



ZIENTZIAREN KUTXAGUNEA
KUTXAESPACIO DE LA CIENCIA

CHISPAS DE ENERGÍA

GUÍA DIDÁCTICA PARA EL ALUMNADO **BACHILLER**

Este documento está editado en **euskera, castellano y francés**. Si quiere recibir alguno de estos idiomas, solicítelo en el teléfono de reservas:

 **943 012 917**

CHISPAS DE ENERGÍA

GUÍA DIDÁCTICA PARA EL ALUMNADO **BACHILLER**

Nuestra vocación más querida es la de ser un recurso para la Comunidad Educativa. Profundizando en ella hemos emprendido un proyecto de investigación con el título: "Diseño y elaboración de materiales didácticos para alumnos y profesores de enseñanza secundaria que ilustran recorridos educativos por kutxaEspacio Museo de la Ciencia".

Se trata de una colaboración entre kutxaEspacio Museo de la Ciencia, la Universidad del País Vasco y el Departamento de Educación, Universidades e investigación del Gobierno Vasco. En sus manos tiene el primer resultado de este proyecto que muy pronto tendrá su continuación en nuevos materiales pedagógicos. Esperamos que nuestro esfuerzo les resulte útil.

Reciban un cordial saludo de,

Félix Ares

Director General.

Ficha Técnica

Edita:

kutxaEspacio Museo de la Ciencia
Mikeletegi Pasealekua 45
20009 Donostia-San Sebastián

Autores:

Rafael Azcona Rivado, Mikel Etxaniz Añorga, Jenaro Guisasa Aranzabal y Emiliano Mugika Mandiola.

Fotografías:

kutxaEspacio Museo de la Ciencia

Notas de ISBN:

Chispas de energía. Guía didáctica para el alumnado Bachiller (castellano).
ISBN 84-609-5955-4.
Depósito legal: SS-708/05
PVP: 6 €



Materiales finalistas de los premios "Física en Acción" y seleccionados para la feria Europea "Physics on stage".

Si desea más información sobre cualquier tema concreto o, simplemente, quiere conocer mejor kutxaEspacio de la Ciencia visite nuestra web:

www.miramon.org

Para resolver una duda o para realizar su reserva, puede llamar al servicio de reservas

 **943 012 917**

de lunes a viernes de 9,30 h a 13,30 h.

Si quiere llevar a cabo cualquier consulta a través del correo electrónico, la dirección es la siguiente:

kutxaespacio@kutxa.es

Y si prefiere ponerse en contacto a través del fax, puede hacerlo en el:

 **943 012 918**

El apagón de Nueva York.



**Nueva York, 9 de noviembre de 1965,
17:25 de la tarde.**

Ha ocurrido el fallo técnico más grave y sorprendente que jamás haya sucedido: doce millones de habitantes, la ciudad de Nueva York, más 24 millones de los estados de Massachussets, New Hampshire, Rhode Island, Connecticut, New Jersey y Pennsylvania, han quedado sin suministro eléctrico.

No funciona ningún aparato eléctrico. Los ascensores, semáforos, radios, televisores, hornos, calefacciones, instrumentos de los hospitales... están completamente apagados. Muy pocos edificios tienen su propio generador eléctrico.

“¡Cuando anochezca nos van a robar!”.

Las colas de vehículos, los atascos, son descomunales. Los vehículos se van quedando sin gasolina, pero no se pueden llenar los depósitos, ya que las bombas eléctricas de las gasolineras tampoco funcionan. La gente está dejando los coches en cualquier lugar de la calle.

“¡Mi hijo está enfermo y tengo que llevarlo al hospital, pero no puedo! ¡El atasco no me deja avanzar!”.

Un millón de personas han quedado atrapadas en el metro, sin

poder avanzar ni retroceder. También en el tráfico aéreo la confusión es total. Los controladores se ven impotentes para controlar los despegues y aterrizajes de los aviones y estos continúan volando, sin atreverse a tomar tierra. Las comunicaciones se han interrumpido.

“¡Tenemos que aterrizar cuanto antes, se nos está acabando el combustible!”

No funcionan los sistemas de defensa; los radares se han quedado ciegos. No podremos responder en caso de ataque: de hecho, los sistemas para lanzar misiles son eléctricos, y no funcionan.

“Somos el país más poderoso del mundo. Cada año gastamos miles de millones de dólares en mejorar las armas, los sistemas de seguridad... y todo eso no nos sirve para nada sin electricidad”.

El apagón duró doce horas. Accidentes, robos, gente corriendo despavorida en la oscuridad... Hubo numerosos muertos. La sociedad más avanzada del mundo se percató de forma repentina y despiadada de cuán enorme era su dependencia de la electricidad.

La sociedad más avanzada del mundo se percató de forma repentina y despiadada de cuán enorme era su dependencia de la electricidad.

¿Cómo sería tu vida sin electricidad?

Utilizamos la electricidad docenas, centenares de veces al día en nuestra vida cotidiana, a cada momento ponemos en marcha algún aparato eléctrico, y ni siquiera nos percatamos de la importancia de la electricidad.

¿La electricidad?

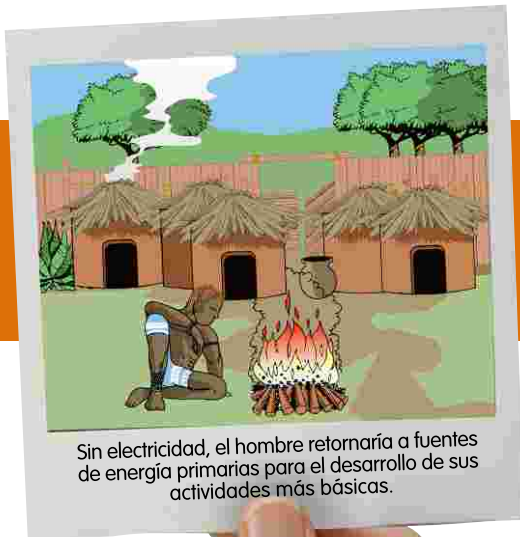
¡Ahí la tenemos; disfrutamos de ella, y punto!

Pero si se fuera la luz, como sucedió aquel día en Nueva York... ¡Vaya un montón de problemas que se nos vendrían encima!

Si te ha sucedido alguna vez, ya sabes a qué nos referimos. Aunque

sabes que no hay electricidad, tiendes a pulsar el interruptor de la luz una y otra vez, involuntariamente. O intentas encender la televisión, la calefacción, el equipo de música...

Y si el corte de suministro dura más de media hora, empezamos a ponernos nerviosos, sin saber qué hacer. Así pues, hemos decidido realizar unos cuantos experimentos para conocer mejor la electricidad, tan necesaria y tan desconocida a la vez. Para ello, te recomendamos que visites la sala CHISPAS DE ENERGÍA. Además, como podrás observar, aquellos imanes con los que solías jugar de niño tienen una estrecha relación con la electricidad.



Sin electricidad, el hombre retornaría a fuentes de energía primarias para el desarrollo de sus actividades más básicas.

Utilizamos la electricidad docenas, centenares de veces al día en nuestra vida cotidiana.

Los módulos de la sala se pueden clasificar en varios itinerarios, de acuerdo con el problema planteado en el módulo.

Ésta será la guía de tu visita:

<p>1 Las cargas están al alcance de tu mano.</p>	<p>Te darás cuenta de que la electricidad es un fenómeno común y totalmente natural, presente en tu vida cotidiana.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Módulo: Pulgas eléctricas. • Módulo: Bola de plasma.
<p>2 Mueve las cargas por donde quieras.</p>	<p>En los módulos observarás que las cargas eléctricas se mueven y que se necesitan pilas, u otros generadores, para mantener el movimiento de las cargas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Módulo: ¡Tú eres una pila! • Módulo: Sentir la electricidad. • Módulo: Tu corazón es eléctrico. • Módulo: Chispas trepadoras.
<p>3 Podemos crear imanes...</p>	<p>Podrás observar imanes naturales, imanes creados mediante electricidad y fuerzas magnéticas, así como sus efectos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Módulo: Arena magnética. • Módulo: Juntos pero no revueltos. • Módulo: Succión magnética. • Módulo: A vueltas con la electricidad. • Módulo: Descargas brillantes. • Módulo: Pintando con imanes. • Módulo: Freno magnético.
<p>... y también corriente.</p>	<p>Te mostraremos que se puede producir corriente eléctrica mediante imanes. Podrás apreciar, por tanto, la estrecha relación entre la electricidad y el magnetismo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Módulo: Efecto generador. • Módulo: Energía frente a potencia. • Módulo: Resonancia de Hertz.

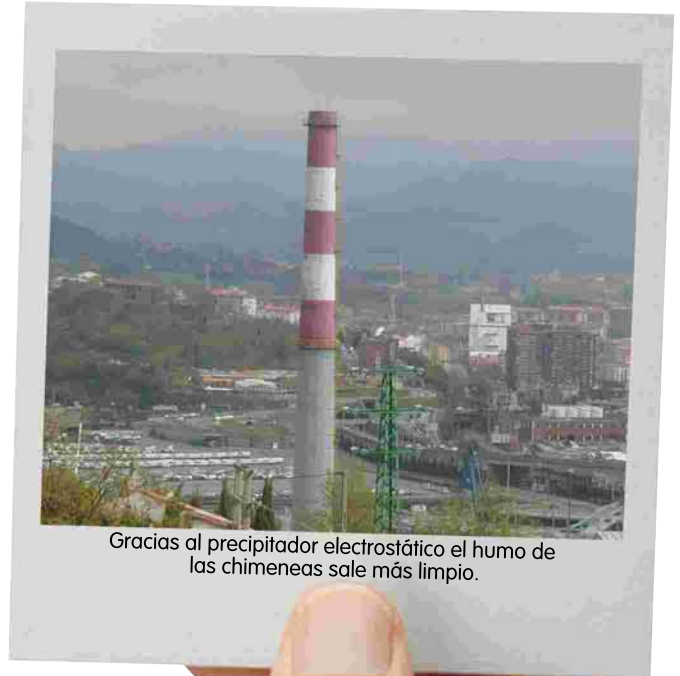
I Las cargas están al alcance de tu mano.

