

UNIDAD DIDÁCTICA 7

MATERIA Y ELECTRICIDAD



1.- La electricidad a través de la historia

Hacia el año 600 AC, el filósofo griego **Tales de Mileto** observó que frotando una varilla de ámbar con una piel o con lana, se podía crear pequeñas cargas, que atraían pequeños objetos. También habían observado que si la frotaban mucho tiempo podían causar la aparición de una chispa. Los griegos denominaron a este fenómeno **electricidad**.

Hace cuatrocientos años **William Gilbert**, posteriormente médico de la reina Isabel I de Inglaterra, publicó su gran estudio del magnetismo, "De Magnete" ("Sobre el Magneto"). Dando la primera explicación racional de la rara habilidad que tiene la aguja del imán de apuntar hacia el norte: la propia Tierra era magnética. "De Magnete" abrió la era de la física y astronomía modernas y comenzó un siglo marcado por los grandes descubrimientos de **Galileo**, **Kepler**, **Newton** y otros. Gilbert descubrió que muchos materiales se comportaban de manera parecida al ámbar cuando eran frotados y, por ello, los llamó **eléctricos**.

Charles François de Cisternay du Fay (París, 1698 - 1739) fue un físico francés, superintendente de los jardines reales. De familia prominente con influencia en ambientes militares y eclesiásticos, su padre le consiguió el nombramiento de químico adjunto en la Academie des Sciences.

Aún sin tener una formación científica Du Fay pronto destacó en sus experimentos sobre la electricidad, realizando varios descubrimientos cruciales: entre ellos, la existencia de **cargas de distinto signo** (que llamó vítrea y resinosa, actualmente denominadas **positiva y negativa**), la existencia de cuerpos **conductores** y **aislantes**, y la **fuerza de repulsión** existente entre cuerpos cargados con electricidad del mismo signo.

La afición de **Benjamin Franklin** por los temas científicos comenzó a mediados de XVII, y coincidió con el comienzo de su actividad política. Estuvo claramente influenciado por científicos coetáneos como **Isaac Newton**, o **Joseph Addison** (especialmente sus obras Ensayo sobre el entendimiento de Locke y El espectador). En 1743 es elegido presidente de la Sociedad Filosófica Americana.

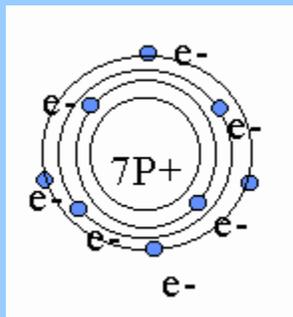
A partir de 1747 se dedica principalmente al estudio de los **fenómenos eléctricos**. Enunció el **Principio de conservación de la electricidad**. De sus estudios nace su obra científica más destacada, Experimentos y observaciones sobre electricidad. En 1752 lleva a cabo en Francia su famoso experimento con la cometa. Ató una cometa con esqueleto de metal a un hilo de seda, en cuyo extremo llevaba una llave también metálica. Haciéndola volar un día de tormenta, confirmó que la llave se cargaba de electricidad, demostrando así que las nubes están cargadas de electricidad y los rayos son descargas eléctricas. Gracias a este experimento creó su más famoso invento, el pararrayos. A partir de ahí, se instalaron por todo el estado (había ya 400 en 1782), llegando a Europa en la década de los '60. Presentó la teoría del fluido único para explicar los dos tipos de **electricidad atmosférica, la positiva y la negativa**, a partir de la observación del comportamiento de las varillas de ámbar, o del conductor eléctrico, entre otros.

Los fenómenos observados por **Cisternay du Fay** y por **Franklin** se deben a lo que se denomina electricidad estática (cargas eléctricas en reposo), que se explica a su vez por la naturaleza eléctrica de la materia.

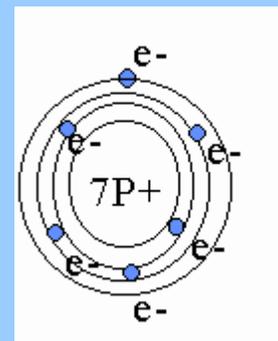
Hay dos tipos de carga eléctrica, la positiva y la negativa. Dos cargas eléctricas del mismo signo (las dos positivas o las dos negativas) se repelen. Por el contrario, si las dos cargas eléctricas son de distinto signo (una positiva y la otra negativa), habrá atracción entre ellas.

