

## Guía N° 2

### Conductores y aislantes

Los electrones se mueven con más facilidad en unos materiales que en otros. Los electrones externos de los átomos de un metal no están anclados a núcleos de átomos específicos, sino que pueden desplazarse libremente en el material. Estos materiales son buenos **conductores**. Los metales son buenos conductores del movimiento de cargas eléctricas por la misma razón por la que son buenos conductores del calor: porque sus electrones están "suelos".

Los electrones de otros materiales, como el caucho y el vidrio, por ejemplo, están fuertemente ligados y permanecen en átomos específicos. Estos electrones no pueden desplazarse con libertad hacia otros átomos del material. Estos materiales son malos conductores de la electricidad por la misma razón por la que, en general, son malos conductores del calor. Decimos que estos materiales son buenos **aislantes**.

**Actividad 1.**

Escribe una lista con materiales u objetos conductores y aislantes que tu conozcas:

Conductores	Aislantes
1. ....	1. ....
2. ....	2. ....
3. ....	3. ....
4. ....	4. ....
5. ....	5. ....
6. ....	6. ....
7. ....	7. ....
8. ....	8. ....
9. ....	9. ....
10. ....	10. ....

¿Conoces algún material u objeto que en algunas oportunidades se comporte como conductor y en otras como aislante?. ¿Cuál?

.....

.....

.....

Podemos clasificar las sustancias en orden de su capacidad para conducir cargas eléctricas. A la cabeza de la lista están los conductores y al final los aislantes. La separación entre los extremos de la lista es muy grande. Por ejemplo, la conductividad de un metal puede ser más de un trillón de veces (un 1 seguido de 18 ceros) mayor que la conductividad de un aislante como el vidrio. En un cable de alta tensión la carga fluye con mucha más facilidad a lo largo de cientos de kilómetros de cable metálico que a través de los pocos centímetros de material aislante que separan el cable de la torre que lo sostiene. En un cable de alimentación de un aparato eléctrico ordinario las cargas fluyen a lo largo de varios metros de cable hasta el aparato, luego recorren sus circuitos eléctricos y finalmente regresan por el cable de retorno en vez de fluir directamente de un cable al otro a través del pequeñísimo espesor del aislante de caucho.

La clasificación de una sustancia como conductor o como aislante depende de la firmeza con la que los átomos de la sustancia retienen sus electrones. Ciertos materiales, como el germanio y el silicio, son buenos aislantes cuando se encuentran en estado cristalino puro, pero su conductividad aumenta prodigiosamente cuando un solo átomo en diez millones se reemplaza por una impureza que agrega o quita un electrón a la estructura cristalina. Se puede hacer que estos materiales se comporten unas

veces como aislantes y otras como conductores: los llamamos **semiconductores**. Los transistores, que se emplean en una gran variedad de aplicaciones electrónicas, se componen de varias capas delgadas de materiales semiconductores dispuestas como en un emparedado.

A temperaturas cercanas al cero absoluto (-273.15 grados Celsius), ciertos metales adquieren una conductividad infinita (es decir, la resistencia al flujo de cargas se hace cero). Se trata de los **superconductores**. A partir de 1987 se ha encontrado el fenómeno de superconductividad a "altas" temperaturas (sobre -173 grados Celsius) en diversos compuestos no metálicos. Una vez que se establece una corriente eléctrica en un superconductor, los electrones fluyen por tiempo indefinido. En la actualidad se investigan exhaustivamente diversas explicaciones de este fenómeno.

### Actividad 2.

Nombra tres aplicaciones de los superconductores que conozcas, o que hayas escuchado o leído sobre ellas. Si no conoces ninguna, investiga y descúbrelas.

1. ....
2. ....
3. ....

### Carga por fricción

Todos conocemos bien los efectos eléctricos de la fricción. Cuando acariciamos el pelaje de un gato oímos el crepitar de las chispas que se producen; cuando nos peinamos frente a un espejo en una habitación a oscuras vemos y oímos las chispas eléctricas. Podemos arrastrar los zapatos sobre una alfombra y sentir un cosquilleo al tocar la perilla de la puerta. En todos estos casos se transfieren electrones por fricción cuando un material roza con otro.



Figura 1. La barra se carga por fricción con el paño.

