

## SECUENCIA DIDÁCTICA



# CONCEPTO DE CARGA ELECTROSTÁTICA

**Gabriel Gellon**

*Para los científicos la idea de carga eléctrica es una de las más importantes y útiles. Es parte integral de la visión moderna del interior del átomo y permite comprender una gran gama de fenómenos, como la corriente eléctrica, fenómenos atmosféricos y estelares y reacciones químicas. La idea de carga es central a incontables cuestiones bioquímicas y biológicas como las fuerzas que mantienen unidas a las moléculas dentro de las células y en qué consiste la conducción de los impulsos nerviosos. Además de todo esto, la carga es una de las propiedades más fundamentales de la materia y es por lo tanto parte del conocimiento más básico de cómo funciona el universo en general.*

*Todo este vasto y complicado arsenal de ideas se fue desarrollando de a poco. Empezó, como muchos saben, con la observación de atracciones de pequeños trozos de papel por objetos frotados. ¿Cómo pudo la humanidad comprender la naturaleza íntima de la materia partiendo de algo tan poco glamoroso como papelitos y objetos frotados? ¿Cuál fue el camino que condujo de pelos parados en días secos al interior del átomo?*

*Esta unidad no pretende recorrer todo ese camino, pero sí andar alguna parte para comenzar a comprender cómo a partir de observaciones aparentemente sencillas los hombres y mujeres de ciencia pueden elaborar ideas complejas y acceder a un mundo de leyes y propiedades invisibles.*

# CLASE 1 ¿ES UN IMÁN O NO?

Numerosos materiales al ser frotados de diversas maneras adquieren la capacidad de atraer otros objetos (y de ser atraídos también). Esto le pasa, por ejemplo, a globos, bolsas de plástico, barras de vidrio y otros materiales. Esta atracción nos recuerda las interacciones de los imanes con ciertos objetos metálicos. ¿Qué relación hay entre estos dos tipos de fenómenos? ¿Es la atracción por frotación un caso particular de magnetismo? ¿O al revés? ¿Tienen puntos en común? ¿Son la misma cosa? Estas preguntas, lejos de ser triviales, fueron el objeto de investigación de una de las mentes más destacadas de la historia.

### Actividad 1. Comparación sistemática.

Esta actividad deberá hacerse de a pares. Tu docente te dará un imán y una cinta de celofán y papel para frotar la cinta. Te mostrará además una forma adecuada de frotar la cinta para lograr atracción. También podés probar con otros objetos si tenés ganas, como globos o reglas plásticas.

1. Asegurate de que las cintas frotadas muestren efectivamente atracciones con otros objetos. Asegurate también de que los imanes funcionan como lo esperarías.
2. Usando los imanes, las cintas y cualquier otro objeto que encuentres, realizá experimentos exploratorios a fin de completar la siguiente tabla.

SIMILITUDES ENTRE LOS IMANES Y LOS OBJETOS FROTADOS	DIFERENCIAS ENTRE LOS IMANES Y LOS OBJETOS FROTADOS

3. En base a los resultados obtenidos, ¿podrías concluir que los objetos frotados presentan magnetismo o se trata de otro fenómeno totalmente distinto?

.....

.....

.....

4. ¿Todos obtuvieron las mismas respuestas a las preguntas 2 y 3? Para comprobarlo tu docente construirá una tabla en el frente. ¿Existen resultados incompatibles? ¿Quién tiene razón? Repitan los resultados entre todos si es necesario para arribar a un consenso. Anoten en sus tablas si hay observaciones que no habían realizado.

## Actividad 2. En su época.

Lean el texto del recuadro y contesten las preguntas a continuación.