Las cargas eléctricas se explican a partir de la estructura atómica de la materia. La carga positiva la llevan los protones y la negativa los electrones. Si un cuerpo está cargado positivamente es por tener un exceso de protones; es decir, como lo que se mueve suelen ser los electrones, por tener menos electrones que protones. Por otro lado, si un cuerpo está cargado negativamente es por tener más electrones que protones. Los cuerpos sin carga son aquellos que tienen el mismo número de protones que de electrones.

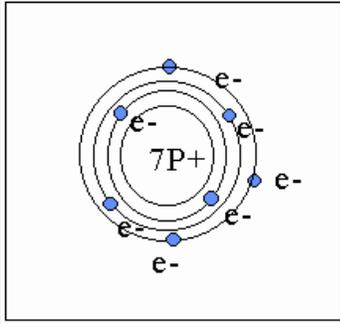
átomo con carga negativa



átomo con carga positiva



átomo eléctricamente neutro



Puedes obtener más información sobre la historia de la electricidad pinchando [aquí](#).



2.- Electrización de la materia

La materia por defecto es **eléctricamente neutra**. Un cuerpo se encuentra cargado cuando ha perdido o ganado electrones, de manera que algunos átomos ya no tienen el mismo número de electrones que de protones y por tanto se denominan **iones**. Un átomo se cargará positivamente si pierde electrones y se cargará negativamente si gana electrones.

2.1.- Unidades de carga eléctrica

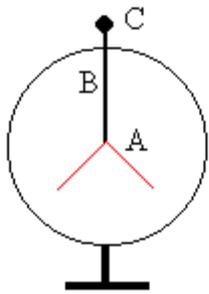
Las cargas eléctricas se detectan mediante un **electroscopio** o **péndulo eléctrico**. La carga eléctrica o cantidad de energía, **Q**, es una magnitud que se puede medir. Por definición, los electrones tienen carga -1, también notada **-e**. Los protones tienen la carga opuesta, +1 o **+e**. En el **Sistema Internacional de Unidades** la unidad de carga eléctrica se denomina **culombio** (símbolo **C**). Se define como la cantidad de carga que pasa por una sección en 1 segundo cuando la corriente eléctrica es de 1 amperio, y se corresponde con la carga de $6,25 \times 10^{18}$ electrones aproximadamente. Por tanto, la carga de un electrón equivale a $1,6 \times 10^{-9}$ C.

2.2.- Métodos de electrización

Cargar o electrizar un cuerpo consiste en conseguir que el número de electrones de algunos de sus átomos no sea igual al número de protones.

Existen dos métodos fundamentales para cargar un cuerpo: por contacto y por inducción o frotamiento.

Para el estudio de la electrización se emplean dos instrumentos muy útiles, el péndulo eléctrico y el electroscopio.



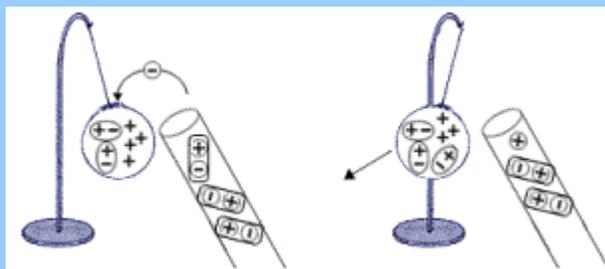
El **electroscopio** consta de dos láminas delgadas de oro o aluminio A que están fijadas en el extremo de una varilla metálica B que pasa a través de un soporte C de ebonita, ámbar o azufre. Cuando se toca la bola del electroscopio con un cuerpo cargado, las hojas adquieren carga del mismo signo y se repelen siendo su divergencia una medida de la cantidad de carga que ha recibido. La fuerza de repulsión electrostática se equilibra con el peso de las hojas.



Un **péndulo eléctrico** consiste de una esfera de médula de saúco sostenida por un soporte con un hilo de seda aislante.

