ELECTRICIDA

INTRODUCCIÓN

Es innegable la importancia que ha tenido la electricidad en el desarr de la humanidad, ya que la electrificación de los pueblos y ciudades ha tra consigo un considerable aumento en la producción y bienestar de población. En la actualidad nos encontramos rodeados de aparatos eléctr de todas clases, desde lámparas, motores, relojes, aparatos de so estereofónico, computadoras y muchos más, de ahí la necesidad de comp der la electricidad y sus aplicaciones. En este siglo se ha estudiado in samente la electricidad , ya que se ha comprobado sus ventajas sobre o clases de energía, por ejemplo: puede transformarse con facilidad en o formas de energía (luz, calor,sonido), se transporta de manera sencilla grandes distancias a través de líneas aéreas no contaminantes. En los pa desarrollados, la energía eléctrica se produce por diferentes medios: centr hidroeléctricas, termoeléctricas y nucleoeléctricas. En la naturaleza, la e tricidad se pone de manifiesto al caer un rayo . Para comprender mejo electricidad, se analizará primero la electrostática, la cual estudia la c eléctrica en reposo (aunque intervienen fuerzas). La electrostática consti el punto de partida indispensable para el conocimiento de la corriente e trica y de los fenómenos que se relacionan con ella.

Las interacciones eléctricas de la materia se deben a la carga eléct que al igual que la masa es una cantidad fundamental, la cual no pu

scribirse en función de conceptos más básicos y simples. La carga eléctrica onocemos más por lo que hace que por lo que es. Para formalizar el estudio la electricidad, utilizaremos algunos de los conceptos empleados en cánica, como por ejemplo, los conceptos de fuerza, campo, trabajo y rgía.

NTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA ELECTRICIDAD

El desarrollo del estudio de la electricidad así como su aplicación para eficio de la humanidad se ha debido a muchos investigadores. En el iente cuadro mencionaremos algunos de ellos.

Científico	Aportación
les de Mileto: 0-547 a.C. ego.	Descripción de los primero fenómenos eléctricos. Atracción de los cuerpos al frotar el ámbar.
William Gilbert: 44-1603 és.	La adquisición de cargas no era exclusiva del ámbar, sino de muchas otras sustancias.
jamín Franklin: 6-1790 teamericano.	Descubrió la existencia de cargas eléctricas en las nubes de una tormenta. Construyó el pararrayos. A él se debe la convención de la corriente eléctrica.
arles Coulomb: 6-1806 ncés.	Estudió las leyes de atracción y repulsión eléctrica, midiendo las fuerzas de interacción entre las cargas puntuales.
ssandro Volta: 5-1827 iano.	Inventó la pila eléctrica combinando dos metales distintos con un líquido que servía como conductor.
orge S. Ohm: 8-1854 mán.	Descubrió la resistencia eléctrica de un conductor. en 1827 enunció la ley Fundamental de las Corrientes Eléctricas, conocida como la ley de Ohm.
chael Faraday: 1-1867 és.	Inventó el generador eléctrico al descubrir cómo podía usarse un imán para generar corriente eléctrica en una espira de hierro.
les Joule: 8-1889 és.	Estudió la relación que existe entre la corriente eléctrica y el calor desprendido en los circuitos eléctricos.

CARGA ELÉCTRICA

Toda la materia se compone de átomos y éstos de partículas elemen como los electrones, protones y neutrones. Los electrones y protones po una propiedad llamada carga eléctrica. Los neutrones son eléctricam neutros porque carecen de carga eléctrica. A los electrones se les asigna carga negativa, mientras que los protones una carga positiva. La carga trica de un electrón es igual que la del protón, pero de signo contrario átomo está constituído por un núcleo en el cual se encuentran los proto los neutrones, y a su alrededor giran los electrones. Un átomo norma neutro, ya que posee el mismo número de electrones o carga negativa qu protones o carga positiva. Sin embargo, un átomo puede perder electro quedar con carga positiva, ya que posee más protones que electrones o g electrones y quedar con carga negativa. La carga de un electrón neutraliz carga de un protón. En la electrización de un cuerpo, el electrón es el qu desplaza, ya que su masa es mucho más pequeña que la del protón (la m del protón es 1840 veces la masa del electrón) y además, los electrone encuentran en la periferia del átomo, facilitándose su desprendimiento cambio, el protón se encuentra en el núcleo, requiriéndose procesos complicados para removerlo. El frotamiento es una forma sencilla de ca un cuerpo eléctricamente. Por ejemplo: cuando el cabello seco y limpio peina con vigor pierde algunos electrones, adquiriendo carga positiva peine gana electrones, quedando con carga negativa, ver figura 1. Por parte, al frotar una barra de vidrio con una tela de seda, el vidrio pie electrones, quedando con carga positiva, los cuales gana la seda, adquiri carga negativa.

