

Guía N° 5

Esta guía trata de la **electrostática**, esto es, de la electricidad en reposo. La **electrostática** tiene que ver con las cargas eléctricas, las fuerzas que se ejercen entre ellas y su comportamiento en los materiales.

Para entender la electricidad es necesario avanzar por etapas, porque un concepto es el fundamento sobre el que se construye el siguiente. Así que, por favor, estudia este material y los siguientes con especial cuidado. Recuerda que complementaremos estos materiales con laboratorios que te ayudaran a comprender mejor aún los contenidos de esta unidad.

Fuerzas y cargas eléctricas

Conoces bien la fuerza de gravedad que te atrae hacia la Tierra y a la que llamas peso. Considera ahora una fuerza que se ejerce sobre ti y que es muchos miles de millones de veces más intensa que la gravedad. Una fuerza así te comprimiría hasta convertirte en una mancha del grueso de una hoja de papel. Pues sucede que existe una fuerza de esta índole (naturaleza), la **fuerza eléctrica**.

La **fuerza eléctrica** está presente en innumerables fenómenos que todos experimentamos. Desde las chispas que se ven cuando uno se quita una prenda de vestir en la noche, o los rayos que caen a la tierra en las tormentas atmosféricas, a tantos y tantos aparatos que nos parecen indispensables, como televisores, estufas, lámparas, teléfonos, computadoras, automóviles, etc.

Su origen es la **carga eléctrica**, esa propiedad extraña que poseen, por ejemplo, el electrón y el protón (ver recuadro). Es curioso que algunas partículas están cargadas eléctricamente y otras no. Tan curioso como que haya animales con cuatro patas, como los gatos, y otros que no las tienen, como los gusanos. El electrón y el protón tienen carga eléctrica; el neutrón y el neutrino no la tienen. ¿Por qué? No lo sabemos a ciencia cierta. Hasta ahora lo consideramos como un dato, algo arbitrario, que es así porque es así simplemente, como dirían los niños.

LO MÁS PEQUEÑO

¿Cómo es posible la enorme diversidad que nos muestra la naturaleza? Así como mis versiones de la *Biblia*, *El Quijote* y los miles de páginas de literatura y ciencia especializada que me rodean se basan en apenas 27 caracteres (letras), ¿no será que el caballo y la flor son diferentes formas de combinar unas pocas cosas más pequeñas? Suena prosaico (Fig. falta de idealidad, de elevación; vulgar, insulso). Sin embargo, preguntas como éstas han dominado la tendencia a explicar, a buscar principios fáciles de recordar y fecundos para entender los secretos de la maravilla que nos rodea.

La pulga en el estadio

La búsqueda de simplicidad a través del peregrinaje de los siglos ha sido sorprendentemente exitosa. Nos ha llevado a la célula cuando nos preguntamos por los seres vivos, a átomos y partículas elementales cuando se trata de la materia inerte. En los diversos niveles explicativos en que nos situamos hemos encontrado unidades básicas adecuadas para armar la complejidad que nos admira y que usamos como peldaños en una escalera desde cada uno de los cuales se nos muestra una determinada perspectiva de la realidad.

El nivel más elemental, donde aparece lo más pequeño que existe, es el que uno busca cuando se pregunta de qué están hechas las cosas *en último término*. Desde tiempos remotos ha habido respuestas a esta pregunta. Por ejemplo, los indios creían que los ingredientes primarios de la naturaleza eran el fuego, el aire, el agua, la tierra y el espacio vacío. Aunque primitiva, la noción no deja de ser razonable. Cuando se muele una piedra, parece tierra. Cuando se tritura una hoja de lechuga sale agua, y si la dejamos descomponerse por un tiempo, se convierte en tierra. Cuando la hoja está seca, con facilidad se quema y, al menos por un tiempo, se convierte en fuego, despidiendo calor. Lo mismo ocurre con la generalidad de los seres vivos. Por otra parte, el aire, el viento, no tienen en apariencia nada en común con el fuego, la tierra y el agua, por lo que merecen un status aparte. Finalmente, para que el fuego, el aire, el agua y la tierra se materialicen se requiere de espacio vacío que puedan ocupar. Así se completa el hermoso quinteto elemental propuesto por los antepasados de Mahatma Ghandi.

