

LA BALANZA DE TORSIÓN DE COULOMB

Hasta fines del siglo XVIII, las investigaciones de los electricistas habían sido casi exclusivamente cualitativas. Hacia 1770 varios físicos, seducidos por la semejanza entre la atracción de la gravedad y la eléctrica, sugirieron la idea de que la ley podría ser análoga en ambos casos, cuando no idéntica. El ingeniero francés Charles-Augustin de Coulomb construyó una sensible balanza de torsión.

El aparato es sumamente sencillo. Básicamente consiste de un soporte que se encuentra suspendido de un alambre, el cual a su vez está unido a un micrómetro de torsión. En este soporte se suspenden las muestras apropiadas, dependiendo del experimento. El aparato completo se encuentra encerrado en un recipiente con el fin de que no lo afecten las corrientes de aire. Con la balanza de torsión se pueden hacer mediciones cuantitativas de fuerzas de atracción o repulsión entre las muestras e investigar su dependencia con las distancias entre los objetos que las ejercen.

En el caso del experimento de Coulomb, la balanza de torsión consiste en un brazo horizontal en perfecto equilibrio, que está suspendido de un hilo especial que es el que se va a retorcer por efecto de las acciones eléctricas entre las cargas. En uno de los extremos de la barra horizontal, está situada una esfera B muy liviana, y unido al hilo va un disco D graduado, que gira al mismo tiempo que el hilo. Si cargamos de electricidad a la esfera B y después colocamos en sus proximidades a otra esfera A, también cargada de electricidad, se produce la atracción o repulsión entre las cargas eléctricas de dichas esferas. Como la esfera A está fija, y la B se puede mover con gran facilidad, gira y este giro se mide en el disco D. En realidad Coulomb lo que medía era el ángulo de giro o torsión, pero él ya sabía que dicho ángulo es directamente proporcional a la fuerza que producía la torsión del hilo, es decir, la fuerza eléctrica entre las cargas.

Con esta balanza investigó la naturaleza de las fuerzas electrostáticas. En una primera serie de experimentos encontró que la fuerza medida con el aparato es proporcional al ángulo de torcedura, y que la constante de proporcionalidad depende de las características del alambre usado. En el segundo grupo de experimentos, Coulomb colocó en uno de los brazos del soporte un objeto con carga igual a $+q_1$, mientras que a una cierta distancia de él fijó otro objeto con carga igual a $+q_2$.

En este caso, entre q_1 y q_2 se establece una fuerza repulsiva F_{12} debido a que ambos cuerpos contienen carga del mismo signo. Esta fuerza hace girar el brazo horizontal de la balanza un ángulo. Si torcemos el alambre de suspensión podemos regresar la balanza a su posición original. Como se dijo antes, es posible calcular la magnitud de la fuerza entre las cargas a partir del ángulo de torcedura. Por otra parte, si variamos la distancia de separación entre las cargas se puede obtener la dependencia entre la fuerza F_{12} y la distancia de separación r_{12} . Para una amplia gama de distancias, la fuerza es inversamente proporcional al cuadrado de r_{12} y aumenta a medida que se acercan las cargas.

Coulomb logró demostrar que la ley newtoniana de la razón inversa de los cuadrados rige también la atracción y la repulsión de las masas eléctricas y magnéticas. La primera ley numérica en el vasto campo de los fenómenos eléctricos estaba descubierta.

Las formulaciones matemáticas para poder describir el comportamiento de la fuerza eléctrica fueron desarrolladas por Coulomb en el año 1785, quien también realizó investigaciones sobre el magnetismo, el roce, las fuerzas insertas en estructuras de ingeniería, y otros temas. Ahora bien, nos es posible estimar, por ejemplo, en lo que respecta a distancia, que la «fuerza de Coulomb» es igual a la de gravedad como la describió Newton: al duplicar la distancia, su magnitud disminuye a la cuarta parte (ley inversa del cuadrado de la distancia). Muy semejante verdad. Pero pese a ello, hay una diferencia fundamental entre ambas fuerzas. Mientras la gravedad depende de la masa del objeto (se duplica cuando se duplica la masa), la fuerza eléctrica sólo depende de su carga (también se duplica con la carga, pero permanece invariable si se dobla en tamaño la

masa). Podemos describir también el fenómeno, señalando que mientras dos cuerpos de distinta masa caen igual hacia un tercero que los atrae por gravedad, dos objetos de diferente carga caen en forma diferente si son atraídos eléctricamente hacia un tercero. La fuerza eléctrica no es reducible a una propiedad geométrica del espacio-tiempo, como lo es la gravedad.