¿Sabías que cuando pones un folio encima del cristal de la fotocopidora para hacer una copia se pone en marcha un mecanismo complicado basado en los movimientos de las cargas eléctricas en el interior del aparato?

¿Y que los acondicionadores ("suavizantes") que utilizamos de vez en cuando dejan el cabello suave porque descargan electricidad?

En este apartado tendremos la oportunidad de observar la naturaleza de la corriente eléctrica en los dos módulos ya mencionados: *Pulgas eléctricas* y *Bola de plasma*.

Las cargas eléctricas son la causa de numerosos fenómenos o "incidentes" de nuestra vida cotidiana: que las hojas se peguen a los clasificadores de plástico, tener un calambre al salir del coche después de realizar un largo viaje, que la tira para cerrar las bolsas de plástico para la basura se pegue a los dedos... Además, las cargas eléctricas son también la base de algunos aparatos. Entre otros, los ionizadores para mejorar la calidad del aire en espacios cerrados, o el precipitador electrostático para limpiar el humo que sale de las chimeneas.



► Recuerda

1. ¿Qué quiere decir que la materia tiene naturaleza eléctrica?
2. ¿Qué es el campo eléctrico? ¿Y el potencial? ¿Y la diferencia de potencial?
3. ¿En qué sentido se mueven las cargas positivas dentro del campo eléctrico? ¿Y las negativas?

• Módulo: Pulgas eléctricas.



En el Museo podrás ver...

En este primer módulo denominado *Pulgas eléctricas* hay un gran número de trozos de papel redondos dentro de una especie de mesa, cubiertos por un plástico transparente. Los papeles se encuentran a pocos centímetros del plástico.

Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

Cuando estés en el interior del Museo deberás frotar fuertemente el plástico transparente que cubre la mesa con tu jersey.

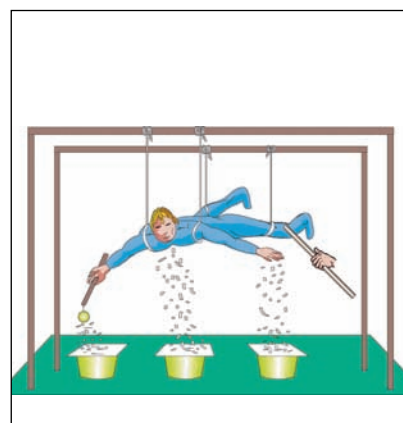
Para comprender mejor lo que ocurrirá a continuación, he aquí una breve explicación histórica.



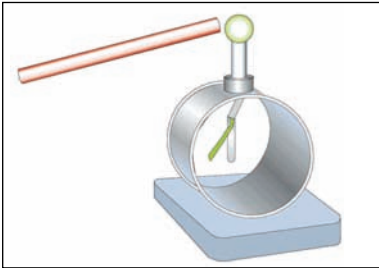
Inducción eléctrica.

En la década de los 50 del siglo XVIII se tenía conocimiento de numerosos fenómenos electrostáticos, pero los científicos no sabían ofrecer una explicación clara sobre los mismos. Tomemos como ejemplo el experimento que realizó Stephen Gray con un muchacho cargado con electricidad: éste atraía papeles mientras permanecía colgado en el aire.

El trabajo de los científicos C. Du Fay, J. Canton, B. Franklin, J.C. Wilcke y F. Aepinius fue más allá de tan escasas y anecdóticas explicaciones, gracias a lo cual se pudo formular una explicación más general, es decir, se abrió el camino para poder repetir y hacer uso de dichos fenómenos. Hoy en día los científicos conocen este conjunto de fenómenos como inducción eléctrica. Sepamos a continuación cómo explicaban los científicos de la época los citados fenómenos.



Según la representación de DuFay y Franklin, la electricidad era un fluido compuesto por partículas muy suaves y ligeras, tan ligeras que podían penetrar en la materia común con gran facilidad. Por tanto, hay dos tipos de materia en los fenómenos eléctricos: la común y la eléctrica. Las partículas de materia común se atraen entre sí; las de materia eléctrica, por el contrario, se repelen. Por consiguiente, los cuerpos electrizados son aquellos que tienen mucha materia o fluido eléctrico, y alrededor de ellos se crea una atmósfera eléctrica. Cuando dos cuerpos electrizados se acercan, sus atmósferas chocan y se repelen.



Mediante este experimento se explican de forma sencilla algunos fenómenos de inducción. Por ejemplo, cuando un cuerpo cargado se acerca a un electroscopio (sin tocarlo), las láminas que están debajo se abren por inducción. El experimento lo explica de la siguiente manera: el electroscopio está en estado neutro, puesto que no tiene ningún fluido eléctrico en exceso (aunque tiene fluido); por tanto, la atmósfera que rodea al cuerpo cargado (originada por el fluido en exceso que tiene el cuerpo) repele el fluido del electroscopio y lo empuja hacia abajo. Abajo, en las láminas, queda fluido en exceso y las láminas se repelen.

F. Aepinius no creía en fluidos que no se pudieran detectar ni, por consiguiente, en "atmósferas eléctricas". En su opinión, la materia tiene carga positiva y negativa y normalmente está en estado neutro, ya que la cantidad de carga positiva y negativa es idéntica. Creía, por otra parte, que las cargas del mismo signo se repelen y que las del signo contrario se atraen, y que esas fuerzas se debilitan con la distancia.

- Obviamente, la interpretación actual de la carga coincide con la idea de Aepinius y no con la teoría de Franklin. ¿Cuál es, en tu opinión, el motivo de dicha interpretación? ¿Se podría explicar el experimento del chico que atraía papelitos por inducción mediante la teoría de Franklin?

- ¿Cómo lo explicarías con las ideas de Aepinius? ¿Y la inducción que se produce en el electroscopio?

Aepinius explicó de la siguiente manera la atracción de los papelitos en el libro *Tentamen Teoria Electricitatis et Magnetismi*, publicado en el año 1759:

"Cuando un cuerpo cargado se acerca a un cuerpo neutro, las cargas positivas y negativas del cuerpo neutro se separan como consecuencia de la fuerza eléctrica realizada por el cuerpo cargado sobre las cargas del neutro. Teniendo en cuenta que las cargas de signo contrario quedan más cerca del cuerpo cargado, la fuerza de atracción es mayor que la fuerza de repulsión y, de esta manera, el cuerpo cargado atrae al cuerpo neutro"

La materia tiene carga positiva y negativa y normalmente está en estado neutro, ya que la cantidad de carga positiva y negativa es idéntica.

○ ¿Qué les sucederá a los trocitos de papel que están debajo de la lámina de plástico si frotas enérgicamente dicha lámina con el jersey?

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

A continuación debes verificar si las teorías propuestas son correctas o no. Además de confirmar las hipótesis planteadas, te propondremos nuevas experiencias para poder observar lo que sucede en la bola de plasma y alrededor de la misma.

Debes frotar enérgicamente con el jersey el plástico transparente que cubre la mesa durante aproximadamente diez segundos.

- ❶ ¿Qué les ha sucedido a los papelitos?
- ¿Se ha cumplido la hipótesis que planteaste en clase?



Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

- ❶ ¿Por qué han subido los papelitos hacia el plástico al frotarlo con tu jersey?
- ¿Estaban cargados los papelitos?
- ❷ ¿Por qué han descendido a continuación (el proceso puede repetirse dos o tres veces)?

• Módulo: Bola de plasma.



En el Museo podrás ver...

En el segundo módulo *Bola de plasma* tenemos una bola llena de plasma, tal como nos lo indica su propio nombre. ¿Sabes qué es el plasma? ¿No? Encontrarás información sobre este tema a continuación.



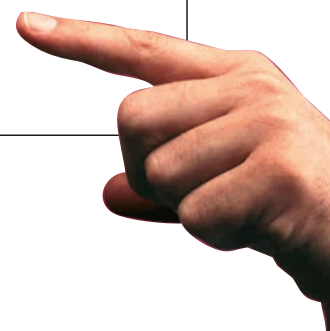
Plasma.

La materia se encuentra en el Universo en cuatro estados de agregación: sólido, líquido, gas y plasma. He aquí una definición sencilla de plasma: gas a muy alta temperatura. La temperatura es tan alta que los átomos están ionizados, siendo el número de electrones libres aproximadamente igual al número de iones positivos.

El estado de plasma se consigue cuando se igualan el número de átomos ionizados del material y el número de los que se mantienen neutros. Esta igualdad se consigue con facilidad en el interior de las estrellas, ya que sus elevadas temperaturas (entre 10.000 y millones de grados Kelvin) son apropiadas para ionizar muchos átomos. Por tanto, todas las estrellas están formadas de plasma (a menos que estén apagadas), lo que convierte al plasma en el estado de agregación más común del universo, ya que la mayor parte de la materia del Universo se encuentra en las estrellas.

El plasma también se obtiene en gases a baja presión; por ejemplo, en el interior de las lámparas de neón. También nos encontramos ante un estado de plasma cuando hay rayos o en las auroras boreales.

La materia se encuentra en el Universo
en 4 estados de agregación:
sólido, líquido, gas y plasma.



Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

Como ya hemos indicado anteriormente, la bola está llena de plasma. Y en el centro hay un punto donde se concentra la carga negativa (con potencial muy negativo). En la esfera exterior, en cambio, también hay carga negativa en exceso pero la concentración es mucho menor que en el centro (al tener un potencial negativo, no es tan baja).

- ❶ En tu opinión ¿las cargas negativas pasarán en la bola de plasma del centro a la superficie exterior de la misma? ¿Se percibirá algún cambio?
- ❷ ¿Qué sucederá si pones el dedo sobre la esfera?