### Texto 1: William Gilbert.

En el año 1600 un pensador inglés llamado William Gilbert publicó un tratado titulado “Sobre los imanes”. Se trataba del primer estudio sistemático de las propiedades magnéticas de la materia. Uno de los capítulos de su libro estaba dedicado precisamente a la comparación de los imanes con ciertos objetos frotados que presentaban interacciones atractivas. Se sabía desde la Antigüedad que el ámbar al ser frotado enérgicamente podía atraer palitos y hojas livianas (el ámbar es un mineral semiprecioso, transparente, derivado de la resina de árboles prehistóricos; es de hecho el mineral en el que vemos insectos incluidos en la película Jurassic Park). Esta extraña propiedad se conocía entonces como “efecto ámbar”. Una de las tantas contribuciones de Gilbert fue observar que no sólo el ámbar sino muchos otros materiales pueden ser frotados y adquirir esta propiedad, pero no todos lo hacen (los metales, por ejemplo no atraen nada no importa cuán enérgicamente los frotemos). Gilbert acuñó una nueva palabra para llamar a los materiales que adquirían el efecto ámbar; tomó prestada la palabra griega elektron que significa nada más ni nada menos que “ámbar” en ese idioma. De esta manera llamó “eléctricos” a los materiales que, como el ámbar, atraen otros objetos cuando se los frota, y “no-eléctricos” a los que no lo hacen.

Gilbert basó mucho de su trabajo en las observaciones del italiano Gerolamo Cardano quien había observado que el ámbar frotado atrae todo tipo de objetos livianos sin importar el material y que la fuerza atractiva puede bloquearse por la presencia de un tercer objeto (cosa que no sucede con los imanes).

Entre otras cosas se preguntó cómo era posible que un objeto pudiera mover a otro sin tocarlo. ¿No parece acaso mágico que dos objetos puedan influenciarse a la distancia? Para explicar este misterio Gilbert postuló que los objetos frotados emanaban una serie de “hebras” extremadamente delgadas e invisibles que tomaban contacto con los otros objetos y se contraían, reduciendo la distancia entre los dos objetos, o, en otras palabras, jalándolos uno contra el otro. Le dio a estas hebras invisibles el nombre de “efluvios”.

El libro de William Gilbert es celebrado como uno de los primeros tratados cabalmente científicos.

1. Gerolamo Cardano observó algunas de las características del efecto ámbar. ¿Cuáles son? ¿Las habías observado vos en tus experimentos con cintas e imanes? Si no lo hiciste, poné a prueba vos misma si tiene razón.

.....

.....

.....

2. ¿Qué opinión te merece la idea de Gilbert de los efluvios? ¿Tiene sentido? ¿Qué objeciones les encontrarás?

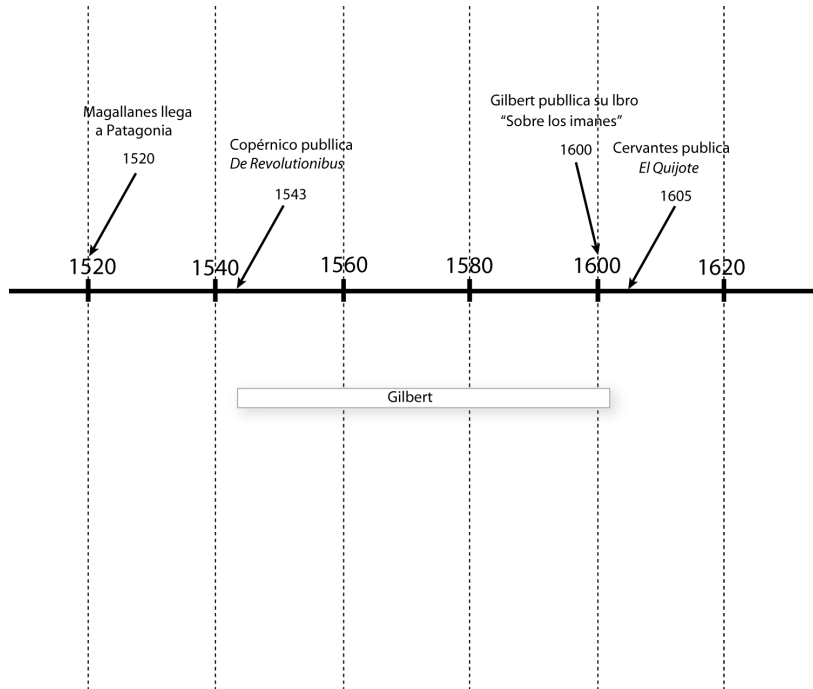
.....

