

Electrostática

A comienzos y principios del siglo XVII comienzan los primeros estudios sobre la electricidad y el magnetismo orientados a mejorar la precisión de la navegación con brújulas magnéticas. El físico real británico William Gilbert utiliza por primera vez la palabra electricidad del griego *elektron* (ámbar). El jesuita italiano Niccolò Cabeo analizó sus experimentos y fue el primero en comentar que había fuerzas de atracción entre ciertos cuerpos y de repulsión entre otros.

Historia

Alrededor de 1672 el físico alemán Otto von Guericke construye la primera máquina electrostática capaz de producir y almacenar energía eléctrica estática por rozamiento. Esta máquina consistía en una bola de azufre atravesada por una varilla que servía para hacer girar la bola. Las manos aplicadas sobre la bola producían una carga mayor que la conseguida hasta entonces. Francis Hawkesbee perfeccionó la máquina de fricción usando una esfera de vidrio hacia 1707.

En 1733 el francés François de Cisternay du Fay propuso la existencia de dos tipos de carga eléctrica, positiva y negativa, constatando:

- los objetos frotados contra el ámbar se repelen
- también se repelen los objetos frotados contra una barra de vidrio
- sin embargo, los objetos frotados con el ámbar atraen los objetos frotados con el vidrio.

Du Fay y Stephen Gray fueron dos de los primeros "físicos eléctricos" en frecuentar plazas y salones para popularizar y entretener con la electricidad. Como ejemplo, se electriza a las personas y se producen descargas eléctricas, siendo un ejemplo, el llamado beso eléctrico al electrificar una dama y esta dar un beso a una persona no electrificada.

En 1745 se desarrollaron los primeros elementos de acumulación de cargas, los condensadores desarrollados en la Universidad de Leiden por Ewald Jürgen Von Kleist y Pieter Van Musschenbroeck. Estos instrumentos, denominados botella de Leyden, fueron utilizados como curiosidad científica durante gran parte del siglo XVIII. En esta época se construyeron diferentes instrumentos para generar cargas eléctricas, en general variantes de la botella de Leyden, y para medir sus propiedades como los electroscopios.

En 1767, Joseph Priestley publicó su obra *The History and Present State of Electricity* sobre la historia de la electricidad hasta la fecha. El libro sería durante un siglo el referente para el estudio de la electricidad. En él, Priestley anuncia también alguno de sus propios descubrimientos como era la conductividad del carbón. Hasta entonces se pensaba que solo el agua y los metales podían conducir la electricidad.

En 1785 el físico francés Charles Coulomb publicó un tratado en el que se describían por primera vez cuantitativamente las fuerzas eléctricas, formulando las leyes de atracción y repulsión de cargas eléctricas estáticas, usando la balanza de torsión para realizar sus medidas. En su honor estas leyes se conocen con el nombre de ley de Coulomb. Esta ley, junto con su elaboración matemática más sofisticada a través del teorema de Gauss y la derivación de los conceptos de campo eléctrico y potencial eléctrico, describen la práctica totalidad de los fenómenos electrostáticos.

Durante todo el siglo posterior se sucedieron avances significativos en el estudio de la electricidad, los fenómenos eléctricos producidos por cargas en movimiento en el interior de un material conductor. Finalmente, en 1864 el físico escocés James Clerk Maxwell unificó las leyes de la electricidad y el magnetismo en un conjunto reducido de leyes matemáticas.

Electricidad estática

La electricidad estática es un fenómeno que se debe a una acumulación de cargas eléctricas en un objeto. Esta acumulación puede dar lugar a una descarga eléctrica cuando dicho objeto se pone en contacto con otro.

Antes del año 1832, que fue cuando Michael Faraday publicó los resultados de sus experimentos sobre la identidad de la electricidad, los físicos pensaban que la "electricidad estática" era algo diferente de las otras cargas eléctricas. Michael Faraday demostró que la electricidad inducida desde un imán, la electricidad producida por una batería, y la electricidad estática son todas iguales.

La electricidad estática se produce cuando ciertos materiales se frotan uno contra el otro, como lana contra plástico o las suelas de zapatos contra la alfombra, donde el proceso de frotamiento causa que se retiren los electrones de la superficie de un material y se reubiquen en la superficie del otro material que ofrece niveles energéticos más favorables, o cuando partículas ionizadas se depositan en un material, como por ejemplo, ocurre en los satélites al recibir el flujo del viento solar y de los cinturones de radiación de Van Allen. La capacidad de electrificación de los cuerpos por rozamiento se denomina efecto triboeléctrico, existiendo una clasificación de los distintos materiales denominada secuencia triboeléctrica.

La electricidad estática se utiliza comúnmente en la xerografía, en filtros de aire, y algunas pinturas de automoción. Los pequeños componentes de los circuitos eléctricos pueden dañarse fácilmente con la electricidad estática. Los fabricantes usan una serie de dispositivos antiestáticos para evitar los daños pero solo es un 90% seguro.

Generadores electrostáticos

Los generadores de electricidad estática son máquinas que producen altísimos voltajes con una muy pequeña intensidad de corriente. Se utilizan en demostraciones escolares de física. Ejemplos de tales generadores son la Máquina de Wimshurst y el Generador de Van de Graaff.