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?



- ❶ ¿Pasa la carga desde el punto central a la superficie exterior?
- ❷ ¿Qué ha ocurrido al tocar la esfera con los dedos?
- ❸ ¿Qué sucede si acercas una lámpara de destello a la bola de plasma (no es necesario tocarla)? Haz estos dos experimentos: sujeta la lámpara con los dedos por uno de sus extremos metálicos; a continuación, cógela por la parte de vidrio, por el centro. ¿Notas alguna diferencia?
- ❹ ¿Qué ocurre a medida que alejas la lámpara de destello?
- ❺ Mientras otra persona está tocando la bola con una mano, sujeta con la otra la lámpara de destello por el extremo metálico. ¿Se encenderá? ¿Y si otra persona sujeta el otro extremo con el dedo?
- ❻ Por último, dirígete a los cuatro cilindros llenos de plasma que están a la entrada de la sala y pon la lámpara de destello cerca de la superficie, perpendicular a ésta. ¿Se enciende? A continuación, ponla de forma paralela. ¿Se enciende?

Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

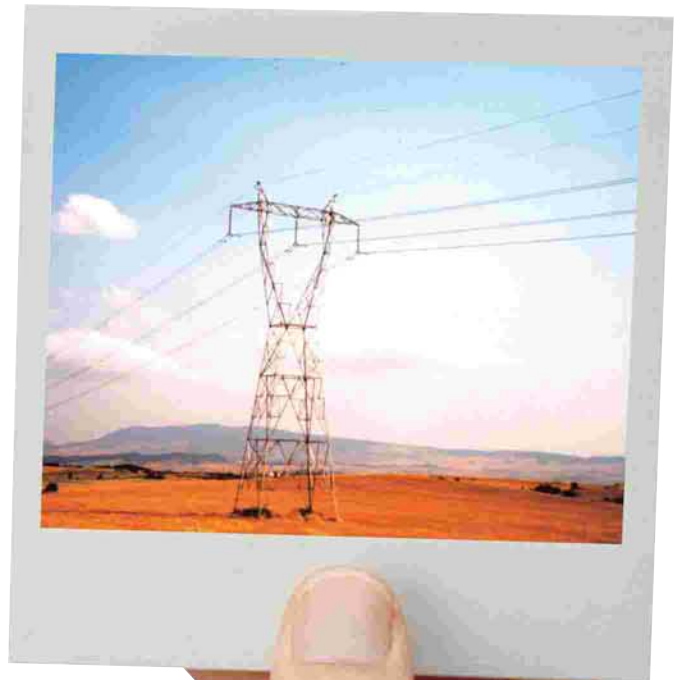
- ❶ ¿Por qué pasan las cargas desde el punto central de la bola de plasma a la superficie exterior de la misma?
- ❷ ¿Por qué se dirigen los rayos, las cargas, a cualquier punto de la superficie de la esfera?
- ❸ ¿Por qué se han dirigido la mayoría de los rayos, la mayoría de las cargas, a tu dedo al tocar la superficie de la esfera con éste?
- ❹ ¿Por qué se ha encendido la lámpara de destello al acercarla a la bola de plasma? ¿Por qué se ilumina más al sujetarla desde el extremo metálico que al sujetarla por el centro de la parte de vidrio?
- ❺ ¿Por qué ilumina cada vez menos la lámpara a medida que la vas alejando de la bola?
- ❻ ¿Por qué se ilumina más la lámpara al sujetarla cuando tu cuerpo está en contacto con la bola (tocando la bola con la otra mano) que cuando no lo está? ¿Y cuando otra persona la sujeta con el dedo por el otro extremo?
- ❼ ¿Por qué se ilumina más la lámpara al ponerla perpendicularmente frente a uno de los cilindros llenos de plasma que se encuentran a la entrada de la sala? ¿Y por qué no se enciende en ocasiones al ponerla de forma paralela?

2 Mueve las cargas por donde quieras.

En el apartado anterior hemos visto que la materia se compone de carga eléctrica y que el desequilibrio entre la carga positiva y negativa crea una diferencia de potencial. Los movimientos -corrientes- de las cargas producen la diferencia de potencial.

Sin embargo, dichas corrientes se extinguen con suma rapidez (al igualar el potencial, para ser precisos). Por lo tanto, las que realmente tienen importancia son las corrientes que permanecen a lo largo del tiempo en los circuitos eléctricos, ya que constituyen la base de la tecnología de nuestra sociedad.

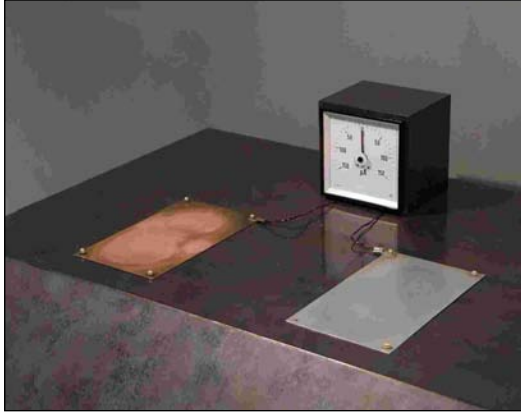
Por eso, en este segundo apartado veremos qué condiciones hay que cumplir para mantener la corriente eléctrica en un circuito, así como algunos de sus efectos.



► Recuerda

1. ¿En qué se diferencian los conductores y los aislantes eléctricos?
2. En un circuito eléctrico, ¿qué elementos conoces? ¿Cuál es la función de dichos elementos?
3. ¿Cuándo se dice que un circuito está abierto? ¿Y cerrado?
4. ¿Cuáles son las principales magnitudes que indican las características de un circuito eléctrico?
5. Los elementos de un circuito se pueden conectar en serie o en paralelo. ¿Cuáles son las características de estos dos tipos de montajes?
6. ¿Cómo se llaman los instrumentos de medida que indican el valor de las magnitudes eléctricas? ¿Cómo se conectan, en serie o en paralelo?
7. ¿Qué tipo de relación existe entre las magnitudes de un circuito?
8. ¿Qué tiene que hacer (qué hace) un generador para que se mantenga una corriente eléctrica constante - y no una descarga repentina - entre dos puntos del circuito?
9. ¿Qué quiere decir que un átomo es electronegativo? ¿Y electropositivo? De todos los elementos ¿cuáles son los más electronegativos y los más electropositivos? ¿Qué tipo de energía de ionización tienen unos y otros? ¿Qué tipo de iones producen? ¿De entre estos átomos, cuáles son electronegativos y cuáles electropositivos: Na ($Z=11$), Cl ($Z=17$), He ($Z=2$), S ($Z=16$), Mg ($Z=12$), F ($Z=9$)?
10. Explica el significado de estos conceptos: reacción redox, reductor, oxidante, reacción de reducción, reacción de oxidación.

• Módulo: ¡Tú eres una pila!



En el Museo podrás ver...

En este primer módulo *¡Tú eres una pila!* hay láminas de diferentes materiales. Las láminas están unidas mediante un cable conductor y en medio hay un amperímetro para medir la corriente que puede circular por el circuito.

Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

- 1 ¿Dónde, en qué lámina, tendrás que colocar las manos para que haya corriente, para que se forme una pila?
- 2 ¿Y, si en vez de poner las manos encima de las láminas, conectas éstas entre sí mediante un cable conductor, se generará una pila?
- 3 ¿Si tienes las manos húmedas -de sudor, por haberlas humedecido con saliva- la pila será igual, tendrá la misma corriente?
- 4 ¿Y si en tu lugar es otra persona la que pone las manos encima de las láminas?



Pilas electroquímicas.



Alessandro Volta describió de la siguiente forma las características de la pila que él había inventado en el documento presentado en la Royal Society de Londres:

"Este dispositivo que os estoy mostrando y que os dejará perplejos, no es más que una unión de varios tipos de buenos conductores; naturalmente, una unión realizada de forma especial. Unas treinta, cuarenta, cincuenta piezas de cobre –mejor de plata–, cada una aplicada a una pieza de estaño o, mucho mejor, de cinc, y en medio trozos de cartón o de piel mojados en agua - o en algún otro líquido que sea mejor conductor que el agua corriente (agua salada, lejía...) - y una serie periódica de estos tres conductores, como señalaba anteriormente. En eso consiste, resumidamente, mi nuevo dispositivo".

Volta no fue capaz de explicar la teoría del funcionamiento de la pila. Dicha explicación no se materializó hasta transcurridos varios años, bien entrados ya en el siglo XIX: las reacciones químicas que tienen lugar dentro de la pila

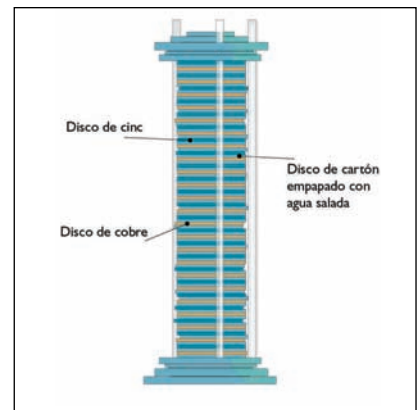
electroquímica se interpretaron como intercambio de electrones, como reacciones redox, algo similar a las transformaciones que se dan entre elementos metálicos y no metálicos y otras reacciones químicas (por ejemplo, combustiones).

