

El electricidad positiva y negativa : Al frotar una varilla; por ejemplo, una de vidrio, y se la deja suspendida de modo que oscile libremente, se observará que al acercarle otra varilla de vidrio frotada con la misma sustancia, se producirá una repulsión de las varillas.

En cambio, si se le acerca una varilla de ebonita frotada se producirá una atracción. Lo mismo se observará con diferentes sustancias: unas se atraerán otras se rechazarán. Esto nos dice que existen dos clases de electricidad que por convención se llama positiva a la que se produce en el vidrio frotado con seda y negativa a la que se produce en la ebonita frotada con seda. De la experiencia anterior se deduce que cuerpos cargados con electricidad de! mismo nombre se repelen y de distinto nombre se atraen.

Además al acercar a una varilla de vidrio electrizado otra varilla de vidrio que ha sido frotada con un pedazo de goma ('cámara' de auto) o de 'papel celofán' se verá que se repelen; en Cambio, si se acerca la goma o el papel se atraerán. Luego, 'al frotar dos cuerpos se electrizan ambos, pero con cargas de distinto signo.

Electroscopio : es un aparato que permite detectar la presencia de una carga electrostática, saber si un cuerpo está o no electrizado, como asimismo permite averiguar la clase de carga eléctrica que tiene un cuerpo electrizado.

Se basa en la acción recíproca de las cargas eléctricas El más fácil de construir se compone de una botella cuyo tapón de goma esta atravesado por una varilla metálica que termina en su extremo inferior en dos laminas muy livianas de papel de oro o de aluminio; en el otro extremo termina en una esferita metálica.

Al tocar La esfera con un cuerpo electrizado las laminas se cargan con electricidad del mismo nombre y, por lo tanto, se separan. Para descargar el electroscopio basta tocar la esfera con la mano, es decir se establece 'contacto con tierra' a través de nuestro cuerpo

Si a un electroscopio cargado positivamente se le acerca (sin tocarlo) otro cuerpo cargado también positivamente, las

láminas se separan más (acción entre cargas del mismo nombre) y si se acerca un cuerpo cargado negativamente las cargas se juntan.

Cuando los electroscopios están calibrados se llaman electrómetros. (Más adelante veremos que estos aparatos no sólo acusan la carga eléctrica de un cuerpo sino también el potencial de un conductor como asimismo la diferencia de potencial entre dos puntos por métodos electrostáticos).

El más sencillo se compone de una caja metálica unida a Tierra y de un tapón de sustancia aisladora atravesada por una varilla metálica provista de sólo una laminilla metálica que recorre una escala graduada.

Observaciones: 1) Se han ordenado las sustancias en la llamada 'serie triboeléctrica' en la cual al frotar dos de ellas la que está a la izquierda en la serie se carga positivamente y la que está a la derecha negativamente.

(+) Piel de conejo – vidrio – mica – lana – piel de gato – seda – algodón – madera – ámbar – algunos metales (Cu,Ni,Ag) – azufre – otros metales Au, Pt) – celuloide (-).

Así, el vidrio se carga negativamente al ser frotado con piel de conejo y positivamente con lana.

TEORIA ELECTRÓNICA:

Los antiguos filósofos griegos – como Leucipo y Demócrito – ya concibieron a los cuerpos formados por

pequeñas partes indivisibles llamadas átomos; esta creencia predominó durante muchos siglos.

La teoría actual sobre la estructura de la materia ha demostrado que el átomo es divisible y que está constituido por partículas pequeñísimas que se denominan protones (partículas cargadas positivamente), electrones (partículas con carga negativa) y neutrones (partículas sin carga eléctrica). Estas son las tres partículas fundamentales en la constitución de todo átomo, existiendo otras partículas que no es del caso mencionar en este momento.