Ahora bien, cuando hablamos de interacción de la fuerza eléctrica a distancia, la Ley de Coulomb nos permite deducir que si hay una carga eléctrica aquí y otra, por ejemplo, en la Luna, ellas se influyen mutuamente a través del vacío del espacio intermedio, tal como las masas lo hacen según la teoría de Newton de la gravedad. Aquí, hemos entrado a una cuestión de la física que, para muchos, siempre va a ser un motivo de discusión y dudas.

Coulomb realizó más experimentos, sobre todo con cuerpos conductores, y fue capaz de dar una expresión completa de la fuerza en términos del estado de electrificación de los objetos y de la distancia de separación entre ellos, dando origen a lo que conocemos en la actualidad como Ley de Coulomb, que dice:

La fuerza de atracción o repulsión entre dos cargas eléctricas, es directamente proporcional al producto de ellas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa

La expresión matemática de esta Ley es:

$$F = K * \frac{q1 * q2}{r^2}$$

En donde:

F es la fuerza eléctrica con que se accionan las cargas.

q1 y q2 son las cargas eléctricas.

r es la distancia entre las cargas.

K es la constante de Coulomb, K= 8,98742*10⁹ N.m²/ c².

En un experimento indirecto se pone de manifiesto que el exponente de la distancia es un número comprendido entre 2,000000002 y 1,999999998, pero convencionalmente, y para facilitar el uso de la fórmula, se toma como el cuadrado de la distancia.

Así, la balanza de torsión, es pues, uno de esos aparatos simples, pero muy precisos, que ha tenido un papel decisivo en la determinación de la fuerza electrostática entre cuerpos cargados la ley de Coulomb y en la investigación experimental de la ley de la gravitación universal de Newton, ambas leyes pilares de la física clásica. Además ha sido de gran importancia en la implantación de las teorías modernas de la gravitación, las cuales pregonan la igualdad de las masas gravitacional e inercial como uno de sus postulados básicos.

Proceso de carga:

Si consideramos que los cuerpos son sólidos debemos recordar que son los electrones libres los que pasan de un cuerpo a otro y que los protones no se mueven. Para electrizar a un cuerpo, simplemente le tenemos que quitar o poner electrones, y esto lo hacemos: Por frotamiento, contacto e inducción.

Electrización por Frotamiento:

Cuando frotamos fuertemente dos cuerpos, uno queda cargado positivamente y el otro negativamente, y esta distribución de las cargas va a depender de los cuerpos que se friccionen.

Es fácil cargar positivamente una varilla de vidrio frotándola fuertemente con un paño de seda; y una varilla de plástico la podemos cargar negativamente frotándola con un paño de lana.

En forma general, si queremos cargar a un cuerpo por frotamiento con carga positiva, le tenemos que frotar enérgicamente con otro cuerpo que le quite electrones; y si lo queremos cargar negativamente lo frotaremos con un cuerpo que le ceda electrones.

En la siguiente lista de cuerpos: Piel de conejo, vidrio, mica, lana, marfil, piel de gato, seda y algodón; cualquier cuerpo frotado con uno que esté a su izquierda se carga negativamente, y con uno que esté a su derecha, se carga positivamente.

En todos los casos de electrización por fricción, se puede comprobar por medio del electroscope, que la cantidad de carga en los dos cuerpos tiene el mismo valor, que uno de ellos se ha cargado positivamente y el otro negativamente, es decir, que la carga que pierde un cuerpo es exactamente igual a la carga que gana el otro cuerpo.

Estos experimentos nos indican que en los frotamientos no se crea carga eléctrica, sino que se origina un desplazamiento de carga de un cuerpo al otro.

En experiencias más sofisticadas (Desintegración radiactiva, reacciones nucleares, etc.) siempre se cumple el llamado **Principio de conservación de la carga**, que dice: En un sistema aislado, la carga que pierden unos cuerpos es exactamente igual a la que ganan otros, es decir, la carga total o carga neta del sistema no varía

Electrización por inducción:

Si un cuerpo A cargado positivamente, lo acercamos a otro cuerpo B en estado neutro, se produce el efecto de atracción y repulsión sobre las cargas eléctricas de B, originando un desequilibrio en la forma de distribuirse, pues los electrones se sitúan lo más cerca posible de A, quedando la parte más alejada de B con carga positiva.

A B

Si en esta situación ponemos en contacto al cuerpo B con la Tierra, muchos de los electrones de ésta suben al conductor para equilibrar a las cargas positivas.