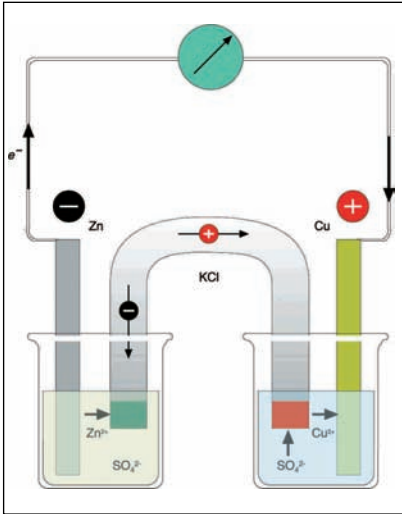
Muchos de los conceptos que utilizamos para explicar esos fenómenos los descubrió el científico Michael Faraday (1834). Faraday introdujo dos láminas de diferentes metales cada una en una disolución y las llamó electrodos (ánodo y cátodo); a los átomos o moléculas de carga eléctrica y que se mueven hacia los electrodos los denominó iones (aniones a los de carga negativa y cationes a los de carga positiva), y, finalmente, electrolitos a las disoluciones o pastas conductoras (en general sales y sustancias con carácter ácido o básico) en las que se introducen las láminas.

Cada electrodo de la pila tiene su propio potencial y en condiciones estándares (temperatura 25 °C, presión 1 atm y concentraciones de disoluciones 1 M) se denomina potencial de electrodo estándar o potencial de reducción estándar. Para medir dicho potencial estándar, se monta una pila con el citado electrodo y un electrodo de hidrógeno. Al potencial de electrodo del hidrógeno se le da el valor 0 (se toma como referencia) y, por lo tanto, el valor del potencial del otro electrodo es la diferencia de potencial que indica el voltímetro.

El valor de dicho potencial indica la tendencia, de darse la reacción de reducción en ese electrodo. Por lo tanto, si el potencial de un electrodo de una pila es mayor que el del otro electrodo, ello significa que en dicho electrodo tendrá lugar la reacción de reducción, que captará electrones (ya que los iones positivos que se encuentran en la disolución se transformarán en átomos o moléculas neutras); es decir, que es el polo positivo de la pila (y es cátodo, porque es ahí donde se desplazan los cationes). Y si el potencial de dicho electrodo es menor que el del otro, en ese electrodo tendrá lugar la reacción de oxidación y se liberarán los electrones (ya que un átomo o molécula neutra se convertirá en ión positivo). El polo de la pila es negativo (ánodo).

Es necesario el continuo movimiento de iones para que se mantengan las reacciones; por ese motivo los dos electrodos están conectados a través de electrolitos.



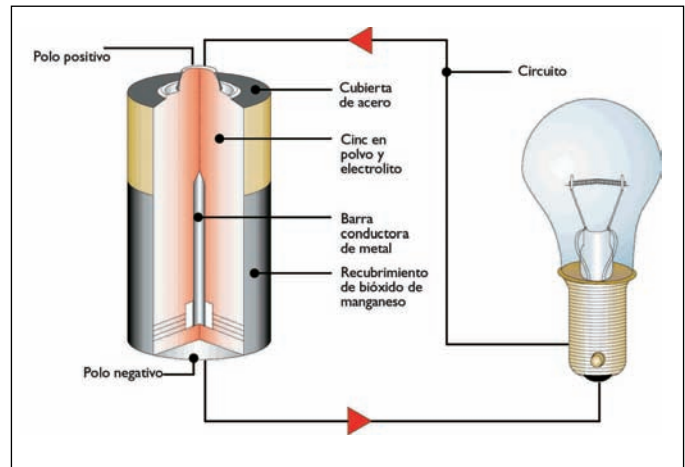


Por ejemplo, en la pila de cobre y cinc de Volta éste es el valor del potencial de reducción:	
$E^0 (\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ V}$	$E^0 (\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,34 \text{ V}$
Por lo tanto, está claro que en el electrodo de cobre habrá reducción, y en el electrodo de cinc, oxidación. éstas son las reacciones:	
$\text{Cu}^{2+} (\text{aq}) + 2 \text{e}^- \xrightarrow{\text{reducción}} \text{Cu} (\text{s})$ (electrodo positivo, cátodo).	
$\text{Zn} (\text{s}) \xrightarrow{\text{oxidación}} \text{Zn}^{2+} (\text{aq}) + 2 \text{e}^-$ (electrodo negativo, ánodo).	
La diferencia de potencial - la que establece la pila en el circuito - entre los dos electrodos de la pila se calcula de la siguiente forma.	
$E^0 \text{ pila} = E^0 \text{ cátodo} - E^0 \text{ ánodo}$	
En el caso de esta pila será:	
$0,34 \text{ V} - (-0,76) \text{ V} = 1,1 \text{ V}$	

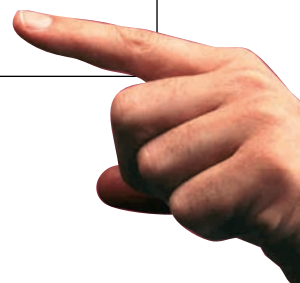
Desde que Volta inventara la primera pila en el año 1800, se han producido pilas de varios tipos. Por ejemplo, la pila comercial común (pilas Leclanché) tiene carcasa de cinc (ánodo) y una barra de carbono en la mitad (cátodo); el electrolito es una pasta húmeda compuesta por las sustancias NH_4Cl , ZnCl_2 y MnO_2 . El potencial de esta pila es de 1,5 V; si conectamos en serie tres pilas de este tipo se obtienen pilas de 4,5 V. Se utilizan en radios, juguetes, linternas...

La diferencia de la pila alcalina con la anterior es el electrolito (NaOH en lugar de cloruro amónico). Se utiliza en cámaras fotográficas y calculadoras.

Las pilas de mercurio (también denominados pilas botón) tienen polvo de cinc y HgO y KOH (electrolito alcalino). Dichas pilas tienen un potencial constante de 1,35 V. Se utilizan en la industria electrónica (relojes electrónicos, calculadoras, cámaras fotográficas,...) y en medicina (audífonos...). En la actualidad se está cuestionando su uso, debido a que produce serios daños medioambientales.



Las pilas electroquímicas tienen múltiples aplicaciones en radios, juguetes, linternas, cámaras fotográficas, calculadoras, relojes electrónicos, audífonos, etc.



Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

A continuación debes comprobar las hipótesis presentadas.

- 1 Pon las dos manos -de diferentes maneras- encima de las láminas de metal. ¿Cuándo obtienes corriente? ¿Qué diferencia de potencial existe? ¿Qué intensidad tiene la corriente?
- 2 En vez de conectar las dos láminas mediante las manos, ponlas en contacto a través de un cable conductor. ¿Se ha formado la pila?
- 3 Humedece las manos con saliva antes de ponerlas encima de las láminas. ¿Qué diferencia de potencial existe ahora? ¿Y qué intensidad tiene la corriente?
- 4 ¿Y cuando otra persona pone las manos?
- 5 Para formar la pila, has puesto las manos de determinada manera sobre las láminas. ¿Se pueden colocar de otra forma para obtener una pila? ¿Qué diferencia de potencial existe ahora?

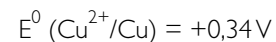


Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

- 1 ¿Por qué se ha formado una pila al poner las manos en láminas diferentes?
- 2 ¿Y por qué no se ha formado cuando has unido las láminas mediante un cable?
- 3 El nombre del módulo es ¡Tú eres una pila!. ¿Realmente, eres una pila?
- 4 ¿Por qué ha cambiado la diferencia de potencial al humedecer las manos?
- 5 ¿Y qué ha ocurrido con la resistencia? Aplicando la ley de Ohm, calcula tu resistencia cuando tenías las manos secas y cuando las has humedecido.

Los electrodos que has tocado en el museo eran de aluminio y de cobre. He aquí los potenciales estándar de reducción de dichos metales:



- 6 ¿En cuál de ellos tiene lugar la reducción? ¿Y la oxidación? ¿Cuál es el electrodo positivo? ¿Y el negativo? ¿En qué sentido se desplazará la corriente?
- 7 ¿Por qué has obtenido una diferencia de potencial y una intensidad inversas al cambiar el orden de las láminas?

• Módulo: Sentir la electricidad.



En el Museo podrás ver...

En este módulo encontrarás un generador de corriente eléctrica. Para ponerlo en marcha gira la manivela con la mano derecha. El voltímetro que está conectado en paralelo indica la tensión que crea el generador, de 0 V a 25 V. El generador está conectado a dos contactos que hay que activar mediante dos dedos de la mano izquierda, y cuando cerramos el circuito mediante los dos dedos el amperímetro que está conectado en serie indica la corriente que fluye, de 0 mA a 1 mA.

Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

Normalmente no podemos ver, oír, oler ni saborear la electricidad (el caso de Volta sería una excepción). Para saber si hay electricidad necesitamos un instrumento. En este módulo tenemos ese instrumento, por lo que además de ver el flujo eléctrico tendrás la ocasión de sentirlo. A ver si eres capaz de anticipar cómo.

- 1 Al accionar la manivela del generador, se crea tensión entre los dos contactos. ¿Qué ocurrirá al tocar los dos contactos con dos dedos de la mano izquierda?
- 2 ¿Todos lo sentiréis de la misma forma?
- 3 ¿Y qué ocurrirá al mover la manivela más rápido?



AVISO IMPORTANTE

No pongas en los dos contactos los dedos de más de una mano. No importa qué dedos sean, pero tienen que ser de una misma mano.

La sensación fisiológica que nos produce al pasar la corriente eléctrica por nuestro cuerpo depende de su tensión, y, sobre todo, de su intensidad.

En general, una corriente de 5 mA nos produce un dolor intenso. Y si recibiéramos dicha intensidad a través de los dos electrodos, tendríamos que hacer un esfuerzo para liberarnos de ellos. Por eso, la corriente del módulo está limitada a 0,5 mA mediante una resistencia.

El riesgo aumenta cuando la corriente pasa por el corazón; a veces, incluso puede llegar a paralizarlo. Por eso - aunque la corriente de 0,5 mA no es peligrosa - se te ha indicado que no pongas los dedos de las dos manos en los contactos para que la corriente no pase por el corazón.

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

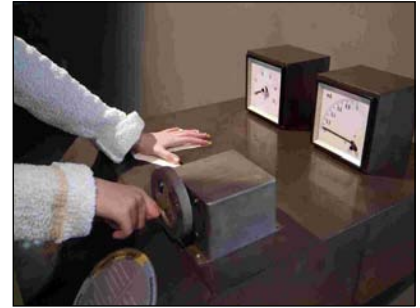
Comprueba a continuación si se siente -y cómo se siente- la electricidad.