Se considera al átomo como una especie de sistema solar en miniatura (un macrocosmos) en el cual la parte central es el núcleo del átomo que está formado por protones y neutrones; en torno al núcleo giran los electrones en trayectorias llamadas orbitas o capas electrónicas. (El núcleo corresponde al Sol de nuestro sistema solar y los electrones a los distintos planetas: Tierra, Marte, etc., que giran en diferentes órbitas en torno al Sol). La fuerza centrífuga de los electrones al girar en su órbita es contrarrestada por la fuerza de atracción de la carga positiva del núcleo y la negativa de los electrones. En estado normal el número de protones (cargas positivas) del núcleo es igual al número de electrones (cargas negativas); en estas condiciones se dice que el átomo es eléctricamente neutro,

El átomo más simple es el del hidrógeno cuyo núcleo está formado por un solo protón en torno al cual gira un solo electrón. El núcleo del resto de los elementos está formado por protones y neutrones. Después del H el átomo que le sigue en sencillez es el del helio cuyo núcleo tiene dos protones y dos neutrones en torno al cual giran dos electrones en la primera capa electrónica; el átomo del litio tiene dos electrones en la primera capa y uno en la segunda, pues la primera capa se completa con dos electrones; el carbono tiene un núcleo con seis protones y seis neutrones; tiene por lo tanto seis electrones que se distribuyen dos en la primera capa y cuatro en la segunda. La segunda capa se completa con ocho electrones y es lo que sucede en el neón. En el sodio existen once protones y doce neutrones en el núcleo y once electrones que se distribuyen dos en la primera capa, ocho en la segunda y uno en la tercera; así sucesivamente hasta llegar a los átomos más complejos.

La carga positiva del núcleo depende del número de protones y a este número se llama **número atómico**, equivale por lo tanto al número de electrones planetarios del átomo neutro. En cambio, la suma de los protones y neutrones del núcleo expresa lo que se llama **número de masa** = A.

Si el átomo es pequeño corra para medirlo directamente, muchísimo menor son las partículas atómicas que lo forman (protones, electrones y neutrones); sin embargo, ha sido posible hacer mediciones indirectas, obteniéndose resultados bastante exactos.

Así se sabe que la masa de un electrón es $9,1 \times 10^{-31}$ gramos y que la masa del protón es aproximadamente 1840 veces la del electrón. Como la masa del neutrón es casi igual a la del protón, significa que la masa del átomo está prácticamente concentrada en el núcleo. –

El átomo de hidrógeno que ha perdido su electrón planetario se convierte en protón (núcleo de hidrógeno) con una masa 1,0081 referida al oxígeno (que se toma por masa = 16) y una carga elemental positiva = + e.

Se le representa por **H**

Los neutrones tienen una masa 1,0085, sin carga eléctrica y se le representan por **n** Fueron descubiertos en 1932 por el inglés Chadwick y el matrimonio francés Joliot-Curié.

Los átomos de un mismo elemento químico pueden ser algunos más pesados que otros; esto se debe a que el número de neutrones que existen en el núcleo puede variar, no así el número de protones. Es decir, el número atómico es el mismo, pero varía el número de masa; a estos elementos se les llama **isótopos** y hay elementos que pueden tener uno o más isótopos. A esto se debe el hecho de que los elementos químicos no tengan una masa atómica entera, pues están constituidas por isótopos en proporción variable.

Los átomos que tienen sus capas electrónicas completas, por ejemplo: el helio, neón, argón, etc., son químicamente inactivos. En cambio, los átomos que tienen sus capas electrónicas incompletas pueden combinarse y unirse para formar moléculas, completándose las capas electrónicas. Por ejemplo, un átomo de sodio que tiene un electrón fácilmente desprendible de la tercera órbita electrónica se combina con un átomo de cloro captando el electrón cedido por el sodio, quedando ambos con orbitas electrónicas completas y forman una molécula de sal común NaCl. En general, 'las propiedades químicas de un elemento dependen de la estructura de la capa electrónica externa'.

Los electrones situados en las órbitas extremas de los átomos pueden ser desprendidos de ellas con relativa facilidad y se convierten en electrones libres. En cambio, los electrones situados en las órbitas internas son atraídos por el núcleo con una fuerza mucho mayor que a los electrones de las órbitas externas; por esta razón es muy difícil que los átomos se desprendan de los electrones de las capas u órbitas internas, llamándose por este motivo electrones 'fijos'.