Benjamín Franklin pensó que todos los cuerpos poseían un fluido trico, de tal forma que cuando dos cuerpos se frotan e sí, uno acumulaba el exceso de fluido y se cargaba po vamente en tanto que el otro perdía fluido y se carg negativamente. En la actualidad se sabe que lo que sustancias transfieren son electrones.

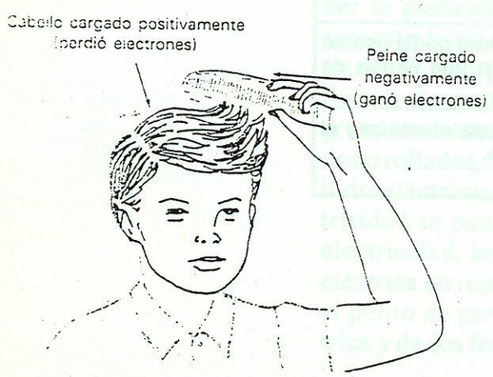


Fig. No. 1. Los electrones que gana el peine, los pierde el cabello.

Al frotar un cuerpo con otro, uno gana y el otro pie electrones, de tal forma que la carga eléctrica que adqu uno de ellos la pierde el otro. Esto nos conduce a que la c eléctrica ni se crea ni se destruye, solamente se transfier un cuerpo a otro. En general, éste es el Principio Fundam tal de la Conser-vación de la Carga Eléctrica, el cual tablece que en un sistema aislado se conserva constant cantidad de carga eléctrica.

Hasta ahora, se ha encontrado que la carga eléctrica existe en múltiplos enteros de una cantidad básica, la c

electrón, tanto si es positiva como negativa, la carga está cuantizada, do ésta un múltiplo de la carga del electrón.

Si se frotan dos trozos de vidrio con seda, se observa que se repelen entre gura 2a.

Si se frotan con piel de conejo, también se repelen (Fig. No. 2b). Por otro (Fig. No. 3) si se frota uno con piel y el otro con la seda, entonces se en mutuamente. Como ya lo hemos visto, al frotar los trozos de vidrio con eda pierden electrones, quedando con carga positiva. Al acercarse se len entre sí. Si una barra se frota con seda y otra con piel de conejo, una iere carga positiva y la otra carga negativa, al acercarse se observa que raen entre sí (Fig. No. 3).

Un péndulo eléctrico consiste en una pequeña esfera ligera revestida de ra metálica o recubierta de papel de estaño, la cual se suspende de un rte mediante un hilo delgado de seda. Al acercarse un cuerpo cargado se rva que la esferita es atraída (Fig. No. 4).

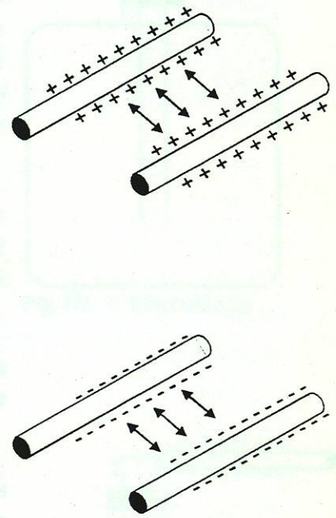


Fig. No. 2. Interacción entre cuerpos cargados. Cargas iguales se rechazan.

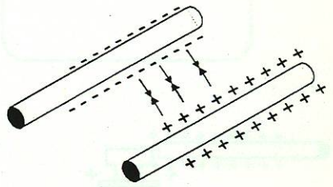


Fig. No. 3. Interacción entre cuerpos cargados. Cargas opuestas se atraen. Mediante este experimento y muchos otros se ha demostrado lo que con frecuencia se acostumbra denotar como la ley General de las Cargas.