1 Pon dos dedos de la mano izquierda en los contactos y gira la manivela con la mano derecha, pero no muy rápido. ¿Has sentido algo? Observa lo que indican el voltímetro y el amperímetro y apúntalo (unidades inclusive).

2 Humedece los dos dedos con un poco de saliva y prueba otra vez. ¿Qué indican ahora el voltímetro y el amperímetro?

3 Ahora debe realizar la prueba otro compañero, intentando que la tensión que muestra el voltímetro sea igual que la anterior: ¿Indica el amperímetro la misma corriente?

4 ¿Qué ha ocurrido al girar más rápido la manivela? ¿Qué tensión e intensidad tiene ahora la corriente?



Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

1 ¿Por qué ha indicado el amperímetro que ha pasado corriente al poner dos dedos en los contactos?

2 ¿Por qué ha aumentado la intensidad al humedecer los dedos?

3 ¿Y por qué cambia la intensidad de la corriente de una persona a otra, aunque la tensión sea la misma?

Por ahora no podrás explicar el porqué del último experimento (por qué aumenta la tensión al girar más rápido la manivela): podrás hacerlo tras ver el último apartado.

• Módulo: Tu corazón es eléctrico.



En el Museo podrás ver...

En el módulo *Tu corazón es eléctrico*, los electrodos que están en la manilla detectan y amplifican los impulsos eléctricos de tu corazón. La corriente eléctrica que se genera se muestra a través de un instrumento de medición especial (osciloscopio) y se puede ver la sucesión de los picos.



El corazón tiene su propio generador.

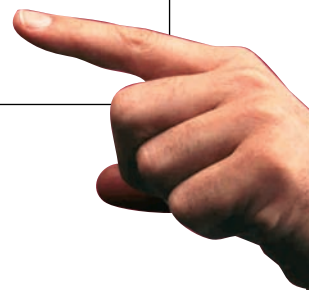
En la parte superior del corazón tenemos algo similar a un "generador" que cumple la función de un marcapasos natural. El "generador" envía a todo el corazón impulsos eléctricos que estimulan al músculo cardíaco y mantienen el ritmo de los latidos.

Dichos impulsos se extienden por todo el cuerpo, se perciben mediante electrodos adecuados, se amplifican y se ven en el osciloscopio de forma gráfica.

El ritmo de los latidos en las personas cambia según la situación. Si una persona está nerviosa o realizando algún esfuerzo físico, el ritmo del corazón es más rápido (los impulsos se emiten con más frecuencia). Por consiguiente, se observan más picos y latidos en el osciloscopio.

También el ritmo del corazón cambia de unas personas a otras.

En la parte superior del corazón tenemos algo similar a un "generador" que cumple la función de un marcapasos natural.



Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

- 1 Pon tus manos en la manivela y mira lo que indica la pantalla del osciloscopio.
- 2 Haz unas flexiones con el brazo (unas 15) y prueba de nuevo. ¿Ha cambiado el ritmo?

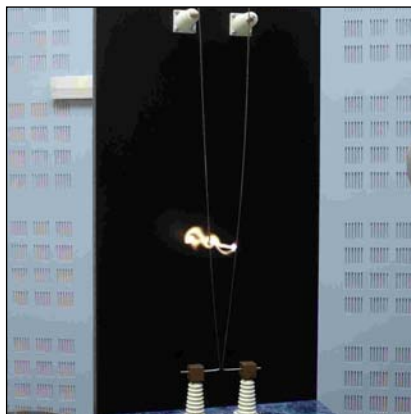


Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

Antes, en el módulo *¡Tú eres una pila!*, has deducido que la hipótesis de Volta para explicar la contracción de las ancas de las ranas es correcta, es decir, que no existe electricidad animal. Pero si tu corazón tiene un generador, eso significa que tu cuerpo es capaz de generar corriente eléctrica. Por lo tanto, Galvani no estaba del todo equivocado, pero en aquel incidente de la rana no fue la electricidad interna del animal lo que provocó la contracción de las patas, sino la que surgió del contacto entre los dos metales.

• Módulo: Chispas trepadoras.



En el Museo podrás ver...

En el módulo *Chispas trepadoras* tendremos la oportunidad de apreciar un fenómeno espectacular. Se producirán grandes acumulaciones de carga de distintos signos en ambos electrodos, creando una tensión muy alta (40.000 V). Como consecuencia, el aire que está entre los dos electrodos se ionizará -se convertirá en conductor- y pasará una chispa de un electrodo a otro. Las cargas eléctricas pasarán por el aire de un lado a otro.

Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

Como ya hemos explicado anteriormente, se establecerá una diferencia de potencial muy elevada entre los dos electrodos al pulsar el botón. Como consecuencia, el enorme campo eléctrico que se crea provoca la ionización del aire. Veamos cómo se produce este fenómeno.



Ionización del aire.

Hace ya muchos años que se sabe que algunos materiales son buenos conductores de la corriente eléctrica y que otros, en cambio, son dieléctricos o aislantes. En los conductores, debido a los enlaces entre los átomos y a su estructura, los electrones se mueven con libertad de un sitio a otro. Así ocurre, en efecto, en los metales o en el grafito, tal como aprendisteis en clase de química. En los dieléctricos - madera, cristal o plásticos, por ejemplo -, sin embargo, la carga eléctrica no se desplaza de un sitio a otro.

Pero, como ya se ha demostrado experimentalmente, dicha clasificación es relativa. En realidad, algunos dieléctricos pueden actuar como "conductores", dependiendo de las condiciones a las que son sometidos. El aire, por ejemplo. En condiciones "ordinarias" el aire es un buen aislante y no conduce la corriente eléctrica. Pero, ¿has observado alguna vez un rayo?

Los científicos comenzaron hace siglos a estudiar este fenómeno atmosférico. Lee, por ejemplo, el artículo del periódico London News publicado en 1749, que aparece en la página siguiente.

Experimentos con rayos.

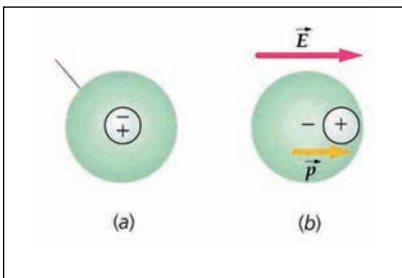
El político y científico americano Benjamin Franklin proponía lo siguiente en la carta que dirigió a su colega londinense Peter Collingson: realizar experimentos con la electricidad que se crea a consecuencia de la fricción de las nubes, utilizando cometas para ello. Según Franklin, las chispas eléctricas que se generan en las máquinas de fricción y los rayos eran fenómenos similares. Por lo tanto, también los rayos pueden ser guiados a través de materiales conductores.

Dichas hipótesis quedaron corroboradas cuando Franklin inventó el pararrayos y comenzaron a disminuir los daños producidos por los rayos durante las tormentas.

Poco tiempo después, el francés Thomas Francois Dalibard comprobó durante una tormenta acaecida cerca de Paris que la electricidad del aire y la obtenida mediante máquinas de electrización en el laboratorio tenían el mismo carácter.

Para ello, dirigió un rayo a una barra metálica. Y comprobó que, en efecto, los rayos se comportan igual que las chispas eléctricas producidas por las máquinas. En adelante, no se volvió a hablar de la electricidad natural ni de la electricidad por fricción, sino, simplemente, de electricidad.

En la actualidad sabemos que para producir un rayo han de darse las condiciones necesarias para conducir por el aire la carga eléctrica acumulada en las nubes. ¿Cuáles son dichas condiciones?



Te lo explicaremos mediante un modelo que ya conoces: el modelo atómico-molecular de la materia. Para que se produzca un rayo el aire tiene que ionizarse. Veamos cómo sucede.

La materia se compone de átomos neutros. En una situación normal, no están inducidos, es decir, el centro de la carga negativa y el de la positiva coinciden. Pero cuando se hallan bajo la influencia de un gran campo eléctrico, los centros de la carga positiva y negativa se desplazan y en cada átomo o molécula (según la estructura del material) se genera un dipolo.

Si el campo eléctrico es muy grande, la molécula se puede dividir en una parte positiva y otra negativa. Cuando así sucede, se dice que el material está ionizado. En el caso del aire, la intensidad del campo eléctrico necesario para lograr esa situación es de 3.000.000 V/m. Realmente muy alta.

¿Cómo se consigue un campo eléctrico de tal magnitud en una tormenta? Para empezar, debido a las enormes acumulaciones de carga en las nubes. Como consecuencia, las cargas inferiores de la nube inducen el suelo que está debajo y el campo eléctrico se convierte en realmente grande.

También en el laboratorio se "generan" rayos, si se consiguen reproducir las condiciones que se dan durante las tormentas. La foto es un ejemplo de rayo de laboratorio.



Se ha producido ahí una descarga eléctrica entre dos conductores muy cargados. El campo eléctrico entre los dos extremos tiene que ser lo suficientemente grande como para ionizar el aire y convertirlo en conductor.

Para que se produzca un rayo el aire tiene que ionizarse.



- ❶ ¿Dónde se producirá un rayo entre dos electrodos: en la parte superior o inferior? ¿Dónde será mayor el campo eléctrico?
- ❷ Cuando se produce una chispa entre los dos electrodos del módulo -como en los rayos- también se liberan luz y energía, y el aire se calienta. ¿Cuál suele ser la consecuencia del calentamiento del aire?

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

- ❶ ¿Dónde se ha generado la chispa?
- ❷ ¿Qué intensidad tiene el campo eléctrico en la parte inferior de los dos electrodos?
- ❸ Comprueba qué es lo que ocurre cuando se crea un "rayo" y se calienta el aire.
- ❹ Ponte al lado de la ventanilla y cuando la chispa pase cerca de ti, sopla. ¿Qué ha sucedido?



Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

- ❶ ¿Por qué se ha producido un rayo en la parte inferior de los electrodos? ¿Cuál es la intensidad del campo eléctrico?
- ❷ ¿Por qué suben las chispas por la "escalera"?
- ❸ ¿Y por qué se rompe, se deshace, la chispa al soplar?

3 Podemos **crear imanes...** y también **corriente.**

En los módulos que encontrarás en el itinerario *Puedes crear imanes... y también corriente* trataremos los principales principios del electromagnetismo y sus aplicaciones. Los científicos han creado a lo largo de la historia modelos teóricos para llegar a dominar dichos principios. Es imprescindible, por lo tanto, que sepas qué son los modelos teóricos de la ciencia, cómo se crean y cómo se utilizan. Ése es precisamente el objetivo del texto que aparece más adelante. Antes de empezar, como siempre, recordaremos y repasaremos algunos conceptos e ideas.



► Recuerda

1. ¿Qué son las líneas de campo?
2. ¿Qué demostró el experimento de Oersted? Este científico observó que si se ponía una brújula cerca de un conductor de corriente eléctrica, aquella se desviaba.
3. ¿Qué son los electroimanes? ¿Cómo funcionan?
4. ¿Qué tipo de influencia tiene el campo magnético sobre las cargas eléctricas libres o bien formando una corriente en el interior de un conductor en movimiento?
5. ¿Qué es la inducción electromagnética? ¿Cuándo se produce?

Después de recordar las ideas principales, te mostraremos un texto para que entiendas mejor los modelos teóricos de la ciencia.



Los modelos teóricos en la Ciencia.

Seguramente habrás visto algún modelo teórico (por ejemplo, el modelo atómico-molecular de la materia) en clase de ciencias. Entonces, sabrás ya que un modelo no es más que una imagen mental, un conjunto de ideas creadas por los científicos. Esas ideas tienen que ser capaces de explicar fenómenos reales y de predecir otros verificables, así como de crear conexiones con otros campos de la Ciencia. En eso consiste la utilidad de los modelos teóricos para los científicos. Mientras se verifica la predicción, el modelo permanecerá tal cual; pero cuando las predicciones son incorrectas o no sirven para explicar nuevos fenómenos, hay que cambiarlo.

A menudo tendemos a confundir el modelo con la realidad. Sin embargo, debemos tener bien claro que son dos cosas distintas. Las características de los modelos no coinciden por completo con el mundo real. Por ejemplo, el hecho de que el oro sea amarillo, no significa que los átomos de oro sean amarillos, o que cuando este metal se calienta y se derrite, que también los átomos vayan a derretirse.

Te proponemos el siguiente ejercicio para que aprecies la diferencia entre la realidad y el modelo.

El texto que viene a continuación describe el proceso de calentamiento de un gas y lo explica a través de un ejemplo, pero de una manera bastante confusa. Nuestra tarea será diferenciar la descripción de la realidad y su explicación mediante el ejemplo. Para ello, tienes que colocar las palabras que aparecen en **negrita** en dos cuadros: en el cuadro Fenómenos reales las que estén relacionadas con la descripción de la realidad, y en el cuadro Ideas abstractas las relacionadas con el ejemplo.

“ Al **calentar** un globo inflado, aumenta el **volumen del gas**, debido a que la **velocidad de los corpúsculos** que conforman el gas aumenta al subir la **temperatura de éste**, y, de este modo, la **distancia entre los corpúsculos** aumenta; por otra parte, al aumentar la velocidad de los **corpúsculos** estos **chocan** con más frecuencia contra las paredes del globo, y la **presión del gas** también es mayor”.

Fenómenos reales	Ideas abstractas

Escribe de nuevo el texto, sin confundir la descripción de la realidad y la explicación del ejemplo.

Después de realizar el ejercicio habrá quedado claro que los fenómenos reales son una cosa, y las ideas abstractas que crean los científicos para explicar sucesos reales, otra.

Un modelo científico es un conjunto de ideas capaces de explicar fenómenos reales y de predecir otros verificables.

A continuación conoceremos –y también utilizaremos, por supuesto– los principales modelos creados a lo largo de la historia en el campo del electromagnetismo para entender mejor lo que sucede en los módulos del Museo.



Modelos teóricos en el electromagnetismo. Faraday, Maxwell y la teoría de campo.

Probablemente sabrás ya que los fenómenos observables y las ideas abstractas que se utilizan para explicar dichos fenómenos son dos cosas distintas. Haremos esa distinción en el contexto electromagnético, utilizando para ello la explicación de un módulo que más tarde veremos en el Museo.

A continuación explicaremos lo que ocurre en el módulo Succión magnética; también aquí aparecen mezcladas la descripción de la realidad y la explicación mediante un modelo. Sepáralos.

“Cuando la **corriente eléctrica** pasa por las **espiras** de la bobina, se crea un **campo magnético**; la dirección y el sentido de dicho campo se indican mediante las **líneas de campo**, y por eso cuando ponemos cerca una **barra de hierro**, el campo la **atrae** hacia él.”

Fenómenos reales	Ideas abstractas

Faraday desarrolló un modelo basado en las líneas de fuerza para explicar la influencia del campo magnético.

Fue Faraday quien analizó por primera vez de forma exhaustiva la interacción entre la electricidad y el magnetismo. Durante una época, los científicos creían que unas fuerzas - la gravedad y el magnetismo, por ejemplo - tenían una influencia repentina sobre los objetos, a pesar de que hubiese cierta distancia con respecto a ellos. Creían que eso sucedía en una sustancia especial, llamada “éter”, que no se podía detectar. Los científicos creían que el éter llenaba los huecos entre los corpúsculos de la materia.

A Faraday no le convencía esa explicación; no creía que dichas fuerzas tuvieran algún efecto sobre la distancia. Tampoco le gustaban las teorías matemáticas que no tuvieran manifestaciones evidentes. Según él, la fuerza magnética que ejercía el imán en las cargas eléctricas en movimiento tenía que propagarse de algún modo sobre el éter: la influencia no podía ser repentina.

El punto de partida de la teoría de Faraday era el modo en que quedaban las virutas de hierro alrededor del imán. Las virutas siguen -en apariencia, al menos- a las líneas magnéticas que salen por un polo del imán y entran por el otro.

Faraday fue quien analizó de forma exhaustiva la integración de la electricidad y el magnetismo.

• **Módulo: Arena magnética.**



En el Museo podrás ver...

En el módulo *Arena magnética* encontrarás un potente imán. Tiene una forma especial y los dos polos son las patas de los cilindros metálicos que están a su altura. Debajo del imán hay un recipiente con las virutas de hierro.

Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

Cuando vayas al Museo deberás colocar alrededor de los polos del imán las virutas de hierro.

❶ ¿Cómo se colocarán las virutas de hierro alrededor del imán? ¿Qué forma adoptarán?

Según la teoría de Faraday, el imán crea líneas de campo, y esas mismas líneas influyen en las cargas eléctricas que están en movimiento (según él, dichas líneas serían la manifestación de la transmisión de fuerzas en el éter); por eso las denominó "líneas de fuerza".

Actualmente sabemos que los campos magnéticos influyen de diferentes maneras en las cargas en movimiento, ya sean estas cargas libres, cargas que se mueven dentro de un conductor o cargas que se mueven en el interior de materiales ferromagnéticos. A continuación analizaremos las citadas fuerzas en los diferentes módulos.

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

Coloca las virutas de hierro junto a los polos del imán. Ve al módulo *Juntos pero no revueltos* y coloca el imán encima de la caja que contiene las virutas de hierro.

❶ ¿Qué forma han adoptado las virutas?



• **Módulo: Juntos pero no revueltos.**



En el Museo podrás ver...

En el módulo *Juntos pero no revueltos* encontrarás imanes en forma de disco dentro de una barra con forma de arco. Al lado hay otro potente imán, junto a la caja que contiene virutas de hierro.

Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

Según qué polos del imán queden frente a frente, se crearán fuerzas de atracción o de repulsión entre ellos. Los imanes, en cambio, siempre atraerán cualquier objeto de hierro. ¿A qué se debe ese comportamiento? A que el hierro es un material ferromagnético.

Los materiales ferromagnéticos suelen ser metales; el movimiento de sus cargas negativas internas libres se orienta mediante el campo magnético exterior: Cada una de ellas se convierte en un pequeño imán, y entre todas convierten al objeto de hierro en imán. Como consecuencia, el primer imán ejerce una fuerza y atrae al objeto.

❶ ¿Qué sucederá si colocas tus llaves cerca del citado potente imán? ¿Y si pones una goma de borrar o un bolígrafo de plástico?

Durante la visita (en el Museo)

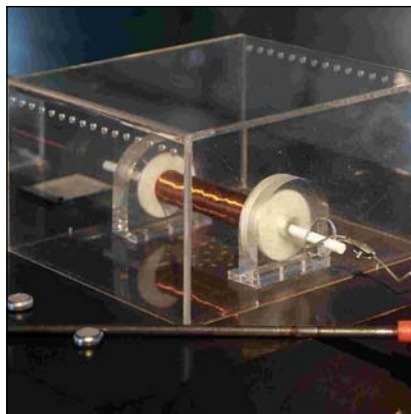
¿Qué ha ocurrido?

Acerca objetos de hierro o de otro tipo a este potente imán.

❶ ¿Ha atraído el imán a los objetos que no son de hierro? ¿Y a los de hierro?



• Módulo: **Succión magnética.**



En el Museo podrás ver...

En el módulo *Succión magnética* dispones de dos bobinas: una de ellas, grande; pequeña, la otra. La bobina es un cable conductor de gran longitud enrollado en torno a un cilindro. Las bobinas están conectadas a un generador; por consiguiente, la corriente fluye por el cable al pulsar los botones. Junto a la bobina grande hay dos barras que pueden introducirse en la misma: una de ellas es de hierro; la otra, de plástico. La bobina pequeña, por su parte, tiene en su interior una pequeña cuña.

Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

- ❶ ¿Qué ocurrirá cuando fluya corriente por las bobinas? ¿Qué producirá la corriente?
- ❷ ¿Sufrirá algún efecto la barra de hierro si la introduces en la bobina grande? ¿Y la barra de plástico? ¿Qué cambios sufrirá la cuña introducida en el interior de la bobina pequeña?

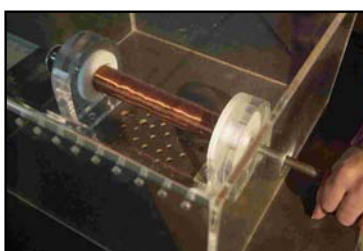
Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

Pulsa sucesivamente los tres botones para que la corriente circule por la bobina grande e introduce los extremos de las barras de hierro y de plástico en el interior de la bobina. Observa en cada caso la intensidad de corriente que muestra el amperímetro que tienes al lado.

Pulsa a continuación el botón que se encuentra junto a la bobina pequeña.

- ❶ ¿Qué ha sucedido cuando la corriente ha pasado por la bobina grande? ¿Qué cambios ha originado en las barras de hierro y de plástico?
- ❷ ¿Has notado alguna diferencia al pulsar alguno de los tres botones? ¿A cuánto ascendía en cada caso la intensidad de la corriente medida por el amperímetro en el interior de la bobina?
- ❸ ¿Qué le ha ocurrido a la cuña al pulsar el botón cercano a la bobina pequeña y al pasar la corriente por el interior de la misma?

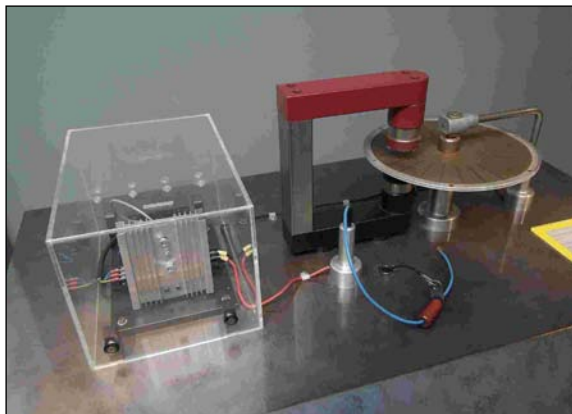


Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

- ❶ ¿Por qué ha ejercido la bobina mayor fuerza sobre la barra de hierro a medida que pulsabas los botones?

• **Módulo: A vueltas con la electricidad.**



En el Museo podrás ver...

En este módulo encontrarás un disco de cobre que está colocado encima de un eje que gira. También hay un cable libre, unido a una fuente que establece la diferencia de potencial. El disco está dentro del campo magnético creado por un imán.

Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

Si pones el cable en contacto encima del disco -cerca del extremo exterior-, se cerrará el circuito eléctrico. Al cerrar el circuito, pasarán cargas eléctricas (negativas) del disco al cable, desde el centro hacia el exterior (la corriente, en cambio, por convenio, irá desde el borde hacia el eje).

El polo norte del imán está encima del disco y el polo sur debajo; por lo tanto, el campo magnético parte de arriba a abajo.

○ ¿Qué influencia tendrá el campo magnético sobre las corrientes eléctricas que se formarán en el disco de forma radial, hacia dentro? ¿Qué consecuencia tendrá?

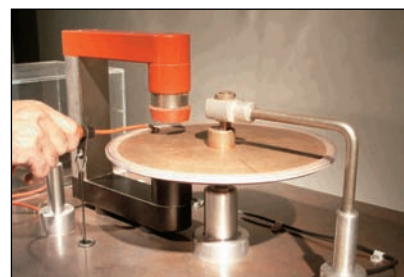
Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

Coge el cable que está libre y colócalo en la parte exterior - superior del disco, de manera que aquél toque a éste.

❶ ¿Qué le ha ocurrido al cable cuando has tocado con él el disco?

❷ ¿Y qué sucedería si en lugar de colocar el cable en la parte exterior del disco lo colocarás en la parte interior, más cerca del eje?



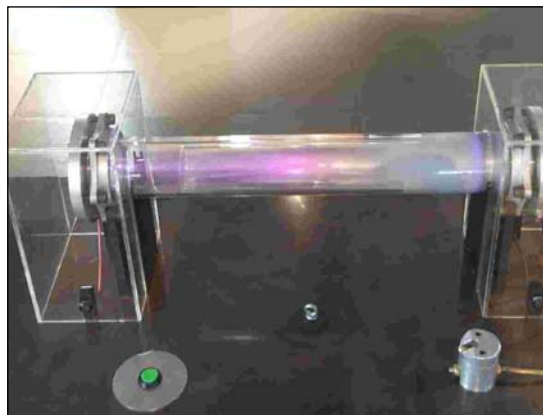
Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

❶ ¿Por qué se movía el disco más despacio, o se detenía, cuando has colocado el cable en su interior, cerca del eje?

❷ Señalábamos antes que el campo magnético ejerce su fuerza sobre las cargas que se mueven de diferentes maneras: sobre las cargas libres, sobre las que se mueven dentro de un conductor o sobre las que se mueven dentro de materiales ferromagnéticos. Hemos visto estos casos en los módulos *Juntos pero no revueltos*; *A vueltas con la electricidad*; *Descargas brillantes* y *Pintando con imanes*. Señala qué tipo de movimiento tenían en cada módulo las cargas que han sufrido la fuerza magnética del campo.

• **Módulo: Descargas brillantes.**



En el Museo podrás ver...

En este módulo encontrarás un tubo que contiene gas a baja presión. Entre los dos extremos del tubo se producen descargas eléctricas.

Al lado tienes un imán.

Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

La diferencia de potencial entre los dos extremos es muy alta. Eso produce la ionización del gas: se crea una corriente y las cargas se desplazan de un extremo al otro del tubo. Cuando las cargas atraviesan el gas, éste se pone de color rosa; por eso, se puede “ver” por donde pasan las cargas.

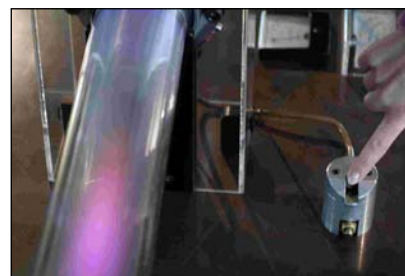
○ ¿Qué tipo de influencia tiene el imán -al acercarlo al tubo- sobre las cargas que se están moviendo? ¿Qué tipo de consecuencia tendrá?

Durante la visita *(en el Museo)*

¿Qué ha ocurrido?

Aprieta el botón para instalar la diferencia de potencial entre los extremos del tubo, para que de esta manera las cargas pasen de un extremo a otro y se produzca la descarga. Acerca el imán al tubo, a la zona donde se “ve” el paso de las cargas.

○ ¿Cómo ha afectado el imán a las cargas en movimiento? ¿Hacia dónde se han desviado? Da la vuelta al imán. ¿Ha cambiado la desviación de las cargas?

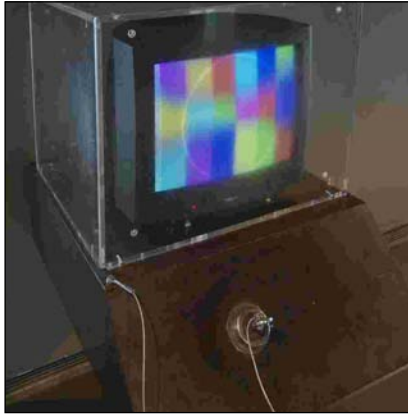


Después de la visita *(de nuevo en clase)*

¿Por qué ha ocurrido?

○ ¿Por qué se han desviado hacia el otro lado las cargas del interior del tubo cuando has dado la vuelta al imán?

• **Módulo: Pintando con imanes**



En el Museo podrás ver...

En este módulo encontrarás un televisor en color. En la pantalla aparecen tres barras de distintos colores. Hay una lámina de plástico para proteger la pantalla que cubre ésta por completo. Al lado hay un imán cubierto de goma.

Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

La pantalla tiene barras muy finas de fósforo que adoptan el color rojo, azul o verde. El cañón que está dentro del televisor emite tres haces de electrones, cada uno para un color. Para que cada haz llegue a la barra de su color, hay una rejilla enfrente de la pantalla. Cuando el electrón choca contra la barra, se ilumina ese color y su intensidad dependerá de la cantidad de electrones que ha llegado.

🔴 ¿De qué forma influye el imán en esos haces de electrones? ¿Qué tipo de consecuencia tendrá?

Durante la visita (en el museo)

¿Qué ha ocurrido?

Acerca el imán a la pantalla.

🔴 ¿Qué cambios ha originado el imán? ¿Ha cambiado lo que aparecía en la pantalla?



• **Módulo: Freno magnético.**



En el Museo podrás ver...

Lo que acontece en este módulo es más complejo. Dispones de un potente imán: produce un campo magnético que va de izquierda a derecha, así como varios discos que debes dejar caer perpendicularmente al campo (como si se tratara de gigantescas monedas que introduces en la ranura de una máquina recreativa).



Faraday trabajó hasta el fin de sus días intentando realizar un experimento que probara el verdadero carácter de las líneas de fuerza. No lo consiguió. Lo cierto es que -como bien sabrás- las líneas de fuerza no son reales: no son más que una de las ideas que constituyen la teoría de Faraday.

La importancia de Faraday como científico, sin embargo, no queda mermada en absoluto por esto. Su forma de trabajar, su gran capacidad para inventar y diseñar experimentos, las descripciones de sus experimentos (recogidas en su diario *Diary*), nos muestran que estamos ante uno de los científicos más grandes de la Historia de la Ciencia.