Electrización por contacto:

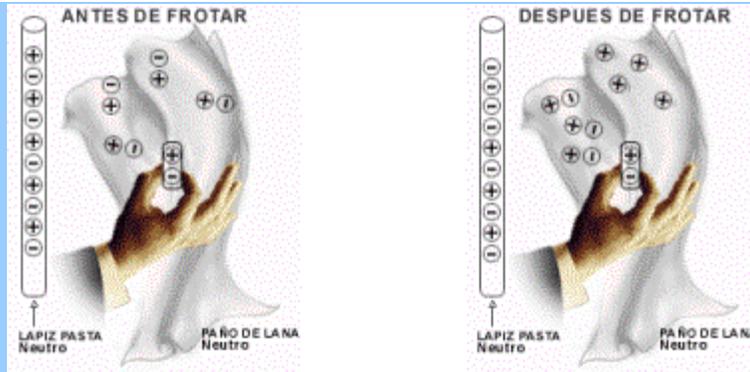
Cuando un cuerpo cargado se pone en contacto con otro, la carga eléctrica se distribuye entre los dos y, de esta manera, los dos cuerpos quedan cargados con el mismo tipo de carga.



La figura muestra un electroscopio. Al tocar con un cuerpo cargado la esfera superior, la carga penetra hasta las láminas, éstas al adquirir la misma carga se repelen y se separan.

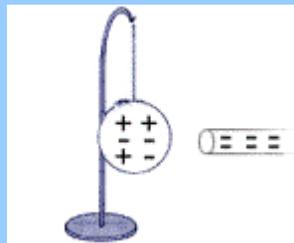
Electrización por frotamiento:

Al frotar un cuerpo fuertemente con un paño, este se carga positiva o negativamente dependiendo de su tendencia a perder o ganar electrones respectivamente. Por ejemplo al frotar una barra de vidrio, ésta se cargará positivamente.

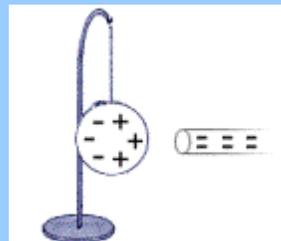


Electrización por inducción:

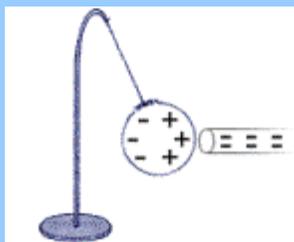
Un cuerpo cargado eléctricamente puede atraer a otro cuerpo que está neutro. Cuando acercamos un cuerpo electrizado a un cuerpo neutro, se establece una interacción eléctrica entre las cargas del primero y el cuerpo neutro.



Como resultado de esta relación, la redistribución inicial se ve alterada: las cargas con signo opuesto a la carga del cuerpo electrizado se acercan a éste.



En este proceso de redistribución de cargas, la carga neta inicial no ha variado en el cuerpo neutro, pero en algunas zonas está cargado positivamente y en otras negativamente



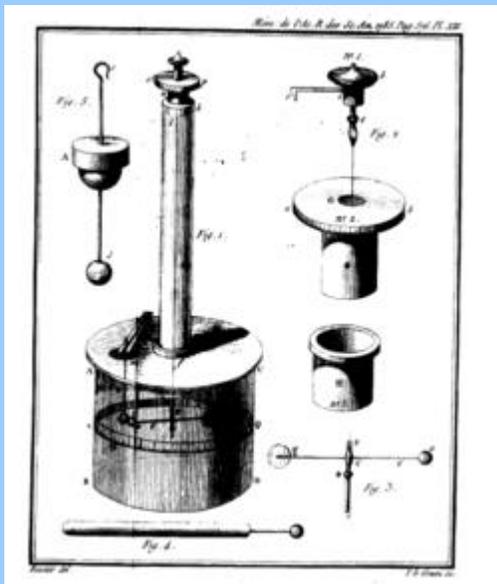
Decimos entonces que aparecen cargas eléctricas inducidas. Entonces el cuerpo electrizado induce una carga con signo contrario en el cuerpo neutro y por lo tanto lo atrae.



3.- Fuerzas entre cargas eléctricas. Ley de Coulomb

La Ley de Coulomb lleva su nombre en honor a **Charles-Augustin de Coulomb**, uno de sus descubridores y el primero en publicarlo. No obstante, Henry Cavendish obtuvo la expresión correcta de la ley, con mayor precisión que Coulomb, si bien esto no se supo hasta después de su muerte.