### Carga por contacto

Se pueden transferir electrones de un material a otro por simple contacto. Cuando ponemos una barra cargada en contacto con un objeto neutro se transfiere una parte de la carga a éste. Este método de carga se conoce simplemente como carga por contacto. Si el objeto es buen conductor la carga se distribuye en toda su superficie porque las cargas iguales se repelen entre sí. Si se trata de un mal conductor puede ser necesario tocar con la barra varias partes del objeto para obtener una distribución de carga más o menos uniforme.

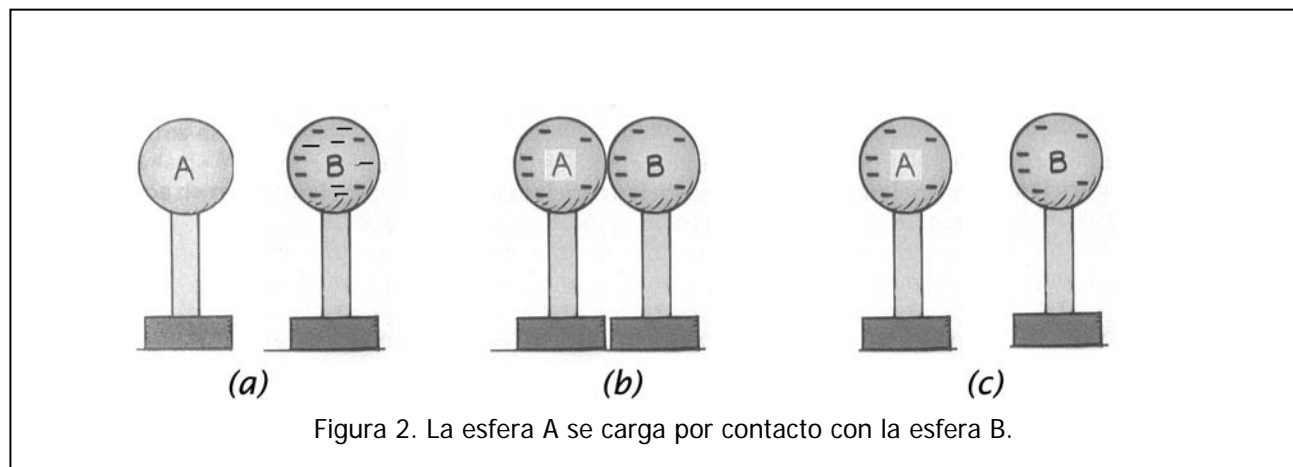
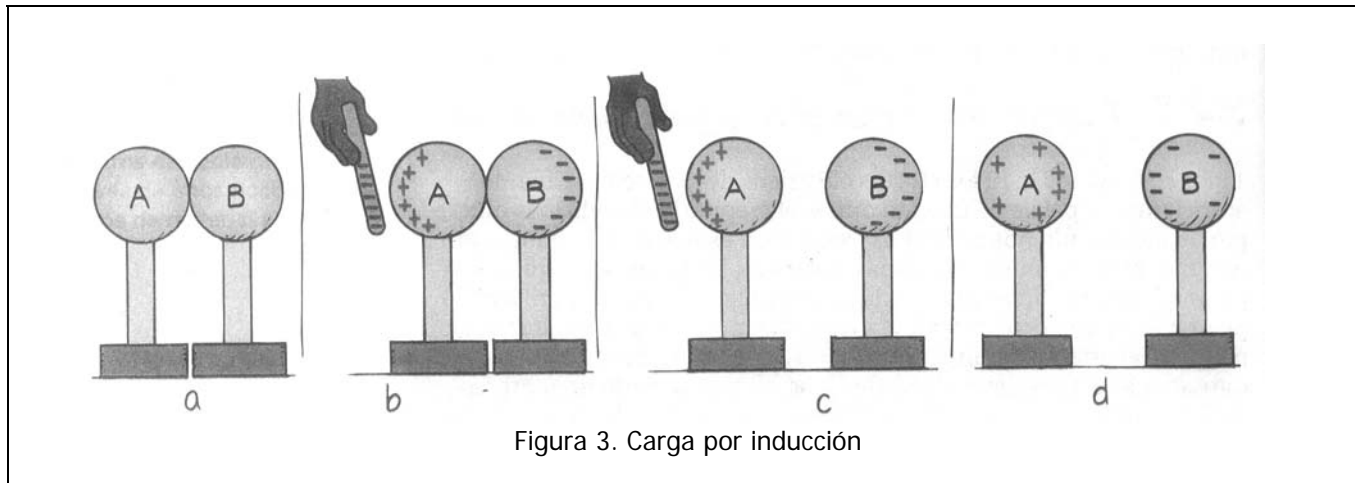