Otra creencia muy antigua se atribuye a Demócrito de Abdera, quien hace 2400 años opinaba que "lo *único que existe son los átomos y el espacio vacío*". La palabra griega "ατομοζ" (átomos) que significa indivisible, es usada por Demócrito para

expresar que al partir algo en pedazos cada vez más pequeños, eventualmente se llega a granitos minúsculos que ya no se pueden dividir más. Según él, todo lo que existe está hecho de estos granitos indivisibles y eternos, que difieren sólo por su forma y tamaño. Los átomos del agua serían así esferitas que ruedan unas sobre otras; los del hierro, en cambio, tendrían forma irregular, por lo que se traban unos con otros dando rigidez a ese material.

Siguiendo a Demócrito, ¿en cuántos pedazos se puede partir un objeto? Para formarse una idea basta tomar una hoja de papel y dividirla en mitades cada vez más pequeñas. Doblando y cortando, se puede llegar sin problemas hasta la décima división. Los trozos alcanzan a tener entonces un medio centímetro por lado (nótese que se necesitan dos cortes para obtener cuatro cuadrados a partir de uno más grande). Para continuar se puede usar una tijera, con ayuda de la cual no es difícil llegar hasta unas dieciocho divisiones. ¿Y después? De allí en adelante se necesitan instrumentos cortantes especiales, el uso de microscopios cada vez más poderosos, etc., etc. Si intentó el experimento, es probable que, con las primitivas herramientas de que disponía, Demócrito haya llegado a apenas veinte divisiones. Para alcanzar el tamaño del átomo dividiendo más y más se requerirían unos sesenta cortes. De la hoja original quedaría apenas una pelusa, una especie de cadena atómica cuyo largo sería el espesor original de la hoja, aproximadamente un millón de átomos, uno al lado del otro. Sin duda lejos de lo que pudo lograr el visionario filósofo griego.

Que hay átomos, que la celulosa que compone el papel finalmente está hecha de tres unidades básicas: carbono, oxígeno e hidrógeno, no nos cabe duda. Pero, ¿está todo hecho de átomos? ¿Podemos explicar la luz del Sol, la voracidad de los agujeros negros, la radioactividad o los colores de las flores en términos de esas ciento y tantas especies de esferitas primordiales que hoy conocemos y llamamos átomos? No. Explican mucho, pero no todo.

El átomo moderno, aunque muy pequeño (en la cabeza de un alfiler hay unos cien trillones de átomos, un uno seguido de veinte ceros), no es exactamente la unidad indivisible que concibió Demócrito. Cristóbal, un niño de seis años, me lo definió una vez así: "El átomo es como un melón con un montón de cosas raras adentro". No estaba tan equivocado. Desde principios de siglo sabemos que nuestro átomo tiene partes, tiene una estructura interna, y se puede dividir.

Está compuesto por una minúscula esferita casi quieta y de muy alta densidad que llamamos núcleo, y luego una o más partículas miles de veces más livianas y en movimiento veloz, a las que llamamos electrones. Si el átomo fuese un estadio de fútbol, el núcleo sería como una pulga. Así de pequeño es. Sabemos también que el núcleo atómico está a su vez compuesto de protones y neutrones, los que a su vez están compuestos de cuarks, los que a su vez... ¡No! Aquí parece terminar la cosa.

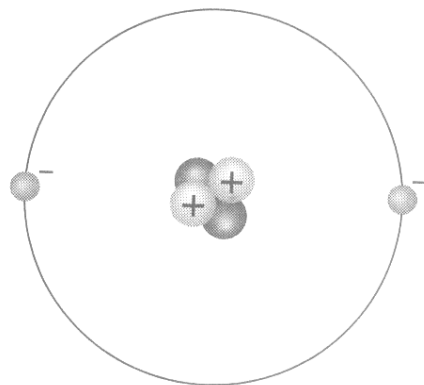


Figura 1:

Modelo de un átomo de helio, según el sencillo modelo atómico propuesto a principios del siglo XX por Ernest Rutherford y Niels Bohr. El núcleo de helio se compone de dos protones y dos neutrones. Los protones con carga positiva atraen dos electrones negativos.