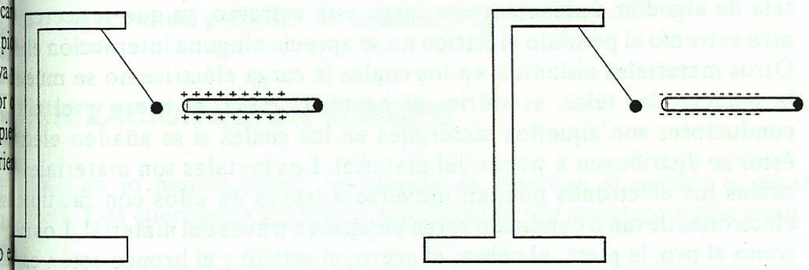
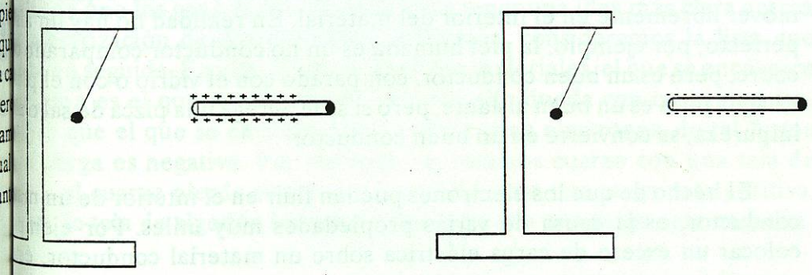


Fig. No. 4.

Si se toca con el cuerpo cargado la esfera, al acercar nuevamente el cuerpo fera se aleja (Fig. No. 5).



No. 5. Después de tocar la esferita, el cuerpo cargado la rechaza.

Esto se debe a que al tocar la esfera, si la barra de vidrio tenía carga negativas, le cede parte del exceso de electrones, quedando la esfera con carga negativa y al acercarse nuevamente la barra de vidrio, éstas (esfera y barra de vidrio) se repelen entre sí, puesto que tienen la misma carga eléctrica. Si la barra tiene carga positiva, es decir, deficiencia de electrones, entonces al tocar la esferita le extrae electrones, quedando la esferita con carga positiva. Al acercar nuevamente la barra a la esferita, se observa que se rechazan entre sí. En este experimento se verifica la Ley General de las Cargas y se observa que un cuerpo neutro se puede cargar al ponerlo en contacto con un cuerpo cargado.

MATERIALES CONDUCTORES, AISLANTES Y SEMICONDUCTORES

Los materiales se dividen en aislantes, conductores y semiconductores según sea el movimiento de la carga eléctrica en ellos. Un material es aislante si al colocar en él una carga eléctrica, ésta permanece en el lugar en el que se colocó. Por ejemplo, si frotamos el extremo de un peine de plástico con una tela de algodón, únicamente se carga este extremo, ya que si acercamos el otro extremo al péndulo eléctrico no se aprecia ninguna interacción eléctrica. Otros materiales aislantes, en los cuales la carga eléctrica no se mueve son la madera, las telas, el vidrio, el papel, la mica, el cuero y el aire. Los conductores son aquellos materiales en los cuales si se añaden electrones éstos se distribuyen a través del material. Los metales son materiales en los cuales los electrones pueden moverse a través de ellos con facilidad. Los electrones llevan o conducen carga eléctrica a través del material. Los metales como el oro, la plata, el cobre, el acero, el estaño y el bronce están entre los mejores conductores de electricidad.

En cuanto a su estructura, la diferencia entre un material conductor y un aislante es que en los conductores hay electrones móviles en su interior. Por ejemplo, los metales tienen una gran cantidad de electrones libres. En cambio en los materiales no conductores o aislantes no hay electrones que se puedan mover libremente en el interior del material. En realidad no hay un aislante perfecto, por ejemplo, la piel humana es un no conductor comparado con el cobre, pero es un buen conductor, comparado con el vidrio o con el plástico. El agua pura es un buen aislante, pero si se le agrega una pizca de sal o alguna impureza, se convierte en un buen conductor.

El hecho de que los electrones puedan fluir en el interior de un material conductor, es la causa de varias propiedades muy útiles. Por ejemplo, al colocar un exceso de carga eléctrica sobre un material conductor, éstas se moverán en constante separación, hasta que ya no se pueden mover más y quedan a la mayor distancia entre sí. No importa cuál sea la forma del material conductor, el exceso de carga eléctrica residirá sobre su superficie.

Los semiconductores son materiales que como el silicio y el germanio, cuya capacidad para conducir electricidad es intermedia entre los conductores y los aislantes. En estos materiales hay sólo una cantidad pequeña de electrones con libertad para moverse. El número de electrones libres en un semiconductor puede aumentarse grandemente añadiendo cantidades pequeñas de otros elementos. De esta forma, se puede crear un semiconductor con una conductividad deseada.