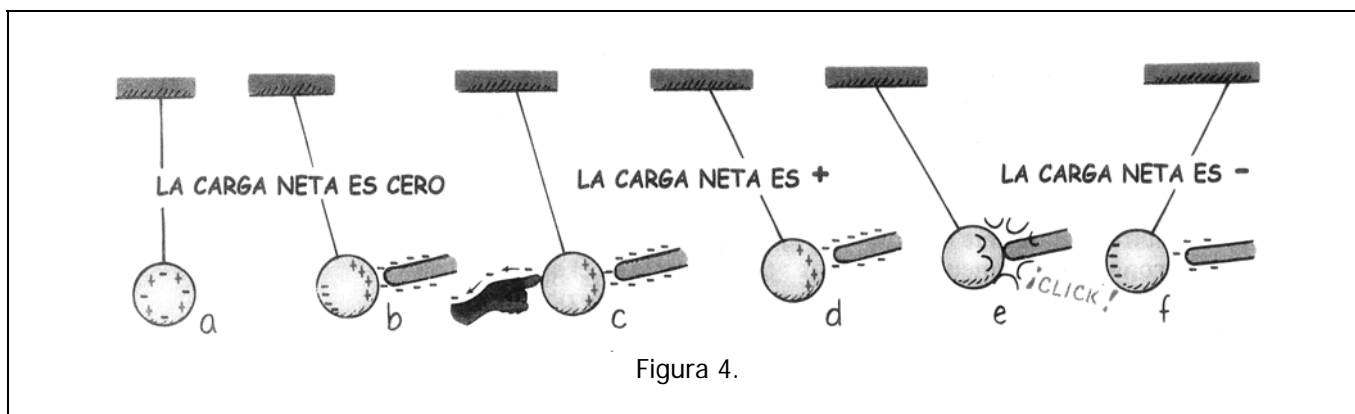
Figura 2. La esfera A se carga por contacto con la esfera B.

## Carga por inducción

Si acercamos un objeto con carga a una superficie conductora, aun sin contacto físico los electrones se mueven en la superficie conductora. Considera las dos esferas metálicas aisladas A y B de la figura 3. En el dibujo (a) las esferas sin carga están en contacto, de modo que forman en efecto un solo conductor sin carga. En el dibujo (b) se acerca una barra con carga negativa a la esfera A. La barra repele los electrones del metal y el exceso de carga negativa se desplaza hacia la esfera B, con lo cual la esfera A queda con un exceso de carga positiva. La carga en las dos esferas ha sido redistribuida, y se dice que ha sido **inducida** en ellos. En el dibujo (c) las esferas A y B se han separado y la barra está todavía presente. En el dibujo (d) se ha retirado la barra. Las esferas quedan con cargas iguales y opuestas: se han cargado por **Inducción**. Como la barra con carga no toca las esferas, conserva su carga inicial.



Podemos cargar una sola esfera de manera similar si la tocamos cuando las cargas se han separado por Inducción. Considera una esfera metálica que cuelga de un cordel no conductor, como se muestra en la figura 4. En el dibujo (a) la carga neta de la esfera metálica es cero. En el dibujo (b) la presencia de la barra con carga induce una redistribución de la carga. La carga neta de la esfera es todavía cero. En el dibujo (c) se extraen electrones al tocar con la mano el lado negativo de la esfera. En el dibujo (d) la esfera queda con carga positiva. En el dibujo (e) la barra negativa atrae la esfera, la cual se balancea y toca la barra. Ahora los electrones se mueven hacia la esfera desde la barra. La esfera se ha cargado negativamente por contacto. En el dibujo M la barra negativa repele la esfera negativa.