Los fenómenos eléctricos se explican por el movimiento de los electrones libres entre los átomos; los electrones libres expulsados por un átomo son atraídos por otros átomos que han perdido electrones; debemos hacer notar que la pérdida de electrones libres por los átomos no produce en ellos ningún cambio en su estructura íntima, salvo el de adquirir una carga eléctrica positiva y tratará, por lo tanto, de recuperar los electrones perdidos, captando o atrayendo los electrones libres de otros átomos.

Cuando se frota dos cuerpos uno de ellos cede electrones al otro y por esta razón uno queda cargado positivamente y el otro negativamente. Diremos entonces que 'un cuerpo está cargado positivamente cuando ha perdido electrones y negativamente cuando ha captado electrones. El movimiento de los electrones libres de los átomos de un cuerpo se hace en cualquier dirección y por eso en el cuerpo neutro no hay ganancia ni pérdida de electrones. En cambio, cuando en el mismo cuerpo los electrones se desplazan en un sentido determinado de puntos en que hay un exceso de electrones a puntos en que hay un déficit de ellos, se produce una 'corriente eléctrica', (flujo de electrones). Por ejemplo:

1) el cuerpo A tiene carga negativa y el B positiva; al ponerlos en contacto por un conductor los electrones se desplazarán de A a B

2) el cuerpo C y el D tienen ambos carga negativa, pero la carga negativa del C es –mayor que la del D; al ponerlos en contacto por un conductor los electrones pasarán del C (más electrones) al D (con menos electrones).

3) el cuerpo E y el F están ambos cargados positivamente, pero el F con mayor carga positiva que el E. Al ponerlos en contacto los electrones se moverán del E (con menos carga positiva) al F, pues F ha perdido más electrones que E.

ELECTRIZAR UN CUERPO.

Un cuerpo podemos electrizarlo:

A) Por Frotamiento : Ya hemos visto que todos los cuerpos se electrizan por este método y que tanto el cuerpo frotado como el frotante se cargan eléctricamente, pero uno queda con carga positiva y el otro con igual carga negativa. Esto se debe a que el cuerpo que queda cargado positivamente ha perdido electrones que capta el que queda cargado negativamente.

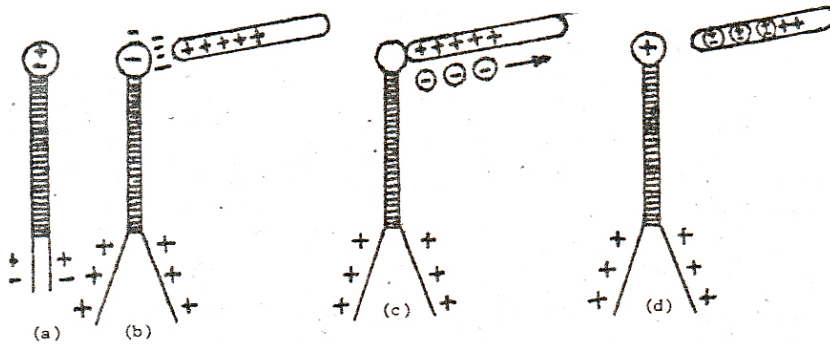
En los cuerpos sólidos son sólo los electrones los que pueden pasar de un cuerpo al otro, pues las cargas positivas del núcleo atómico si lo abandonan en caso de una desintegración atómica.

No podemos decir lo mismo de los cuerpos líquidos y de los gases en los cuales los núcleos atómicos pueden

trasladarse con relativa facilidad y por lo tanto en estos cuerpos puede haber transporte, tanto de cargas positivas como negativas, como lo veremos al estudiar la electrolisis y la descarga eléctrica en gases.

Un caso muy especial y no tan sencillo lo presentan los semiconductores (germanio, silicio, etc.) en los cuales el transporte es de "huecos " dejados por los electrones; es la base del transistor.

B) Por Contacto : Un cuerpo aislado, por ejemplo, un electroscope, un péndulo eléctrico , etc. puede ser cargado con sólo tocarlo con otro cuerpo previamente electrizado (por ej. una varilla de vidrio o de ebonita electrizada).



