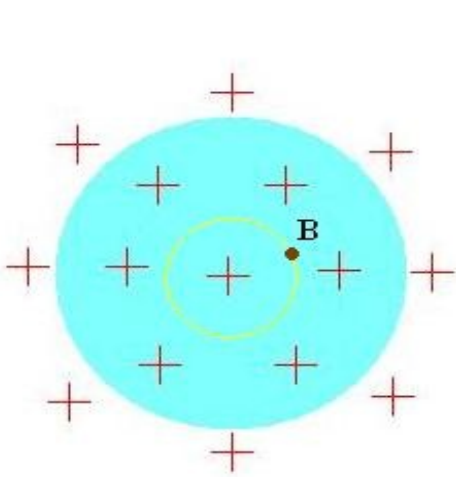
$$\vec{E} = \int d\vec{E}$$

Si la distribución continua de carga que se considera tiene una densidad volumétrica de carga , entonces $dq = \rho dV$.

Por lo tanto,
$$\vec{E} = \int_V d\vec{E} = \int_V \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} \vec{u}_r = \int_V \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\rho dV}{r^2} \vec{u}_r$$

CAMPO ELECTRICO GENERADO POR UNA ESFERA MACIZA UNIFORMEMENTE CARGADA

Hay que destacar que si la esfera está uniformemente cargada, es porque se trata de una esfera maciza de material dieléctrico.



NOTA:

Las cruces rojas simbolizan la carga de la esfera. El aro amarillo no forma parte de la esfera, es imaginario.

Campo eléctrico en el punto A o en cualquier punto exterior a la corteza

El campo eléctrico en el punto A, es el creado por todas las cargas (cruces rojas) de la esfera. Para calcular el campo eléctrico, suponemos que todas las cargas están *comprimidas* en el centro de la esfera maciza, a continuación calculamos el campo eléctrico como si la esfera se tratara de una carga puntual concéntrica con la esfera maciza.

$$E = K \frac{Q}{r^2}$$

Donde r es la distancia entre el centro de la esfera y el punto A.

Campo eléctrico en el punto B o en cualquier punto interior de la esfera

El campo eléctrico en el punto B, es el creado por las cargas que se encuentran **dentro** del *aro amarillo* (en este caso sólo una, la cruz central), todas las cargas que se encuentran **fuera** de él **no contribuyen** al campo eléctrico porque la esfera está cargada uniformemente, es decir, todos los campos creados por las cargas exteriores al *aro amarillo* se anulan entre si, porque las cargas están situadas simétricamente. El campo eléctrico es equivalente al creado por una carga puntual situada en el centro de la esfera. .

$$E = K \frac{Q}{r^2} = \frac{\rho}{3\epsilon_0} r$$

Donde Q es la carga que se encuentra **dentro** del aro amarillo y r es la distancia desde el centro de la esfera hasta el punto B.

El dipolo eléctrico es un tipo de distribución de carga que se presenta frecuentemente como veremos en la página dedicada a los dieléctricos.

Un dipolo eléctrico está formado por dos cargas, una

positiva $+Q$ y otra negativa $-Q$ del mismo valor,
separadas una distancia d .