Coulomb estudió en detalle las fuerzas de **interacción** entre partículas con carga eléctrica, haciendo referencia a cargas puntuales (aquellas cargas cuya magnitud es muy pequeña respecto a la distancia que los separa).



Balanza de torsión de Coulomb

Este notorio físico francés efectuó mediciones muy cuidadosas de las fuerzas existentes entre cargas puntuales utilizando una balanza de torsión similar a la usada por **Cavendish** para evaluar la ley de la gravitación universal.

La balanza de torsión consiste en una barra que cuelga de una fibra. Esta fibra es capaz de torcerse, y si la barra gira la fibra tiende a regresarla a su posición original. Si se conoce la fuerza de torsión que la fibra ejerce sobre la barra, se logra un método sensible para medir fuerzas.

En la barra de la balanza, Coulomb, colocó una pequeña esfera cargada y, a continuación, a diferentes distancias, posicionó otra esferita con carga de igual magnitud. Luego midió la fuerza entre ellas observando el ángulo que giraba la barra.

Dichas mediciones permitieron determinar que:

1) La **fuerza de interacción** entre dos cargas q_1 y q_2 duplica su magnitud si alguna de las cargas dobla su valor, la triplica si alguna de las cargas aumenta su valor en un factor de tres, y así sucesivamente. Concluyó entonces que **el valor de la fuerza era proporcional al producto de las cargas**:

$$F \propto q_1 \quad \text{y} \quad F \propto q_2$$

en consecuencia:

$$F \propto q_1 q_2$$

2) Si la distancia entre las cargas es r , al duplicarla, la fuerza de interacción disminuye en un factor de 4; al triplicarla, disminuye en un factor de 9 y al cuadruplicar r , la fuerza entre cargas disminuye en un factor de 16. En consecuencia, **la fuerza de interacción entre dos cargas puntuales, es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia**:

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

Asociando las relaciones obtenidas en 1) y 2):

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

Finalmente, se introduce una constante de proporcionalidad para transformar la relación anterior en una igualdad:

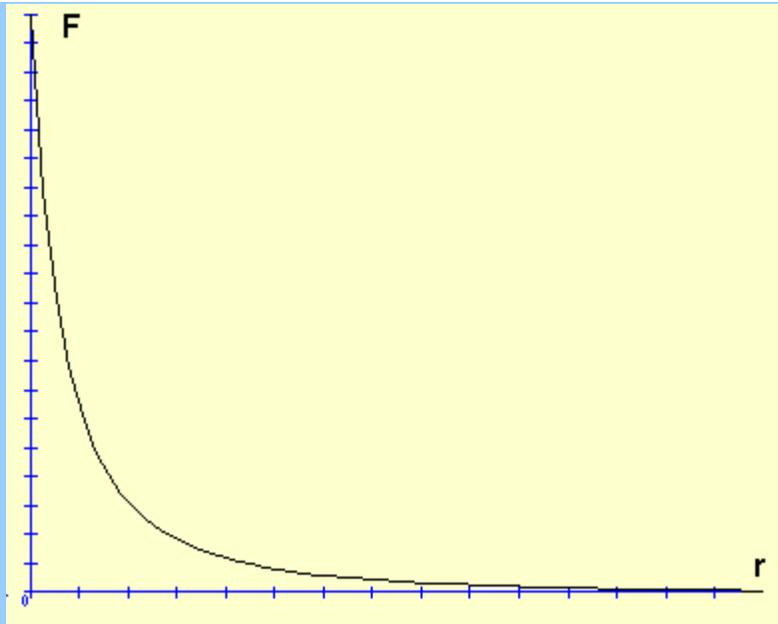
$$F = \kappa \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

La **fuerza electrostática** depende del medio en que estén situadas las cargas eléctricas; por ello, hubo que introducir la constante k , llamada **constante de Coulomb**. En el vacío esta constante vale:

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

Enunciado de la Ley de Coulomb:

"La magnitud de cada una de las fuerzas eléctricas con que interactúan dos cargas puntuales es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa"



Variación de la fuerza de Coulomb en función de la distancia

Puedes obtener más información sobre la Ley de Coulomb [aquí](#).