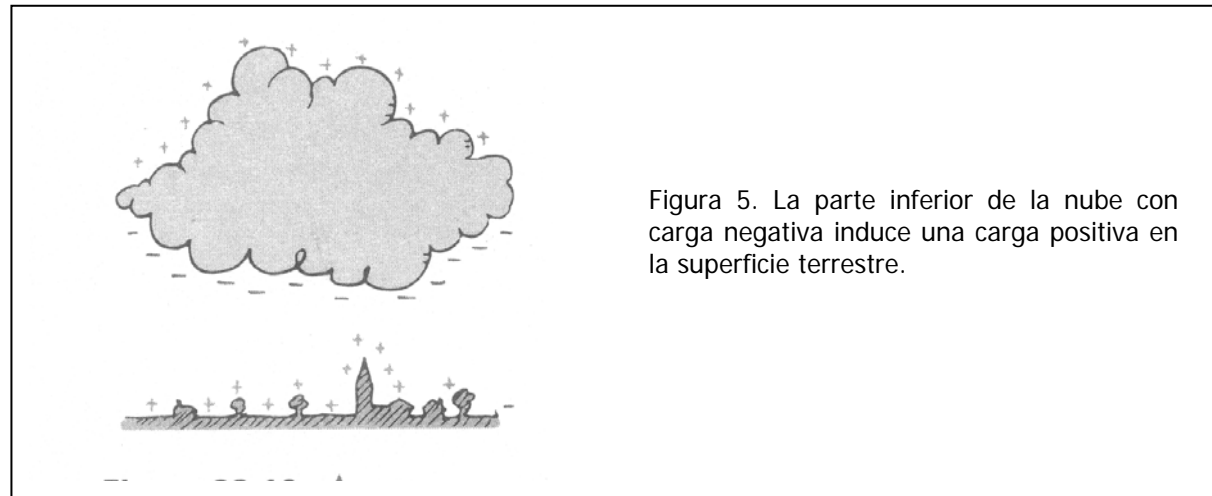


Cuando tocamos la superficie metálica con el dedo [dibujo (c)] las cargas que se repelen mutuamente disponen de un camino conductor hacia un depósito prácticamente infinito de carga eléctrica: la tierra. Cuando permitimos que las cargas salgan de (o entren a) un conductor por contacto, decimos que lo estamos **poniendo a tierra**. Volveremos a este concepto de puesta a tierra, cuando estudiemos las corrientes eléctricas.

### LA FOTOCOPIADORA

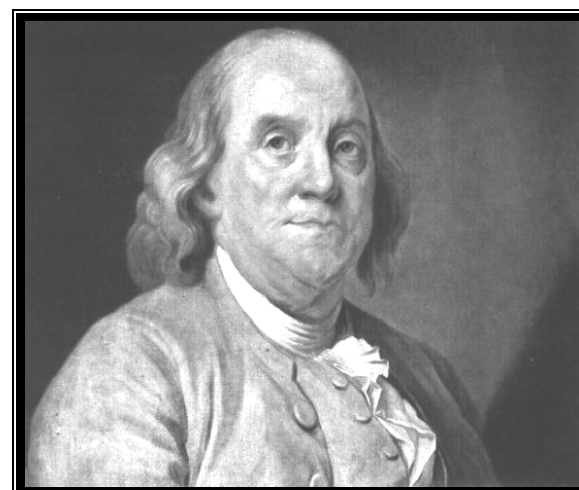
Una aplicación tecnológica de las fuerzas entre cuerpos cargados es la máquina fotocopidora. Las regiones cargadas positivamente del tambor de imágenes de la máquina atraen a las partículas cargadas negativamente del toner, formando una imagen sobre el papel colocado sobre el tambor.

Durante las tormentas eléctricas se llevan a cabo procesos de carga por inducción. La parte inferior de las nubes, de carga negativa, induce una carga positiva en la superficie terrestre (figura 5). Benjamín Franklin fue el primero en demostrar este hecho por medio de su famoso experimento de la cometa, que le permitió probar que los rayos son un fenómeno eléctrico. Casi todos los rayos o relámpagos son descargas eléctricas entre dos regiones de una nube con cargas contrarias, pero los más conocidos para nosotros son descargas eléctricas entre las nubes y el suelo, de carga opuesta.



Franklin descubrió también que la carga fluye con facilidad hacia o desde los objetos puntiagudos, y así construyó el primer pararrayos. Si se coloca el pararrayos en lo alto de una estructura conectada a tierra, la punta del pararrayos recoge electrones del aire e impide que se acumule una gran cantidad de carga positiva en el edificio por inducción. Esta "fuga" continua de carga impide una acumulación de carga que de otro modo podría dar origen a una descarga repentina entre la nube y el edificio. Así pues, el propósito primordial del pararrayos es impedir que ocurra una descarga eléctrica. Si por alguna razón el flujo de carga no es suficiente y cae un rayo, éste puede ser atraído por el pararrayos, que conduce la carga a tierra y evita así que se dañe la estructura.