Para determinar si un material está cargado y de qué tipo es la carga que posee, se utiliza el electroscopio (Fig. No. 6), el cual está formado por un par de laminillas de oro o estaño unidas a una barra conductora. Tanto la barra como las laminillas están protegidas de las corrientes de aire.

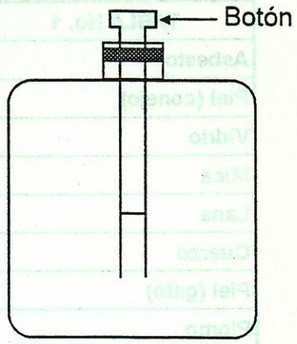


Fig. No. 6. Electroscopio.

Cuando se toca el botón con un cuerpo cargado negativamente, los electrones fluyen por la barra y hacia las laminillas, haciendo que éstas se separen, ya que ambas adquieren carga negativa Fig. No 7a.

Al tocar el botón con un cuerpo cargado positivamente, los electrones son atraídos desde las laminillas hasta el botón, y luego al cuerpo cargado positivamente. De esta forma, las laminillas quedan con carga positiva (deficiencia de electrones) y por ello se separan (Fig. No. 7b).

ELECTRIZACIÓN DE UN CUERPO

Como ya lo hemos dicho, un cuerpo se electriza al perder o ganar electrones. Los cuerpos se electrizan por fricción, por contacto o por inducción.

Un cuerpo se electriza por fricción con otro cuerpo. La energía que se produce de la fricción de un objeto con otro, puede ser suficiente como para remover electrones de un átomo. Al remover un electrón de un átomo neutro, éste queda con mayor carga positiva que negativa. A un átomo también se le puede añadir electrones. En la fricción entre dos materiales, los electrones que pierde uno los gana el otro cuerpo. Para tener una idea más clara acerca de la electrización de dos cuerpos por fricción, consideremos la lista que aparece en seguida. En ella, al seleccionar dos materiales, el que se encuentre por encima es el que pierde electrones, por ello queda con carga positiva, mientras que el que se encuentra por debajo gana electrones, de tal forma que su carga es negativa. Por ejemplo, si frotamos cuarzo con una tela de algodón, el cuarzo pierde electrones, quedando con una carga neta positiva, y tanto, la tela de algodón los gana, quedando con una carga neta negativa.

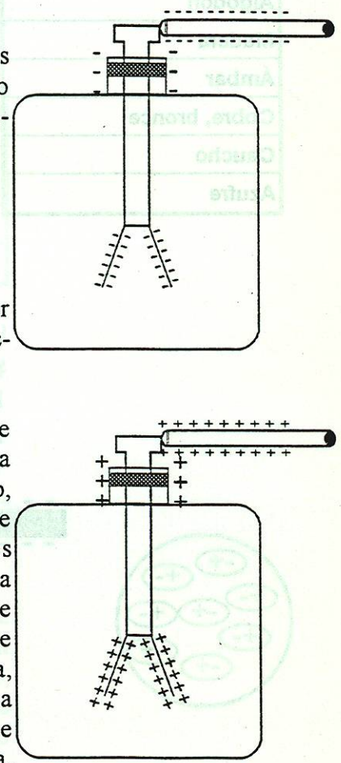
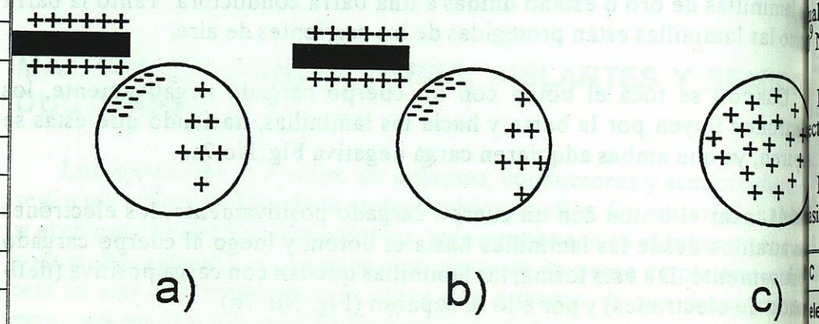


Fig. No. 7. Funcionamiento de un electroscopio.