Lo cierto es que los electrones se repelen y en cambio electrones y protones se atraen. En el lenguaje que hemos inventado para hablar de estas cosas, decimos "**cargas de igual signo se repelen, cargas de distinto signo se atraen**". El electrón tiene carga negativa, el protón, positiva. El signo es útil porque al agregar algo positivo a algo negativo, si son del mismo tamaño se puede obtener cero, número que representa adecuadamente lo neutro.

A diferencia de la gravedad, que sólo produce atracción, ahora es posible atracción y repulsión. En lenguaje figurado, mientras las masas todas "se aman", hay cargas que "se aman" y otras que "se odian". Gracias a esta ambigüedad nuestro mundo es como es. La atracción torna posibles los átomos, ya que los protones en el núcleo atraen a los electrones y así los atrapan y forman las 92 especies naturales de átomos que existen. Y, como veremos más adelante, la repulsión es fundamental para darles consistencia a las cosas, permitir que al cerrar este libro mantenga su forma y se lo pueda volver a abrir sin problemas.

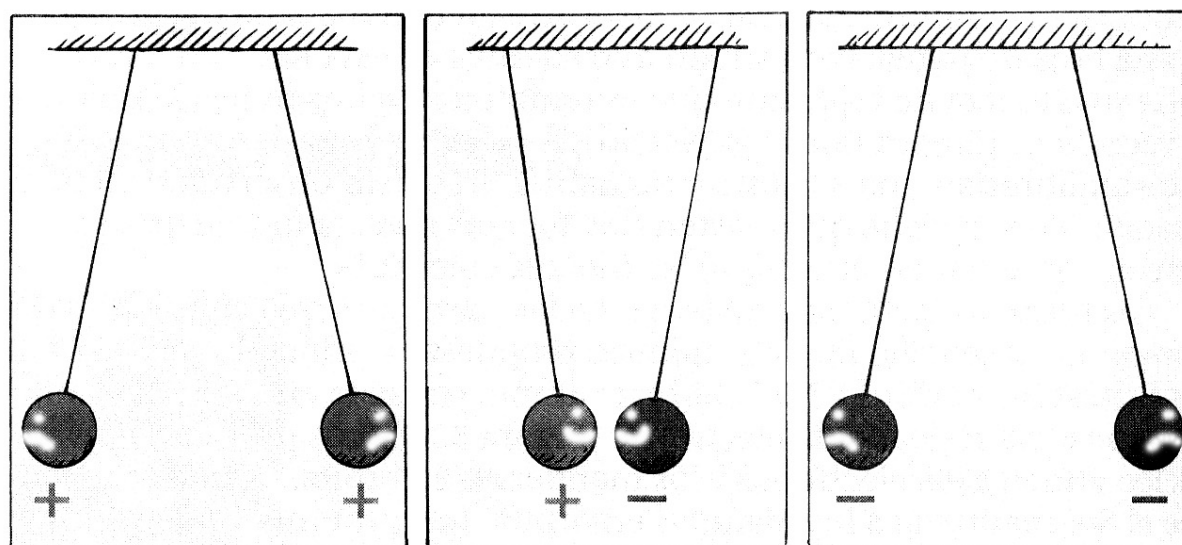


Figura 2:
Las cargas eléctricas iguales se repelen; las cargas opuestas se atraen.

El viejo dicho según el cual los contrarios se atraen, y que por lo general se aplica a las personas, fue puesto en boga (de moda) por primera vez por conferenciantes públicos que viajaban de un lugar a otro a caballo o en diligencia, y que divertían a la gente con demostraciones de las maravillas científicas de la electricidad. Una parte importante de estas demostraciones consistía en cargar y descargar bolitas de médula vegetal. La médula es un tejido vegetal ligero y esponjoso parecido a la espuma de poliestireno (plumavit), y las bolitas se recubrían con pintura de aluminio para que sus superficies condujesen la electricidad. Suspendidas de hilos de seda, las bolitas eran atraídas hacia una barra de goma recién frotada con piel de gato, pero cuando las bolitas entraban en contacto la fuerza de atracción se convertía en fuerza de repulsión. A partir de ese momento, la barra de goma repelía a la bolita, que ahora experimentaba atracción hacia una barra de vidrio frotada con seda. Dos bolitas de médula cargadas de diferente manera manifestaban fuerzas tanto de atracción como de repulsión (figura 2). El conferencista señalaba que la Naturaleza proporciona dos tipos de carga, del mismo modo que existen dos sexos.