En la figura se representa un electroscope descargado (en estado neutro). Al acercarle una varilla cargada positivamente tal como se indica en b), los electrones del electroscope son atraídos hacia su esferita por la carga positiva de la varilla con lo cual se produce en las laminillas, un déficit de electrones, es decir se cargan positivamente, produciéndose de esta manera la separación de las laminillas. Si ahora se toca la esferilla con la varilla los electrones atraídos hacia la esferilla pasarán a la varilla donde neutralizarán algunas cargas positivas de ellas tal como se indica en c). Finalmente al retirar la varilla el electroscope quedará cargado positivamente por haber perdido electrones; en cambio la varilla quedará con menos carga positiva que al principio (a).

Del mismo modo, se observa que al acercar una varilla con carga negativa a la esferita del electroscope, alguno de los electrones de éste son rechazados hacia sus laminillas, produciendo su separación. Al tocar la esferita con la varilla electrizada algunos electrones pasarán a la esferita que había quedado con déficit de electrones. Al retirar la varilla el electroscope quedará con carga negativa (exceso de electrones).

C) Electrización por inducción o influencia : Al acercar sin tocar, una varilla cargada negativamente a un electroscope, los electrones de éste, son rechazados a las

laminillas, como ya vimos antes. Pero si

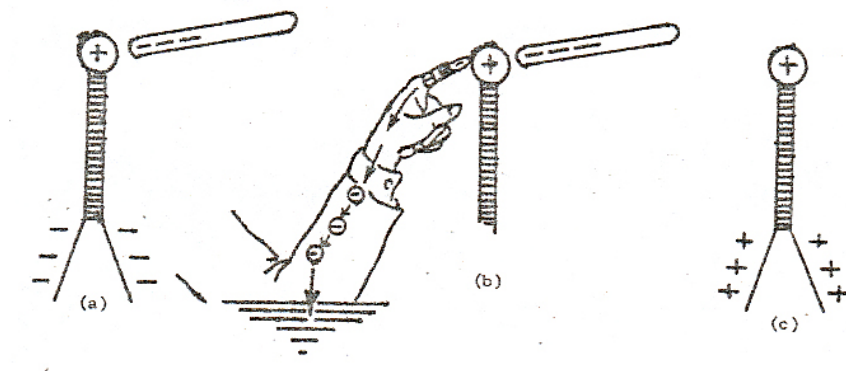
ahora, manteniendo la varilla inductora sin

tocar al electroscope tocamos la esferita con un dedo los electrones

rechazados se escaparán a tierra' a través de nuestro cuerpo. Sí finalmente retiramos primero nuestro dedo y después la varilla inductora el electroscope quedará cargado positivamente por haber perdido electrones.

Si en vez de una varilla con carga negativa acercamos una con carga positiva, al tocar la esferita con nuestra mano los electrones son atraídos desde la tierra hacia el electroscope.

De este modo, al retirar la mano,, el electroscope quedará con carga negativa debido a un exceso de electrones.



DISTRIBUCION DE LAS CARGAS ELECTRICAS EN UN CUERPO

Ya sabemos que las cargas del mismo nombre se repelen tratando de separarse lo más posible. Por eso las cargas eléctricas de los cuerpos tratan de acumularse en la superficie exterior de los cuerpos conductores y de ellos eligen de preferencia las puntas.

Para demostrar esto es costumbre en nuestros laboratorios realizar las experiencias siguientes:

a) cilindro de Faraday;

b) jaula de Faraday;

c) molinete eléctrico;

d) viento eléctrico, etc.

a) En un cilindro hueco y aislado se coloca, tanto exteriormente como interiormente algunos péndulos eléctricos. Al cargar eléctricamente el cilindro se ve que sólo los péndulos de la parte exterior acusan la presencia de una carga eléctrica en ella. En cambio, los péndulos de la parte interior no se mueven.

b) Sobre una plataforma aislada se coloca una jaula de alambre (como las antiguas queseras) tanto interior como exteriormente se cuelgan péndulos (o bien se usan electros copios). Al cargar eléctricamente la jaula solo los péndulos exteriores se mueven (o las laminillas del electroscopio comunicado con la parte exterior), Esto se llama efecto jaula".