Al frotar dos objetos no conductores se genera una gran cantidad de electricidad estática. Este efecto no se debe a la fricción pues dos superficies no conductoras pueden cargarse por efecto de posarse una sobre la otra. Se debe a que al frotar dos objetos aumenta el contacto entre las dos superficies. Habitualmente los aislantes son buenos para generar y para conservar cargas superficiales. Algunos ejemplos de estas sustancias son el caucho, el plástico o el vidrio. Los objetos conductores raramente generan desequilibrios de cargas, excepto, por ejemplo, cuando una superficie metálica recibe el impacto de un sólido o un líquido no conductor. La carga que se transfiere durante la electrificación por contacto se almacena a la superficie de cada objeto, a fin de estar lo más separada posible y así reducir la repulsión entre las cargas.

Carga inducida

La carga inducida se produce cuando un objeto cargado repele o atrae los electrones de la superficie de un segundo objeto. Esto crea una región en el segundo objeto que está con una mayor carga positiva, creándose una fuerza atractiva entre los objetos. Por ejemplo, cuando se frota un globo, el globo se mantendrá pegado a la pared debido a la fuerza atractiva ejercida por dos superficies con cargas opuestas (la superficie de la pared gana una carga eléctrica inducida pues los electrones libres de la superficie del muro son repelidos por los electrones que ha ganado el globo al frotarse, creando una superficie de carga positiva en la pared, que luego atrae a la superficie del globo).

Carga por fricción

En la carga por fricción se transfieren electrones por la fricción del contacto de un material con el otro. Aun cuando los electrones más internos de un átomo están fuertemente unidos al núcleo, de carga opuesta, los más externos de muchos átomos están unidos muy débilmente y pueden desalojarse con facilidad. La fuerza que retiene a los electrones exteriores en el átomo varía de una sustancia a otra. Por ejemplo los electrones son retenidos con mayor fuerza en el hule que en la piel de gato y si se frota una barra de aquel material contra la piel de un gato, se transfieren los electrones de este al hule. Por consiguiente la barra queda con un exceso de electrones y se carga negativamente. A su vez, la piel queda con una deficiencia de electrones y adquiere una carga positiva. Los átomos con deficiencia de electrones son iones, iones positivos porque su carga neta es positiva. Si se frota una barra de vidrio o plástico contra un trozo de seda tienen mayor afinidad por los electrones que la barra de vidrio o de plástico; se han desplazado electrones de la barra hacia la seda.

Carga por inducción

Se puede cargar un cuerpo por un procedimiento sencillo que comienza con el acercamiento a él de una varilla cargada. Considérese la esfera conductora no cargada, suspendida de un hilo aislante. Al acercarle la varilla cargada negativamente, los electrones de conducción que se encuentran en la superficie de la esfera emigran hacia el lado lejano de esta; como resultado, el lado lejano de la esfera se carga negativamente y el cercano queda con carga positiva. La esfera oscila acercándose a la varilla, porque la fuerza de atracción entre el lado cercano de aquella y la propia varilla es mayor que la de repulsión entre el lado lejano y la varilla. Vemos que tiene una fuerza eléctrica neta, aun cuando la carga neta en la esfera como un todo sea cero. La carga por inducción no se restringe a los conductores, si no que se puede presentar en todos los materiales.

Aplicaciones

La electricidad estática se usa habitualmente en xerografía donde un pigmento de polvo (tinta seca o toner) se fija en las áreas cargadas previamente haciendo visible la imagen impresa.

En electrónica, la electricidad estática causa numerosos daños a los componentes por lo que los operarios han de tomar medidas para descargar la electricidad estática que pudieran haber adquirido. Esto puede ocurrir a una persona por frotamiento de las suelas de los zapatos (de materiales como la goma) contra suelos de tela o alfombras.

En aviación, al aterrizar un avión por seguridad se debe proceder a su descarga. En los automóviles también puede ocurrir la electrificación al circular a gran velocidad en aire seco (el aire húmedo conduce mejor las cargas), por lo que también necesitan medidas de seguridad para evitar las chispas eléctricas.

Se piensa que la explosión de un cohete en el 2003 en Brasil se debió a chispas originadas por electricidad estática.

Conceptos matemáticos fundamentales

La ley de Coulomb

La ecuación fundamental de la electrostática es la ley de Coulomb, que describe la fuerza entre dos cargas puntuales Q_1 y Q_2 . Dentro de un medio homogéneo como es el aire, la relación se expresa como:

$$\mathbf{F} = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2} \hat{r}$$

donde F es la fuerza, ϵ es una constante característica del medio, llamada la « permitividad ». En el caso del vacío, se denota como ϵ_0 . La permitividad del aire es solo un 0,5% superior a la del vacío, por lo que a menudo se usan indistintamente.

Las cargas del mismo signo se repelen entre sí, mientras que las cargas de signo opuesto se atraen entre sí. La fuerza es proporcional al producto de las cargas eléctricas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre las cargas.

La acción a distancia se efectúa por medio del campo eléctrico existente en el punto en el cual está situado cada carga.

Electroscopio

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