.....

.....

.....

3. Abajo hay una línea de tiempo que incluye la vida de Gilbert (1544-1603). Sobre ella se superponen otros hechos importantes. Buscá en Internet u otros medios eventos importantes de esa época y al menos un artista destacado que haya vivido en ese tiempo.



4. ¿Qué años abarca la llamada “Era de las Exploraciones”? ¿Por qué estaría Gilbert tan interesado en imanes justo en esta época?

.....

.....

.....

.....

.....

### CLASE 2 ¿CÓMO ELECTRIFICAR ALGO SIN FROTARLO?

En el siglo posterior al trabajo de Gilbert la palabra “electrificar” pasó a significar “otorgar la propiedad de atraer objetos por frotamiento”. Pero hacia 1700 otro investigador descubrió que también se podía otorgar el efecto ámbar a objetos por otros medios y que, además, podía dársela a materiales que, como los metales, Gilbert había clasificado como no-eléctricos. ¿Cómo podemos transmitirle la propiedad ámbar a un trozo de metal? ¿Cómo hacer para que no la pierda?

#### Actividad 1. El efecto ámbar se mueve.

Lean el siguiente texto y contesten las preguntas.

##### Texto 2: Stephen Gray

En 1729 el investigador inglés Stephen Gray hizo una observación casual que tendría enormes consecuencias para el desarrollo de la ciencia. Estaba frotando un tubo de vidrio de alrededor de un metro de largo tapado con corchos en cada uno de sus extremos. Su objetivo era determinar si la presencia o ausencia de los corchos tenía algún efecto en el poder atractivo del tubo. Dice Gray en un trabajo publicado en la revista *Philosophical Transactions* en 1731:

*No pude percibir diferencia significativa. Pero cuando puse una pluma de duvet cerca de la parte superior del tubo, encontré que se iba hacia el corcho, siendo atraída [...] como hacia el tubo mismo. Sostuve entonces la pluma contra la parte chata del corcho, la cual la atrajo y repelió varias veces. Esto me sorprendió, y concluí que una virtud atractiva había sido definitivamente comunicada al corcho por el tubo.*

Habiendo descubierto que la propiedad eléctrica —es decir, la de atraer objetos— puede moverse de un objeto a otro, se propuso determinar cuán lejos podía ser transmitida. Para eso colgó una bola de marfil del corcho por medio de un hilo sisal. Procedió a frotar el tubo y encontró que la bola de marfil podía atraer papelitos. Pero quería ver cuán largo podía ser el hilo y aun así transmitir la propiedad ámbar. Para eso tendió hilos de manera horizontal colgados de las vigas de un granero. ¡Pero los colgó usando también hilo sisal! Observó que en ese caso la bola de marfil no atraía papelitos no importaba cuánto frotara al tubo de vidrio. Razonó que la propiedad eléctrica se estaba escapando por el hilo sisal hasta las vigas del techo y luego desde allí hasta quién sabría adónde. Se le ocurrió entonces una bella hipótesis de trabajo: pensó que la propiedad eléctrica debía viajar con mayor dificultad por un hilo delgado que por uno grueso. Sostuvo entonces todo mediante hilos de seda. Con este cambio ahora sí la bola de marfil adquirió propiedades atractivas. Este arreglo funcionó durante un tiempo hasta que un día se rompieron los hilos de seda. Gray decidió reemplazarlos por otra cosa delgada: hilos de bronce. Pero otra vez, como con el hilo sisal, la bola no adquirió la propiedad ámbar. Esto lo hizo pensar que lo importante de los hilos no era que fueran delgados sino que estuvieran hechos de seda. Y se le ocurrió una idea de enorme potencia: la propiedad eléctrica puede moverse a través de ciertos materiales, pero no a través de otros.