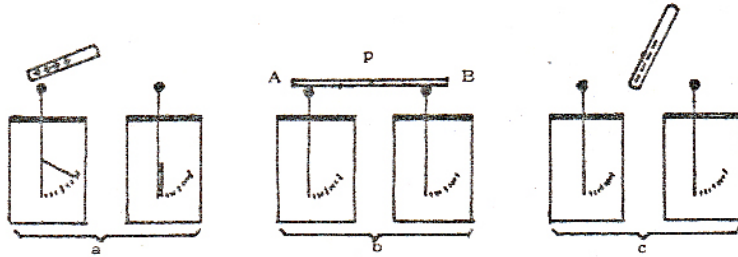
c) Al cargar el molinete este se pondrá a girar en sentido contrario al de sus puntas debido a la reacción que se produce al perder este cuerpo su carga por las puntas. La descarga debido al 'efecto punta' se llama descarga por convección' que la veremos aplicada en algunas máquinas electrostáticas, en el pararrayos, etc.

d) Al suministrarle a una punta metálica P aislada una carga eléctrica, ésta tratar de escaparse por la punta lo que desviará la llama de una vela produciendo el mismo efecto que al soplarla: De ahí que se llame "viento eléctrico".

e) Se deja que salga un hilillo de agua por la llave; al acercarle un cuerpo electrizado, por ej. una regla de plástico, el chorrito es notablemente desviado.

f) A una cápsula con ceniza de cigarrillo o sémola azúcar granulada se acerca una regla de plástico u otro cuerpo electrizado. ¿Que observa?.

Problema 1.

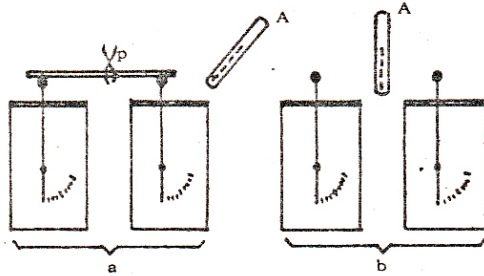


En a) se han colocado dos electrodiscopios de los cuales sólo el primero se carga positivamente por contacto.

En b) se ponen en contacto los dos electrodiscopios por medio de un alambre o una regla metálica tomad a con una pinza aisladora P (u otra forma de tornarla aisladamente). ¿Qué sucede? Marque en fig. b); como quedan los electrodiscopios si en seguida se quita el alambre sin tocarlo directamente.

En c) el alambre ya se quitó. ¿Que se observa con las hojuelas de los electrodiscopios si se acerca a ambos un cuerpo cargado negativamente? ¿Y si se acerca una varilla cargada positivamente?

Problema 2



En a) se han conectado por medio de un alambre las esferas de dos electrodiscopios descargados. Se acerca (sin tocar) a uno de ellos una varilla. A electrizada, por ej. negativamente. Indique lo que sucede.

En seguida, sin retirar la varilla A se quita el alambre tomándolo de la pinza aisladora P. ¿como quedan las laminillas de los electrodiscopios?

En b) La varilla electrizada A se sitúa entre los dos electrodiscopios. ¿Que se observa en las laminillas? ¿ Que conclusión se obtiene de este experimento en cuanto a las cargas eléctricas de un cuerpo?

Observaciones: La razón que existe entre la carga eléctrica y la superficie que la contiene se llama densidad eléctrica. Designando por q la carga eléctrica y por S la superficie, la densidad eléctrica es :

$$D = \frac{q}{s}$$

s

Según esto, en cualquier punto de una esfera cargada existe la misma densidad eléctrica. En cambio, en las puntas de los cuerpos cargados existe una gran densidad eléctrica por ser su superficie muy pequeña y su carga grande. Luego, podemos decir que la descarga por convección se produce en las puntas pues allí existe una gran densidad eléctrica.

2) Por ahora diremos que la carga eléctrica en el Sistema MKS se mide en coulomb y que 1 coulomb es la carga eléctrica equivalente a la de $6,25 \times 10^{18}$ electrones o de protones. Es decir- 1 coulomb de carga negativa equivale a la carga de $6,25 \times 10^{18}$ electrones, o bien, 1 coulomb de carga positiva equivale a la carga de $6,25 \times 10^{18}$ protones,

3) De lo anterior se deduce que la carga de un electrón es

_____1_____ coulomb (=) $1,6 \times 10^{-19}$ coulomb de carga negativa.

$6,25 \times 10^{18}$ Designando al electrón por e^- y al coulomb por c , se puede escribir

4) La unidad MKS de densidad eléctrica será, por lo tanto,

el coulomb

m

MAQUINAS ELECTROSTATICAS.