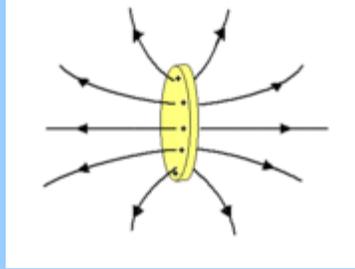
4. Campo eléctrico

Todos los cuerpos cargados modifican las propiedades del espacio en una zona próxima a ellos. Esa zona constituye un **campo eléctrico**.

La **intensidad de campo eléctrico**, E , en un punto es la fuerza que actuaría sobre una hipotética carga positiva de un culombio que estuviera en dicho punto. La intensidad de campo eléctrico se mide en **newton por metro**, N/C :

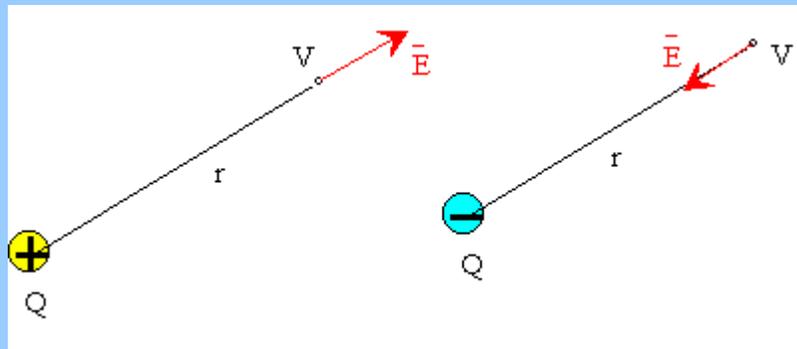
$$E = F/Q'$$

El **campo eléctrico** se representa gráficamente mediante **líneas de fuerza**.



Campo eléctrico creado por una moneda positiva

Las **líneas de fuerza** del campo creado por una carga **positiva** son **salientes**. Las **líneas de fuerza** del campo creado por una carga **negativa** son **entrantes**.



Líneas de campo de una carga positiva y de una carga negativa

Puedes obtener más información sobre el campo eléctrico [aquí](#)

Potencial y diferencia de potencial.

El **potencial eléctrico**, V , de un punto del campo de trabajo, W , que hay que realizar para transportar la unidad de carga positiva desde el infinito hasta dicho punto:

$$\text{potencial eléctrico} = \text{trabajo/carga} \quad V=W/Q'$$

La unidad de potencial eléctrico en el SI es el **julio por culombio** (J/C), que se denomina **voltio**, V .

Un punto tiene un **potencial** de **un voltio** si se realiza un trabajo de **un julio** para transportar un **culombio** de carga positiva desde el infinito a dicho punto.

La **diferencia de potencial (ddp)**, V_{AB} , entre dos puntos cualesquiera de un campo eléctrico, A y B , es el trabajo que hay que realizar para desplazar la unidad de carga eléctrica positiva de B hasta A .

Puedes obtener más información sobre el potencial y la diferencia de potencial [aquí](#).



5.- Electricidad en movimiento

La **corriente eléctrica** es el desplazamiento continuo de electrones.

Conductores y aislantes

Debido a que la estructura de los materiales difiere notablemente de unos a otros, no todos los cuerpos permiten el paso de la corriente eléctrica con la misma facilidad.

A los que menor oposición presentan se les denomina **materiales conductores**. Entre ellos, destacan el oro y la plata; pero su elevado precio hace que sólo se empleen en aparatos electrónicos de precisión. Los materiales comúnmente empleados son el cobre y el aluminio. Son peores conductores pero muchísimo más económicos.

La experiencia nos enseña que hay ciertos materiales que se oponen casi totalmente al paso de corriente eléctrica. Estos reciben el nombre de **materiales aislantes**. Buenos ejemplos de aislante son la madera, el plástico, el papel, la porcelana, los barnices aislantes, etc. Obsérvese que se ha dicho que estos materiales se oponen "casi totalmente" al paso de la corriente eléctrica, queriendo con ello resaltar que aun sin favorecer el paso de electrones, en ciertas condiciones "especiales", no existen materiales aislantes. No obstante, se consideran materiales no conductores, o sea, aislantes en condiciones normales



El interior del cable es el conductor y la envoltura exterior es el aislante