Es a través de las investigaciones de Stephen Gray que sabemos que hay buenos y malos conductores de las propiedades eléctricas (de atracción y repulsión). La seda, como los hilos sintéticos como el nylon, así como otros plásticos, son malos conductores; los metales y los objetos mojados son por lo general buenos conductores. Nuestros cuerpos son relativamente buenos conductores.

1. Escribí con tus palabras el descubrimiento de Gray.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Los científicos realizan experimentos para contestar preguntas, aunque en ocasiones los resultados en vez de ofrecer respuestas, plantean nuevas preguntas. ¿Podrías citar algún ejemplo de esto en las experiencias de Gray?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Cuando Gray no fue capaz de otorgarle efecto ámbar a la bola de marfil, reemplazó el hilo sisal por hilos de seda. Sin querer, Gray cambió dos variables a la vez. ¿Cuáles fueron esas dos variables? Gray concluyó que la propiedad ámbar no se mueve con facilidad por objetos delgados. ¿Qué sucedió que lo convenció de que eso no es así?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## Actividad 2. Fluido eléctrico, ¿existe o no?

### Texto 3: Fluido eléctrico.

Como la propiedad ámbar o propiedad eléctrica (ambos eran sinónimos en la época de Gray) podía fluir de un objeto a otro, pronto los científicos comenzaron a hablar de un “fluido eléctrico”. El frotamiento de alguna manera podía producir este fluido, el cual se mueve con facilidad a través de ciertos materiales y con dificultad a través de otros. Cuando un objeto tiene el fluido eléctrico, manifiesta atracciones y repulsiones. En la misma época se pensaba al calor como un fluido que podía moverse de objetos calientes a objetos fríos.

1. ¿Puede verse el fluido eléctrico? ¿Vos pensás que existe?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### Actividad 3. Para electrificar un pedazo de aluminio.

Para esta actividad deben trabajar en grupos de tres. Su docente les entregará una serie de materiales que incluyen un trozo de papel de aluminio y una barra de plástico que puede ser frotada. El objetivo de ustedes es construir un dispositivo que les permita transmitir la propiedad ámbar al pedacito de aluminio y que éste la retenga por un buen tiempo. Piensen primero cómo van a hacer para darse cuenta si el pedazo de aluminio tiene la propiedad ámbar o no.

A continuación hagan un dibujo de su dispositivo.

#### Texto 4: La carga, una palabra nueva para una idea vieja

Durante el siglo XVIII las experiencias con “fluido eléctrico” se hicieron muy populares, tanto entre los científicos como entre el público en general. Los efectos más llamativos se lograban con grandes electrificaciones. La gente observaba que era posible entregarle a los objetos cantidades crecientes de fluido eléctrico. Se empezó entonces a hablar de “cargar” un objeto, por analogía con la acción de cargar un fusil con pólvora (todavía se dice que una pistola está ‘cargada’ cuando tiene balas). Por extensión, el fluido eléctrico empezó a ser llamado “carga eléctrica”, nombre con el que aun hoy se lo conoce. Las grandes cantidades de carga eléctrica revelaron nuevos fenómenos. Por ejemplo, a veces la carga puede moverse de un objeto a otro en forma de chispa visible, y cuando la carga se mueve a través del cuerpo humano, se produce una sensación muy desagradable. La pérdida abrupta de carga hoy se conoce con el nombre de “descarga”, pero la misma palabra denota la súbita migración de carga a través del cuerpo de una persona, como cuando decimos “recibió una descarga”.