Son aparatos destinados a proporcionar en forma rápida Y cómoda cargas eléctricas en reposo. Las hay algunas muy sencillas, como el electróforo de Volta (de importancia sólo histórica) hasta los muy complicados generadores como el de van de Graaff de uso en física nuclear.

Máquina de frotamiento: Está compuesta especialmente de un disco de vidrio provisto de una manilla, de un par de almohadillas A unidas a tierra, que aprisionan al disco y de una horquilla H provista de puntas dirigidas hacia el vidrio, pero sin tocarlo (tal como se indica en b, mirada la máquina de perfil y desde arriba). Finalmente, la horquilla está unida a un cuerpo conductor C aislado que generalmente es una esfera metálica y recibe el nombre de colector.

Al girar el disco, en el sentido que indica la flecha, se cargará positivamente y las almohadillas negativamente; las cargas negativas que adquieren las almohadillas se van a tierra por estar comunicadas con ella. Como el vidrio perdió electrones (se los cedió a las almohadillas) tratar de recuperarlos del colector cuyos electrones se acumularán en las puntas de los peines de los cuales – por convección e influencia – pasarán al vidrio neutralizando su carga positiva. De este modo el colector irá perdiendo cada vez mayor número de electrones, es decir, adquiere cada vez una mayor carga positiva.

Si se acerca nuestro dedo al colector o se le toca se producirá su descarga por medio de una chispa cuya intensidad depende de la carga acumulada (son los electrones proporcionados ahora por la tierra a través de nuestro cuerpo los que neutralizan la carga positiva del colector).

Generador de banda de van de Graaff: Hacia 1930 el físico norteamericano van de Graaff ideó y desarrolló este generador de banda que fue de gran utilidad, en ese entonces, para las investigaciones de la física atómica al obtenerse altas tensiones eléctricas con una intensidad relativamente muy débil.

Explicaremos el modelo sencillo que ya es común en nuestros liceos y que proporciona la casa Phywe (Gittingen, Alemania).

Este modelo 'tipo van de Graaff' es de auto- excitación y esencialmente se compone de las siguientes partes: un cilindro metálico a está comunicado por medio de una banda transportadora de goma b (en el original es de seda) a otro cilindro excitador aislado c de plexiglass'. En la parte superior existe una especie de 'jaula de Faraday' aislada d y provista de una corrida de peines metálicos unidos a tierra. Además, para hacer rotar el cilindro metálico se dispone de una manilla o de un pequeño motor eléctrico. Al girar el cilindro motor en el

sentido indicado por las flechas la banda de goma se 'despega' en P del cilindro excitador de plexiglass lo que deja a este cilindro con carga positiva y a la banda de goma con carga negativa. Esta carga negativa se adhiere a la banda de goma que desciende y por "efecto punta" (influencia o inducción) se va a tierra cuando pasa frente a las puntas del peine metálico n. La banda de goma que asciende ha perdido electrones que recuperará el conductor metálico m.

De este modo, en el conductor d se producirá un exceso de cargas positivas que aumentan cada vez más a medida que gira la banda de goma. La tensión eléctrica que se puede alcanzar con esta máquina depende de la aislación y de la resistencia eléctrica del aire.

Observaciones:

- 1) Tanto la máquina de frotan, lento como el generador de banda a veces no funcionan, sobre todo si el aire atmosférico está muy húmedo. En este caso haga lo siguiente, a) con un paño seco trate de sacar el polvo y la humedad adherida a las partes metálicas de la máquina, b) ponga la máquina algunos minutos al Sol o a falta de éste colóquela cerca de una estufa (15 minutos).
- 2) Para hacer las experiencias indicadas , una con un alambre o una cadena el 'colector' o la 'jaula" de 'la máquina correspondiente con el cilindro de Faraday, el molinete, etc. , y muchas otras experiencias son fáciles de realizar con ellas, por ejemplo: pararle los pelos de la cabeza a un alumno colocado aisladamente sobre un piso y con una mano tocando el colector; encender el mechero de gas con solo acercarle un dedo, etc.