Preguntas

1. Bajo la complejidad de los fenómenos eléctricos existe una regla fundamental de la cual se derivan casi todos los demás efectos. ¿Cuál es esa regla?
2. ¿Cuál es la diferencia entre la carga de un electrón y la de un protón?

Conservación de la carga

Los electrones y los protones poseen carga eléctrica. En un átomo neutro hay el mismo número de electrones que de protones, así que la **carga neta** es cero. La carga positiva total compensa la carga negativa total de manera exacta. Si quitamos un electrón a un átomo, éste deja de ser neutro. El átomo tiene una carga positiva de más (un protón) respecto a la carga negativa (los electrones) y decimos que está cargado positivamente.

Un átomo con carga recibe el nombre de **ion**. Un ion positivo tiene carga neta positiva, pues ha perdido uno o más electrones. Un ion negativo tiene carga neta negativa, pues ha ganado uno o más electrones adicionales.

La materia se compone de átomos, y éstos se componen a su vez de electrones y protones (y también de neutrones). Un objeto que tiene el mismo número de electrones que de protones no tiene carga eléctrica neta. Pero si los números no están equilibrados, el objeto está cargado eléctricamente. Se produce un desequilibrio cuando se agregan o se quitan electrones.

Aunque los electrones internos de un átomo están fuertemente unidos al núcleo, de carga contraria, los electrones externos de muchos átomos están unidos muy débilmente y es fácil extraerlos. La cantidad de energía que se requiere para arrancar un electrón a un átomo varía de una sustancia a otra. Por ejemplo, los electrones están unidos con más firmeza en el caucho que en el pelaje de un animal. Por tanto, cuando frotamos una barra de caucho con un trozo de piel hay una transferencia de electrones de la piel a la barra. En estas condiciones, el caucho tiene un excedente de electrones y está cargado negativamente. La piel, a su vez, tiene una deficiencia de electrones y está cargada positivamente. Si frotas una barra de vidrio o de plástico con seda, verás que adquiere carga positiva. La seda tiene mayor afinidad por los electrones que la barra de vidrio o de plástico. Con el frotamiento los electrones se desprenden de la barra y pasan a la seda.



Figura 3:

Se transfieren electrones de la piel a la barra, la cual adquiere entonces carga negativa. ¿Está cargada la piel? ¿Es su carga negativa o positiva?

En resumen:

Todo objeto cuyo número de electrones sea distinto al de protones tiene carga eléctrica. Si tiene más electrones que protones, la carga es negativa. Si tiene menos electrones que protones, la carga es positiva.

Advierte que los electrones no se crean ni se destruyen, sino que simplemente se transfieren de un material a otro. La carga se conserva. En todo proceso, ya sea en gran escala o en el nivel atómico y nuclear, se aplica el principio de **conservación de la carga**. Jamás se ha observado caso alguno de creación o destrucción de carga neta. La conservación de la carga es una de las piedras angulares de la física, a la par con la conservación de la energía y de la cantidad de movimiento.

Todo objeto con carga eléctrica tiene un exceso o una deficiencia de cierto número entero de electrones: los electrones no se pueden dividir en fracciones. Esto significa que la carga del objeto es un múltiplo entero de la carga del electrón. El objeto no puede poseer una carga igual a 1.5 o a 1000.5 electrones, por ejemplo. Todos los objetos cargados que se han observado hasta la fecha tienen una carga que es un múltiplo entero de la carga de un solo electrón.

Pregunta

Si recoges electrones en tus pies cuando los arrastras al caminar sobre una alfombra, ¿adquieres carga positiva o negativa?

Bibliografía

Hewitt, Paul G. *Física Conceptual*. Addison Wesley Longman, México, 1999.
ISBN: 968-444-280-7

Claro, Francisco. *A la sombra del asombro. El mundo visto por la física*. Andrés Bello, Santiago, 1995.
ISBN: 956-13-1370-7