Pero notemos que “propiedad ámbar”, “fluido eléctrico” y “carga eléctrica” son términos que describen, con ligeras variaciones, esencialmente lo mismo: la capacidad de atracción y repulsión conferida por el frotamiento o el contacto con objetos frotados.



## Actividad 4. ¿Por qué al tocar un objeto cargado tiende a descargarse?

Un objeto cargado tiene una cantidad de un tipo de fluido. Pero las partes de ese fluido tenderán a repelerse. Tenderán a estar lo más lejos posible las unas de las otras. Si encuentran un objeto conductor, se “fugarán” por él justamente por esa tendencia a alejarse.

1. Si tocamos con una barra cargada un objeto, éste adquiere parte de la carga. Si el objeto es buen conductor, como un pedazo de papel de aluminio, éste se carga en toda su superficie. Si en cambio es de un material mal conductor, como en el caso de un globo, la carga puede permanecer en el lugar de contacto con la barra. ¿Por qué la distribución de la carga en un conductor es en toda su superficie?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### CLASE 3 ¿QUÉ PASA CUANDO ALGO NO ENCAJA?

Los científicos elaboran ideas para explicar las cosas y fenómenos que ven. Pero con frecuencia sucede que aparecen nuevos fenómenos que no encajan perfectamente en el esquema de ideas. Algo no anda bien. Lo primero, naturalmente, es confirmar que los experimentos estén bien hechos y que los nuevos fenómenos que uno observa son reales y no fruto de un error. Pero si aun así el nuevo fenómeno persiste, los científicos se enfrentan a dos posibilidades: o bien ignoran el fenómeno que no encaja, o, y esto es mucho más difícil de hacer, deben modificar las ideas que tenían para acomodar el nuevo fenómeno.

#### Actividad 1. Las ideas sobre carga hasta el momento.

Hemos estudiado varios fenómenos de atracción y repulsión y podemos resumir algunas de nuestras conclusiones.

- Al ser frotados, muchos objetos adquieren la propiedad de atraer todos los objetos que no hayan sido también frotados.
- Esta propiedad puede transmitirse a otros objetos por contacto, y también se pierde por contacto.
- La intensidad de la atracción varía.
- Dos objetos frotados y que han adquirido la capacidad de atraer, no se atraen entre sí, sino que se repelen.

1. Imaginen dos objetos, por ejemplo, dos globos inflados. No sabemos si fueron frotados o no. Uno de ellos al ser apoyado en la pared se queda pegado y el otro no. ¿Qué podemos concluir de esta observación?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Imaginen globos similares a los del problema anterior, cada uno con un piolín. Dos personas toman cada uno un globo del piolín y los acercan el uno al otro. Los dos globos se repelen. ¿Qué podemos concluir de esta observación?

.....

.....

.....

## Actividad 2. Cintas adhesivas cargadas.

1. Tu docente te va a entregar unos trozos de cinta adhesiva. Vas a pegar un pedazo de unos 30 cm sobre la mesa o pupitre. Frotalo con la uña para que esté bien pegado. Arrancalo de un suave tirón. ¿Está cargado? ¿Cómo te das cuenta?

.....  
.....  
.....

2. A continuación pegá un trozo de cinta adhesiva sobre la mesa o pupitre y luego otro trozo de la misma longitud exactamente sobre el primero. Frotalos con la uña. Arrancá las dos cintas juntas de modo que queden pegadas entre sí. Ahora tocá esa “cinta doble” con las manos hasta asegurarte de que no está(n) cargada(s). ¿Cómo te das cuenta de esto?

.....  
.....  
.....

3. Ahora, sosteniendo la cinta doble en el aire, despegá las dos cintas que la forman, una de la otra, y mantenelas bien separadas. Dejá cada una colgada de algún otro objeto sin que entre en contacto con nada. Comprobá, para cada una de ellas, si está cargada. ¿Cómo te das cuenta?