TABLA No. 1
Asbesto
Piel (conejo)
Vidrio
Mica
Lana
Cuarzo
Piel (gato)
Plomo
Seda
Piel (Humana)
Aluminio
Algodón
Madera
Ámbar
Cobre, bronce
Caucho
Azufre

El frotamiento entre cualesquiera dos sustancias de la columna hace q la que aparece por encima quede con carga positiva, y con carga negativa que esté por debajo.

Un cuerpo se electriza por contacto, al tocarlo con otro cuerpo cargad Si un cuerpo con deficiencia de electrones, es decir con carga positiva, se po en contacto con un material conductor, atraerá parte de los electrones dicho cuerpo. Los electrones del material conductor son atraídos por cuerpo cargado, como se muestra en la figura No. 8. Después de separarl la esfera metálica queda con carga positiva.



a) El cuerpo cargado se acerca al material conductor. b) Los electrones son atraídos por e cuerpo cargado. c) Después de separarse los dos cuerpos, la esfera queda con carga positiva Los electrones que pierde la esfera son los que gana el otro cuerpo.

Un cuerpo se carga por inducción al acercarle otro ya electrizado. P ejemplo, si una barra de plástico cargada negativamente se acerca a un troz de papel en estado neutro o descargado; a medida que la barra se aproxim repele los electrones del papel hasta el lado más alejado del átomo. Así pue la capa superficial del papel más próxima a la barra cargada, tiene el lad positivo de los átomos, mientras la superficie más alejada tiene el lad negativo. Como la superficie positiva del papel está más cerca a la barra qu la superficie negativa, fuerza de repulsión menor a la de atracción la barra cargada atrae pedazo de papel. Cuand la barra electrizada aleja, la carga induci desaparece (Fig. No. 9).

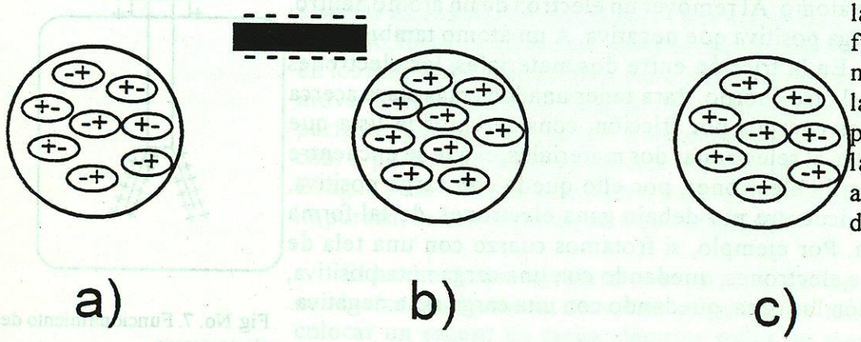


Fig. No. 9. a) Cuerpo neutro. b) Carga inducida por la presencia de un cuerpo cargado. Los cuerpos se atraen. c) Si se retira el cuerpo cargado el trozo de papel vuelve a ser neutro.

UANTIZACIÓN DE LA CARGA ELÉCTRICA

El estudio de las fuerzas electrostáticas se hizo antes de saber que los mos de los cuerpos contienen electrones y que éstos eran los causantes de carga eléctrica de los cuerpos. La medición de la carga eléctrica (cantidad electricidad) se efectuó a partir de las fuerzas y las distancias entre los rpos electrizados. Además, como la carga elemental del electrón es muy queña para ser tomada como unidad práctica, en vez de ella se ha adoptado ra medir las cargas eléctricas la unidad antigua, el coulomb (C). Esta unidad una carga tal que si se pudiera colocar a un metro de distancia de otra carga al, actuaría entre ellas una fuerza de nueve mil millones de newtons (9 x N).

Posteriormente se encontró que 1 C = 6.24×10^{18} veces la carga del ctrón, o bien carga del electrón = 1.60×10^{-19} C

Por otra parte, como el coulomb es una unidad de carga eléctrica desiado grande, es conveniente la utilización de los submúltiplos:

C	C	6.24×10^{18} electrones
lectrón	e	1.6×10^{-19} C
licoulomb	mC	10^{-3} C
crocoulomb	μC	10^{-6} C
nocoulomb	nC	10^{-9} C

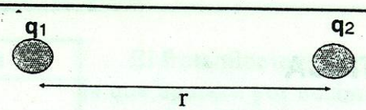
El coulomb (C) es la unidad de carga eléctrica en el Sistema Internacional) y en el cgs es la unidad electrostática de carga (ues) o estatcoulomb, de nde:

1 estatcoulomb = 1 ues = 2.08×10^{9} veces la carga del electrón

EY DE COULOMB

Charles Coulomb estudió las leyes que rigen la atracción y repulsión de cargas eléctricas puntuales en reposo. Se entiende por una carga puntual que tiene distribuída un cuerpo electrizado, cuyo tamaño es pequeño, mparado con la distancia que la separa del otro cuerpo cargado. Cuantificó fuerza de atracción o repulsión entre cargas eléctricas puntuales, llegando stablecer :

1. La fuerza (F) de atracción o de repulsión entre dos cargas puntuales, es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia (r) que las separa



$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

es decir , si la distancia entre las cargas eléctricas se aumenta al doble (2r) fuerza entre las cargas disminuye a 1/4 de la fuerza inicial (1/4F); si la distanc se aumenta al triple (3r), la fuerza disminuye a 1/9 de la fuerza inicial (1/9 etc.

2. La fuerza eléctrica entre dos cargas puntuales es directamente propo cional al producto de las cargas, lo cual se representa como

$$F \propto q_1 q_2$$

es decir, si la carga de uno se aumenta al doble digamos $2q_1$ y la ot (q_2) se incrementa al triple ($3q_2$), entonces F se incrementa a se veces su valor inicial (6F). Si cada una de las cargas se incrementa doble ($2q_1$ y $2q_2$) entonces la fuerza se incrementa a cuatro veces valor inicial (4F), etc.

De los resultados anteriores se tiene que

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

Para transformar esta relación en una igualdad, se cambia el signo proporcionalidad (a) por un signo de igualdad incluyendo una constante proporcionalidad, o sea

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

esta ecuación da tanto la magnitud de la fuerza que ejerce q_1 sobre q_2 com la fuerza que ejerce q_2 sobre q_1 siendo

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}$$

en donde e_o (letra griega épsilon) es la constante de permitividad en el vac y cuyo valor es igual a $\varepsilon_o = 8.854 \times 10^{-12}\frac{C^2}{Nm^2}$ de tal forma que

$$k = \frac{1}{4(3.1416)(8.854 \times 10^{-12}\frac{C}{Nm^2}}$$

El valor de la constante k en el Sistema Internacional (SI):

$$k = 9 \times 10^9 \frac{N m^2}{C^2}$$

en el cgs

$$k = 1\frac{dina\ cm^2}{ues^2}$$

almente, la Ley de Coulomb queda enunciada en los siguientes términos:

La magnitud de la fuerza eléctrica entre dos cargas puntuales es direc- lamente proporcional al producto de las cargas e inversamente propor- cional al cuadrado de la distancia entre ellas.

Las fuerzas eléctricas pueden ser de atracción o de repulsión. Cuando las gas son de signos iguales, la fuerza es de repulsión mutua, en cambio, ndo las cargas son de signos opuestos, la fuerza es de atracción. La fuerza á en la dirección que sigue la recta que une las cargas y su sentido depende fuerza es de atracción o de repulsión. La magnitud de la fuerza sobre una rga es igual a la magnitud de la fuerza sobre la otra carga, pero de sentido trario, como lo establece la Tercera Ley de Newton.

Como se podrá observar, se ha hecho referencia a la Ley de Coulomb y plicación a dos cargas eléctricas puntuales que se encuentran en el vacío. a ecuación es aplicable, con una muy buena aproximación a la interacción las cargas puntuales en el aire. Al estar en algún otro medio, el valor de la stante k cambia. Para los fines de este curso analizaremos la fuerza entre partículas cargadas, en el aire o en el vacío, en donde la constante.

emplo 1.
a carga positiva de 6 x 10^{-6}C se encuentra a 0.030 m de una segunda carga positiva de 3 x 10^{-6}C. a) Calcular la fuerza entre las cargas.
¿Cuál será la fuerza, si la segunda carga fuese negativa?

tos:
= 6 x 10^{-6}C.
= 3 x 10^{-6}C.
= 0.030 m = 3 x 10^{-2}m.

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

$$F = \left(9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}\right)\frac{(6 \times 10^{-6})(3 \times 10^{-6}C)}{(3 \times 10^{-2}m)^2}$$

$$F = 18 \times 10^1 N = 180 N$$

mo el signo es positivo, la fuerza es de repulsión, ya que las cargas son de signos iguales.

)- Si la segunda carga fuese negativa, la fuerza tendría la misma magnitud, pero sería e atracción, ya que las cargas serían de signos opuestos.