A B

////

Si ahora eliminamos la conexión con Tierra, y alejamos al cuerpo B de A, nos queda el cuerpo B cargado con los electrones que subieron de la Tierra, es decir, queda cargado negativamente.

B

Este fenómeno por el cual se consigue una separación parcial de las cargas eléctricas en un cuerpo en estado neutro, se llama inducción electrostática, y al exceso de cargas positivas o negativas que se acumulan en las diferentes partes del cuerpo se les llama cargas inducidas, y al cuerpo que está cargado de electricidad se le llama inductor.

Si el cuerpo cargado en vez de ser positivo es negativo, los efectos sobre el cuerpo neutro son al revés, es

decir, el cuerpo cargado negativamente repele a los electrones de B, los cuales se sitúan en la parte más alejada, quedando la más próxima con carga positiva.

Si ahora tocamos al cuerpo B con el dedo, parte de sus electrones se escapan a la Tierra. Retirando el dedo y después alejando al cuerpo A, en el cuerpo B faltan los electrones que se fueron a Tierra, es decir, el cuerpo queda cargado positivamente.

En los dos casos hemos comprobado que el cuerpo neutro, cuando se le carga por inducción adquiere electricidad de signo contrario al del cuerpo, que produce la inducción.

La electrización de los cuerpos neutros, por inducción, explica por qué cuando acercamos un cuerpo cargado de electricidad a la esfera de un péndulo eléctrico en estado neutro, ésta se mueve intentando acercarse al cuerpo.

El fenómeno se explica así:

Cuando el cuerpo A, cargado positivamente se acerca a la esfera, induce en ésta cargas negativas próximas a A y cargas positivas alejadas de A.

En este estado, intervienen las fuerzas de atracción y repulsión entre las cargas eléctricas.

A

Las cargas positivas de A atraen a las negativas de la esfera y repelen a las positivas, pero como las negativas están más cerca, el efecto de atracción es mayor que el de repulsión por lo cual la esfera se mueve intentando acercarse al cuerpo A.

Si el cuerpo A estuviese cargado negativamente el fenómeno también produciría una fuerza de atracción.

Esta explicación es extensible a todos los fenómenos de atracción que se observan al frotar un cuerpo y ver como atrae a cuerpos pequeños como papelillos, cabellos, etc.

charles coulomb (1736 – 1806)



Charles Coulomb, el más grande físico francés en cuyo honor la C unidad de carga eléctrica se denomina coulomb, nació en Angoulême en 1736. Fue educado en la École du Génie en Mézieres y se graduó en 1761 como ingeniero militar con el grado de primer teniente. Coulomb sirvió en las Indias Occidentales durante nueve años, donde supervisó la construcción de fortificaciones en la Martinica.

En 1774, Coulomb se convirtió en un correspondiente de la Academia de Ciencias de París. Compartió el primer premio de la Academia por su artículo sobre las brújulas magnéticas y recibió también el primer

premio por su trabajo clásico acerca de la fricción, un estudio que no fue superado durante 150 años. Durante los siguientes 25 años, presentó 25 artículos a la Academia sobre electricidad, magnetismo, torsión y aplicaciones de la balanza de torsión, así como varios cientos de informes sobre ingeniería y proyectos civiles.

Coulomb aprovechó plenamente los diferentes puestos que tuvo durante su vida. Por ejemplo, su experiencia como ingeniero lo llevó a investigar la resistencia de materiales y a determinar las fuerzas que afectan a objetos sobre vigas, contribuyendo de esa manera al campo de la mecánica estructural. También hizo aportaciones en el campo de la ergonomía. Su investigación brindó un entendimiento fundamental de las formas en que la gente y los animales pueden trabajar mejor e influyó de manera considerable en la investigación subsecuente de Gaspard Coriolis (1792–1843).

La mayor aportación de Coulomb a la ciencia fue en el campo de la electrostática y el magnetismo, en el cual utilizó la balanza de torsión desarrollada por él. El artículo que describía esta invención contenía también un diseño para una brújula utilizando el principio de la suspensión de torsión. Su siguiente artículo brindó una prueba de la ley del inverso al cuadrado para la fuerza electrostática entre dos cargas.

Coulomb murió en 1806, cinco años después de convertirse en presidente del Instituto de Francia (antiguamente la Academia de Ciencias de París). Su investigación sobre la electricidad y el magnetismo permitió que esta área de la física saliera de la filosofía natural tradicional y se convirtiera en una ciencia exacta.

— — — — — + + + + +

— — — — — + + + + + — — — — — + + + + +

+++++

+++++