.....  
.....  
.....

4. ¿Qué debería suceder, de acuerdo a las ideas que desarrollamos hasta ahora, cuando acerques una cinta a la otra? Asegurate de escribir tu predicción. ¿Qué te lleva a pensar que sucederá eso?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

5. Ahora acercá las cintas una a otra y anotá el resultado.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## Actividad 3. ¿Cuántas formas de cargar?

1. Preparen las cintas dobles como antes, sepárenlas y asegúrense de que estén **ambas** cargadas. Péguenlas en algún lugar de modo que cuelguen y uno pueda acercar a ellas otros objetos.
2. Tomen otros materiales y frótenlos para cargarlos. Acérquenlos a cintas que estuvieron del lado de arriba sobre la mesa (las llamaremos *cintas superiores*) y cintas que estuvieron del lado de abajo, pegadas a la mesa (las llamaremos *cintas inferiores*) para ver cómo se comportan frente a ellas.
3. El papel celofán, ¿se comporta como una cinta superior, como una cinta inferior o como ninguna de ellas? ¿Qué te lleva a decir eso?

.....

.....

.....

4. ¿Qué sucede con el sorbete? ¿Se comporta como una cinta superior, como una cinta inferior o como ninguna de ellas? ¿Qué sucede frente a otro sorbete frotado?

.....

.....

.....

5. En base a estas observaciones, ¿cuántos tipos de carga has detectado?

.....

.....

.....

6. Imaginate que tenés un tipo de cinta (o un nuevo objeto frotado) que se repele con la cinta inferior y también se repele con la cinta superior, pero que atrae a todos los objetos que no han sido frotados. ¿Qué podés concluir de esta observación? ¿Qué tipo de carga tendría este objeto?

.....

.....

.....

.....

## Actividad 5. Teoría reformulada.

En base a todo lo discutido hasta ahora en esta clase, reformulen las ideas de carga esbozadas en la actividad 1 para acomodar los fenómenos discrepantes que hemos estudiado.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## CLASE 4 ¿DE DÓNDE VIENE LA CARGA?

Cuando frotamos un objeto, éste puede adquirir la capacidad de atraer o repeler objetos. Decimos que adquiere un fluido eléctrico o carga. ¿De dónde viene ese fluido? ¿Aparece por la acción de frotamiento? ¿Es creado de la nada o estaba alojado en el objeto de manera inactiva? ¿Es posible destruir la carga, como cuando se la crea?

### Actividad 1. ¿Desaparición de carga?

Lean en grupos de tres y contesten.

#### Texto 5: ¿Dura la carga para siempre?

Los objetos cargados tienden a descargarse con el tiempo. Si los tocamos con otro objeto, la cantidad de carga que contienen parece descender, dado que la intensidad de las atracciones y repulsiones disminuye. Si el objeto con el que lo tocamos es un buen conductor, esta disminución es más pronunciada. El segundo objeto tiende a ganar carga. Si el conductor es muy grande o está conectado con un objeto muy grande (el suelo, por ejemplo, o en otras palabras el planeta Tierra), el objeto parece perder repentinamente toda su carga. Si el objeto cargado está bien aislado, tiende a permanecer cargado por períodos de tiempo prolongados. Pero cuánto tiempo depende de otros factores. Por ejemplo, si la humedad ambiente es alta, el objeto permanecerá cargado un tiempo menor. Si un conductor puntiagudo se encuentra cerca, la carga también tiende a perderse. Sin embargo, es difícil pensar en un objeto que corrientemente permanezca cargado indefinidamente.

1. Lean cuidadosamente el texto 5. De acuerdo a los fenómenos descritos en el mismo, ¿creen que es posible destruir el fluido eléctrico o no?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## Actividad 2. ¿Aparición de carga?