**Benjamin Franklin** fue muy afortunado en no electrocutarse como otros que intentaron repetir su experimento. Además de ser un gran estadista, Franklin fue un científico de primera categoría. Fue él quien introdujo los términos positivo y negativo en relación con la electricidad, aunque apoyaba la "teoría de un solo fluido" de las corrientes eléctricas. Franklin contribuyó también a nuestra comprensión de la puesta a tierra y del aislamiento. Ya cerca del punto culminante de su carrera científica, Franklin se vio ante una tarea más urgente: ayudar a conformar el sistema de gobierno de los recién independizados Estados Unidos. Una empresa de menor importancia no le habría impedido dedicar una porción mayor de su energía a su actividad favorita: la investigación científica de la Naturaleza.



Benjamin Franklin

### Polarización de la carga

El proceso de carga por inducción no se limita a los conductores. Cuando acercamos una barra cargada a un aislante no hay electrones libres que puedan desplazarse por el material aislante. Lo que ocurre, más bien, es un reordenamiento de las posiciones de las cargas dentro de los propios átomos y moléculas. Por inducción, un lado del átomo o molécula se hace ligeramente más positivo (o negativo) que el lado opuesto. Decimos que el átomo o molécula está **eléctricamente polarizado**. Si, por ejemplo, la barra es negativa, entonces el lado positivo del átomo o molécula se orienta hacia la barra y el lado negativo queda orientado en sentido contrario. Todos los átomos o moléculas próximos a la superficie quedan alineados de esta manera.

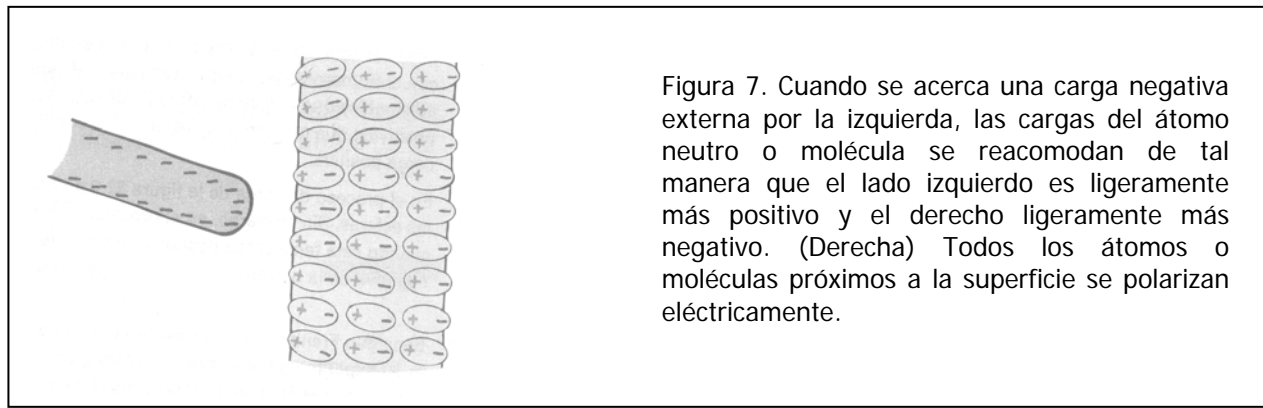


Figura 7. Cuando se acerca una carga negativa externa por la izquierda, las cargas del átomo neutro o molécula se acomodan de tal manera que el lado izquierdo es ligeramente más positivo y el derecho ligeramente más negativo. (Derecha) Todos los átomos o moléculas próximos a la superficie se polarizan eléctricamente.

Esto permite explicar por qué un objeto con carga atrae trocitos de papel neutros. Las moléculas del papel se polarizan; los lados de las moléculas cuya carga es contraria a la del objeto están más cerca de éste. La proximidad prevalece y los trocitos de papel experimentan una atracción neta. A veces ocurre que los trocitos se adhieren al objeto cargado y luego salen despedidos repentinamente. Esto indica que se ha llevado a cabo un proceso de carga por contacto; los trocitos de papel han adquirido carga del mismo signo que el objeto cargado y experimentan una repulsión.

Si frotas un globo inflado en tu cabello adquiere carga. Coloca el globo contra un muro y verás que se adhiere, porque la carga del globo induce una carga superficial opuesta en el muro. La proximidad prevalece, pues la carga del globo está un poco más cerca de la carga inducida opuesta que de la carga del mismo signo (figura 8).