Ley de Coulomb: Ya hemos visto que las cargas eléctricas se atraen cuando son contrarias y se repelen cuando son de la misma clase. Pero tanto si se atrae no se repelen lo hacen con cierta fuerza cuyos factores de dependencia fueron determinados cuantitativa y experimentalmente por Coulomb (francés 1736–1806), en 1780. Demostró que: 'la fuerza que actúa entre dos cargas eléctricas puntuales es proporcional al producto de las cargas e inversamente Proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas'. Algebraicamente se expresa esta ley por la fórmula—.

O.....O

.q r q

$$F = K \frac{q * q}{r^2}$$

r

En esta formula K es una constante de proporcionalidad que depende del sistema de unidades empleado; en el sistema CGS se toma $K = 1$ y en el sistema MKS es $K = 9 * 10^9$ Luego, la ley de Coulomb en el vacío y usando las unidades cgs, o u. e.s. (unidades electrostáticas queda expresado por:

$$F = \frac{q * q}{r^2} \text{ (dinas)}$$

r

Si se usan las unidades prácticas del sistema MKS, se obtiene:

$$F = 9 * 10^9 \frac{q * q}{r^2} \text{ (newton)}$$

r

Con la ayuda de estas fórmulas podemos definir la unidad de carga eléctrica en estos sistemas.

En el sistema cgs la unidad de carga eléctrica es el STATCOULOM = stc que es la carga eléctrica capaz de actuar en el vacío sobre otra igual con la fuerza de 1 dina estando a la distancia de 1 cm (Se trató de llamar 'franklin' a esta unidad, pero esto no prosperó).

Análogamente, la unidad práctica de carga eléctrica en el sistema MKS es el coulomb = c que 'es la carga eléctrica capaz de actuar en el vacío sobre otra igual con la fuerza de $9 \cdot 10^9$ newton estando a la distancia de 1 metro'.

OBSERVACIONES:

Más adelante veremos que el coulomb se define por relaciones electrodinámicas como 'la carga eléctrica que atraviesa en 1 segundo una sección dada de conductor que lleva una corriente de un amperio'.

2) La ley de Coulomb se cumple bajo las siguientes condiciones:

a) Que las cargas sean puntuales, o bien, que las dimensiones físicas de los cuerpos que tienen carga eléctrica sean despreciables en relación a la distancia r que las separa. Así, esta ley, no puede aplicarse a los protones del núcleo atómico, pero sí entre los protones del núcleo y los electrones planetarios;— (dentro del núcleo rige una ley mucho más compleja, pues de lo contrario los protones del núcleo se arrancarían de él),

b) El medio debe ser isótropo, es decir que su comportamiento físico sea el mismo en todas las direcciones. Por ejemplo: el vacío es un medio isótropo.

c) El medio debe ser homogéneo, es decir que presente la misma densidad en una zona que en otra. Por ejemplo el aire encerrado en un globo.

d) El medio debe ser infinitamente extendido esto quiere decir que las cargas eléctricas deben estar suficientemente separadas del medio circundante como paredes, otras cargas, etc.

3) También la ley de Coulomb se expresa por la fórmula:

$$F = \frac{q \cdot q}{k r^2}$$

donde

en la cual K es una constante de proporcionalidad característica del medio y que se llama 'constante dieléctrica'. En el sistema cgs la constante dieléctrica del vacío vale $K = 1$ y en el sistema MKS vale

$$K = \frac{1}{9 \cdot 10^9}$$

donde

Con estos valores se obtienen las mismas fórmulas dadas anteriormente

$$F = \frac{q \cdot q}{r^2} \text{ (dinas)} \text{ o } F = \frac{1}{9 \cdot 10^9} \frac{q \cdot q}{r^2} \text{ (newton)}$$

donde

Estas fórmulas son válidas cuando el medio es el aire de constante dieléctrica casi igual al vacío.

4) En el sistema, a MKS racionalizado, se elige por comodidad como constante el valor $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ por eso en algunos textos aparece como ley de *Coulomb* la expresión.

4 "

La constante es característica del medio y se llama constante dieléctrica o permitividad del medio. La permitividad del aire en condiciones normales puede considerarse igual a la del vacío = "0

XIII