### Texto 6: Benjamin Franklin

A fines del 1700s, el norteamericano Benjamin Franklin desarrolló una serie muy interesante de ideas sobre la carga eléctrica. Varios experimentos lo convencieron de que todos los objetos tienen en su interior los dos tipos de carga eléctrica (que hasta ese entonces habían recibido los nombres de electricidad vítrea y electricidad resinosa). De acuerdo a las ideas de Franklin si dos objetos tienen un exceso de un mismo tipo de carga (por más leve que sea) tenderán a repelerse y si tienen un exceso de carga de diferente tipo, tenderán a atraerse. Si poseen un balance perfecto de los dos tipos de carga, los efectos atractivos y repulsivos se compensarán mutuamente y el resultado será ausencia de fuerzas eléctricas.

Franklin sugirió que el proceso de frotado no provocaba la aparición de cargas de la nada sino que inducía su separación: uno de los objetos quedaba con un tipo de carga y el otro con el otro tipo. Por ejemplo, al frotar un sorbete con papel, de acuerdo con Franklin, el sorbete adquiere un tipo de carga y el papel el otro.

1. ¿Cómo harías para poner a prueba la idea de Franklin? Contá qué observaciones o experimentos realizarías.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

2. ¿Hubo algún experimento que hayas hecho que esté de acuerdo con las ideas de Franklin? ¿Alguno que las contradiga?

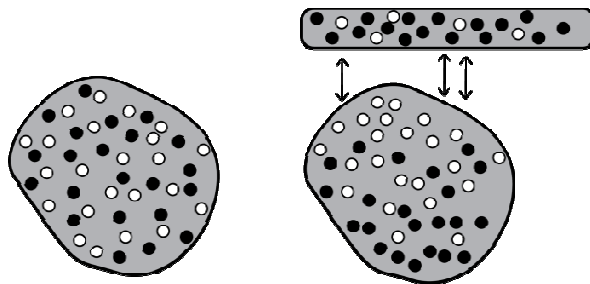
.....  
.....  
.....  
.....

3. Esta idea se conoce hoy en día como “ley de la conservación de la carga” y es una de las más fundamentales en la física. ¿Conocés algunas otras leyes en física? Mencionalas. ¿Oíste hablar específicamente de alguna otra ley de “conservación”? ¿Podrías enunciar en tus propias palabras la conservación de la carga?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

### Actividad 3. ¿Por qué los objetos cargados atraen a los neutros?

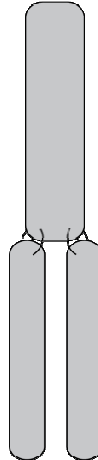
Si un objeto neutro tiene los dos tipos de carga en su interior, entonces es posible que un objeto cargado atraiga un tipo de carga del objeto neutro y repela el otro tipo. Esto induciría dos regiones cargadas en el objeto neutro tal como vemos en la figura. De este modo, podemos entender por qué un objeto cargado siempre atrae a un objeto neutro.



¿Es esto posible? ¿Ocurre de verdad?

Veamos una posible predicción de esta idea que puede ser puesta a prueba experimentalmente.

1. Observen el dibujo de este objeto hipotético. Imaginen que está hecho de metal con dos partes inferiores móviles. Si acercamos una barra cargada a la parte superior del objeto, y si nuestra idea es correcta, dibujen cómo deberían redistribuirse las cargas en el objeto.



## Concepto de Carga

---

2. Si las dos secciones en la parte inferior del objeto pueden moverse libremente, ¿se moverán cuando acerquemos un objeto cargado a la parte superior? Explicá claramente cómo arribaste a tu respuesta.

.....

.....

.....

.....

.....

3. Realicen el experimento usando un electroscopio provisto por el docente. ¿Qué pueden concluir de este resultado? ¿Se les ocurre alguna otra manera de explicar el resultado?

.....

.....

.....

.....

.....

4. ¿Qué concluimos si esto no sucede?

.....

.....

.....

.....

.....