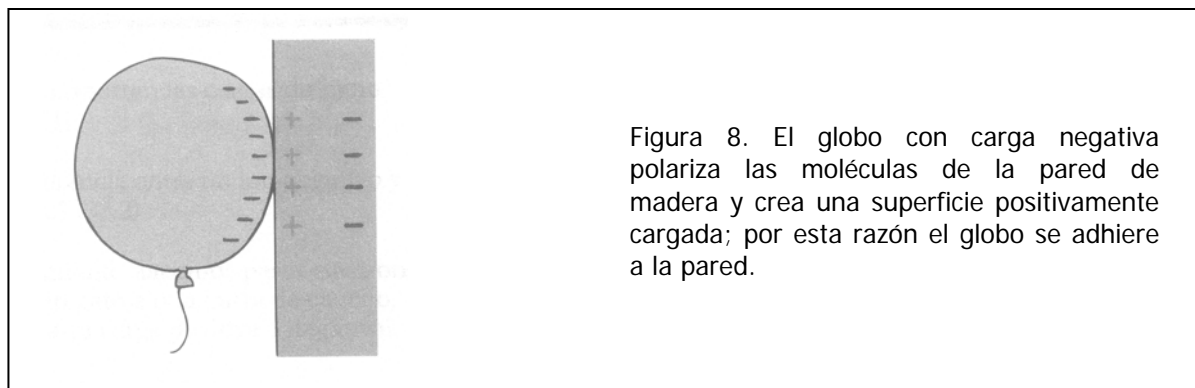


Figura 8. El globo con carga negativa polariza las moléculas de la pared de madera y crea una superficie positivamente cargada; por esta razón el globo se adhiere a la pared.

Muchas moléculas (la de  $H_2O$ , por ejemplo) están eléctricamente polarizadas en su estado normal. La distribución de la carga eléctrica no es perfectamente uniforme. Hay un poco más de carga negativa de un lado de la molécula que del otro. Decimos que las moléculas de este tipo son dipolos eléctricos.

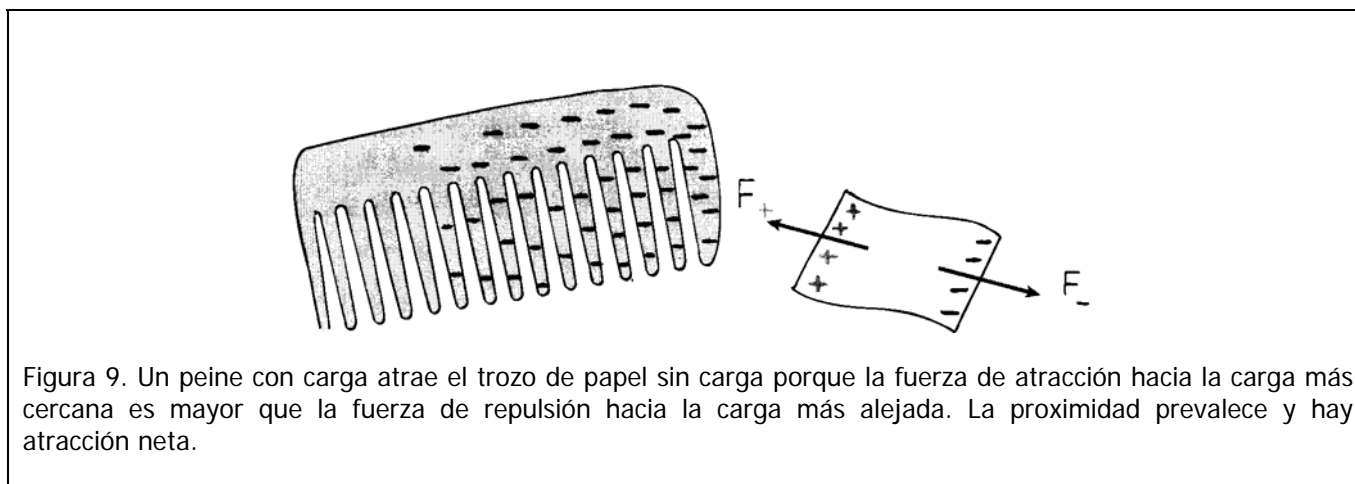


Figura 9. Un peine con carga atrae el trozo de papel sin carga porque la fuerza de atracción hacia la carga más cercana es mayor que la fuerza de repulsión hacia la carga más alejada. La proximidad prevalece y hay atracción neta.

### Actividad 3.

Carga un peine pasándolo por el cabello. Esto funciona mucho mejor si el ambiente está seco. Ahora, acerca el peine a unos pedacitos de papel. Explica tus observaciones. Después, coloca el peine con carga cerca de un chorro delgado de agua de la llave. ¿Hay alguna interacción eléctrica entre el peine y el chorro de agua? ¿Significa esto que el chorro de agua tiene carga? ¿Por qué?

## EL HORNO DE MICROONDAS

Imagina un espacio confinado lleno de pelotas de ping pong y algunos bastones, todo en reposo. Imagina ahora que los bastones comienzan de improviso a dar volteretas, como hélices que giran a medias, golpeando las pelotas cercanas. Casi de inmediato la mayoría de las pelotas adquieren energía y comienza a vibrar en todas direcciones. Un horno de microondas se comporta de forma similar. Los bastones son las moléculas de agua que son obligadas a dar volteretas al ritmo de las microondas en el espacio confinado. Las pelotas de ping pong son las demás moléculas que constituyen la mayor parte del material que se está cocinando.

Las moléculas de  $H_2O$  son polares: tienen cargas contrarias en lados opuestos. Cuando se les aplica un campo eléctrico, las moléculas se alinean con el campo como una brújula se alinea con un campo magnético. Cuando se hace oscilar el campo, también las moléculas de  $H_2O$  oscilan, y lo hacen con gran vigor. Los alimentos se cuecen en virtud de una especie de "fricción cinética", conforme las moléculas de  $H_2O$  que dan volteretas imparten un movimiento térmico a las moléculas de alimento que las rodean. Un horno de microondas no funciona si el alimento no contiene moléculas polares. Es por esto que las microondas atraviesan los platos de espuma plástica, de papel o de cerámica sin calentarlos.

En resumen, sabemos que los objetos se cargan eléctricamente de tres maneras:

1. Por fricción, cuando los electrones se transfieren por fricción de un objeto a otro.
2. Por contacto, cuando los electrones se transfieren de un objeto a otro por contacto directo sin frotamiento. Una barra cargada puesta en contacto con un trozo de metal sin carga, por ejemplo, transferirá la carga al metal.
3. Por inducción, cuando se hace que los electrones se reúnan o se dispersen por la presencia de una carga cercana (aun sin contacto físico). Una barra cargada sostenida cerca de una superficie metálica, por ejemplo, atrae a las cargas del mismo símbolo que tiene la barra y repele a las cargas de signo contrario. El resultado es una redistribución de las cargas del objeto, sin ningún cambio en su carga neta. Si la superficie metálica es descargada por contacto, por medio de un dedo por ejemplo, entonces se deja una carga neta.

Si el objeto es un aislante, por otra parte, tiene lugar una realineación de la carga en vez de una migración de la misma. Esto se llama polarización de la carga, en la cual la superficie que está cerca del objeto cargado, se carga en forma opuesta. Esto ocurre cuando trozos de papel neutros son atraídos por un objeto cargado, o como cuando se coloca un globo cargado en una pared.

### Preguntas de repaso

1. ¿Cuál es la diferencia entre los protones y los electrones en cuanto a carga eléctrica?
2. ¿Es el electrón de un átomo de hidrógeno igual a un electrón de un átomo de uranio?
3. ¿Qué tiene más masa: un protón o un electrón?
4. ¿Cuántos electrones tiene un átomo normal en comparación con el número de protones?
5. a. Si por frotamiento hacemos pasar electrones del pelaje de un gato a una barra de caucho, ¿adquiere la barra carga positiva o negativa?  
b. ¿Y el pelaje del gato?
6. ¿Qué significa que la carga se conserva?
7. a. ¿Por qué son buenos conductores los metales?  
b. ¿Por qué son buenos aislantes los materiales como el caucho y el vidrio?
8. ¿Qué es un semiconductor?
9. ¿Qué es un superconductor?
10. ¿Qué es el rayo?
11. ¿Qué función desempeña un pararrayos?
12. ¿Qué significa que un objeto esté eléctricamente polarizado?
13. Cuando un objeto con carga polariza otro objeto, ¿por qué hay atracción entre los objetos?

### Bibliografía

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