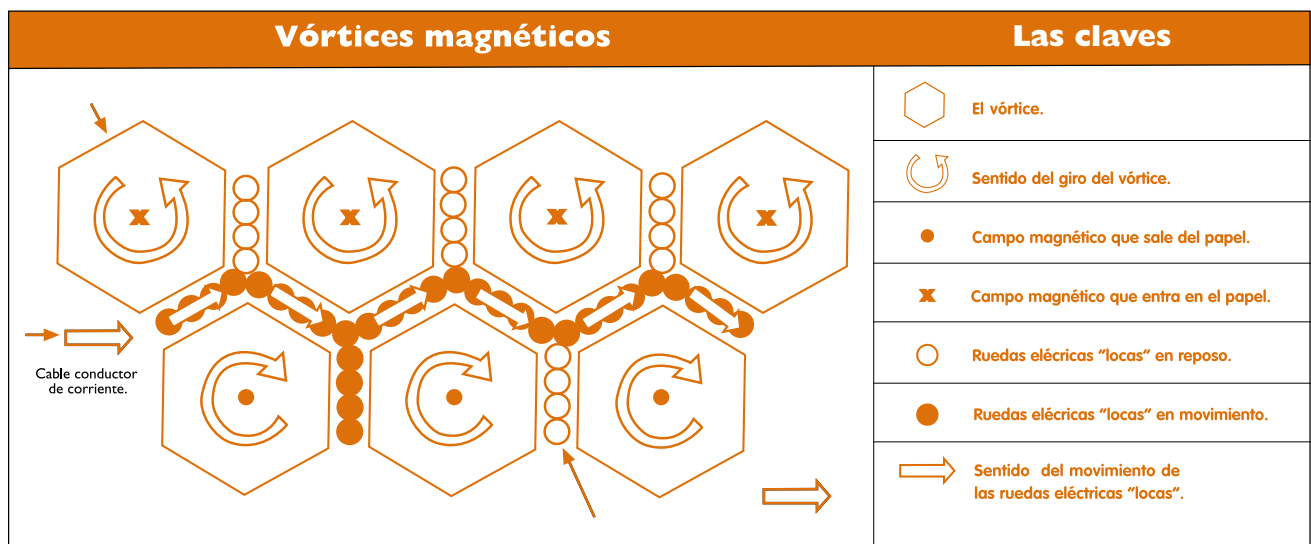
Maxwell desarrolló la analogía de los vórtices giratorios partiendo de las ideas de Faraday.

James Clerk Maxwell desarrolló con éxito la teoría del electromagnetismo. El físico escocés recurrió a otros campos de la Ciencia -a la hidrodinámica, en concreto- en busca de analogías para tratar de explicar el influjo electromagnético. Lo consiguió: halló una analogía verdaderamente sorprendente. Estableció, además, nexos con otros conceptos científicos, tales como la velocidad de la luz. Como consecuencia de tales investigaciones obtuvo predicciones verificables (comprobables mediante experimentación).

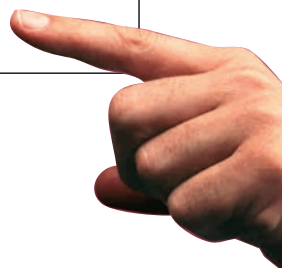
Partiendo de las líneas de fuerza de Faraday, desarrolló un modelo que aunaba las fuerzas eléctricas y las magnéticas. Así plasmó sus esperanzas en uno de sus libros: "Tras analizar con la máxima atención las leyes del movimiento de los líquidos viscosos y de los sólidos elásticos, espero dar con la ley que rige la concepción mecánica de los campos electromagnéticos".

Su primera labor consistió en tratar de explicar por qué la corriente eléctrica crea un campo magnético. Al igual que los científicos que le precedieron, creyó hallar la clave del misterio en el éter. Su objetivo era el siguiente: descubrir la analogía que -según creía- existe entre el éter y un fluido en movimiento. Según dicha teoría, el éter se compone de vórtices moleculares. Dichos vórtices son giratorios y producen al girar líneas de fuerza magnéticas. Maxwell imaginó que había unas diminutas ruedas entre los vórtices. Creía, también, que dichas ruedas estaban compuestas de corpúsculos eléctricos y que se movían libremente entre los vórtices.

Cuando la corriente eléctrica fluye por un cable, las ruedas se ponen en marcha. Al moverse las ruedas "locas", ponen a su vez en movimiento a los vórtices -tal como se muestra en la imagen- el movimiento giratorio de las ruedas produce las líneas de fuerza, el campo magnético. Por otra parte, los vórtices de la parte superior e inferior del cable girarán en sentidos opuestos y crearán líneas de fuerza magnéticas (campo magnético) de sentido opuesto (en realidad, el campo magnético de un cable que conduce electricidad tiene sentidos opuestos en los dos extremos del mismo).



Maxwell desarrolló con éxito la teoría del electromagnetismo.



Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

- ❶ ¿Si dejas caer el disco macizo de hierro, ejercerá el campo magnético alguna fuerza en las cargas libres de su interior? ¿Adónde se dirigirá la fuerza?
- ❷ ¿Qué recorrido efectuarán las cargas al aplicárseles dicha fuerza?
- ❸ ¿Qué tipo de campo magnético crearán las cargas libres del interior del disco como consecuencia de dicho movimiento?
- ❹ ¿Qué tipo de interacción se producirá entre el citado campo y el del imán?

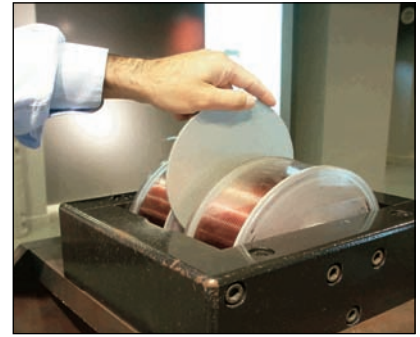
El modelo de Maxwell servía, asimismo, para explicar la inducción electromagnética. En la zona donde hay un campo magnético producido por un imán, el campo, las líneas de fuerza, activarán el movimiento de los vórtices. Las ruedas "locas" comenzarán a moverse impulsadas por el movimiento de los vórtices; el movimiento de las ruedas, a su vez, activará la corriente en el interior del cable allí ubicado.

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

Pulsa el botón para poner en marcha el electroimán. Deja caer los diferentes discos entre los dos polos del imán.

- ❶ ¿Cuál de los discos ha sufrido la influencia del imán? ¿Cómo y hasta qué punto ha frenado al disco el imán? ¿A cuál de los discos no ha frenado el imán?

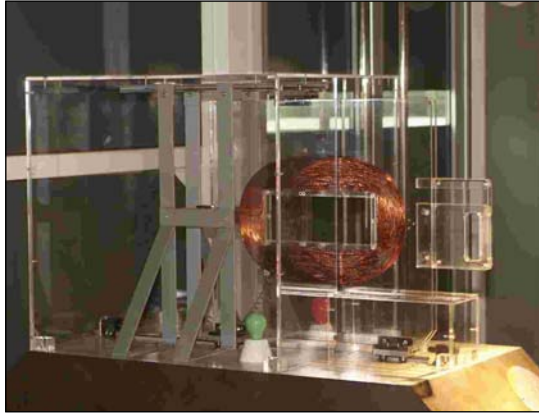


Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

- ❶ ¿Por qué han frenado bruscamente el disco compacto y el disco de agujeros circulares? ¿Por qué ha frenado menos el disco con agujeros radiales y por qué no ha frenado en absoluto el disco de madera?
- ❷ Los discos metálicos eran de aluminio; dicho metal no es un material ferromagnético. ¿Por qué, entonces, ha sido atraído por el imán? ¿Por qué lo ha frenado?

• Módulo: Efecto generador.



En el Museo podrás ver...

En el módulo *Efecto generador* encontrarás un potente imán y una gran bobina cuadrada que se puede mover sobre dos raíles dentro del campo magnético creado por el imán. Unidas a la bobina formando un circuito hay dos bombillas.

Antes de la visita

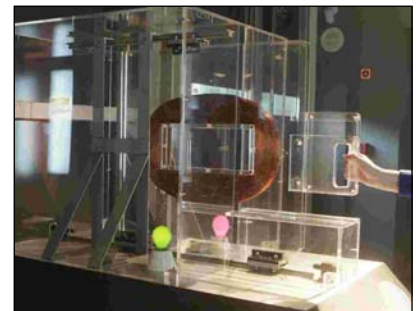
¿Qué ocurrirá?

- 1 ¿Qué ocurrirá cuando muevas la bobina dentro del campo magnético?

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

- 1 Mueve suavemente la bobina, atrás y adelante. ¿Se han encendido las bombillas?
- 2 Muévela ahora más rápido. ¿Hay alguna diferencia?



Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

- 1 ¿Por qué se enciende la bombilla al mover la bobina dentro del campo magnético? ¿Dónde está la pila?
- 2 ¿Y por qué no se enciende cuando la mueves suavemente?
- 3 Si colocamos un amperímetro para medir corriente inducida en la bobina, ¿se apreciaría alguna diferencia al introducir y al sacar la bobina dentro del campo magnético? ¿Y por qué no se aprecia ninguna diferencia en la bombilla?

• Módulo: Energía frente a potencia.



En el Museo podrás ver...

En este caso la corriente no es inducida mediante el movimiento de un imán en el interior de una bobina, sino moviendo con una manivela una especie de bobina en el interior del imán. El generador que utilizaste en el módulo *Sentir la electricidad* era muy similar a éste. La corriente procedente de dicho generador se dirige a los diferentes aparatos: radio, bombillas, reflector y ventilador.

Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

Si movemos la manivela más rápidamente, ¿cuál será la diferencia de potencial -y, por consiguiente, la intensidad de la corriente- que origine el generador? ¿Por qué se produce dicha diferencia?

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

Gira la manivela y pon en marcha todos los aparatos, cambiando el conmutador.

¿Qué ha ocurrido al girar más rápido la manivela?

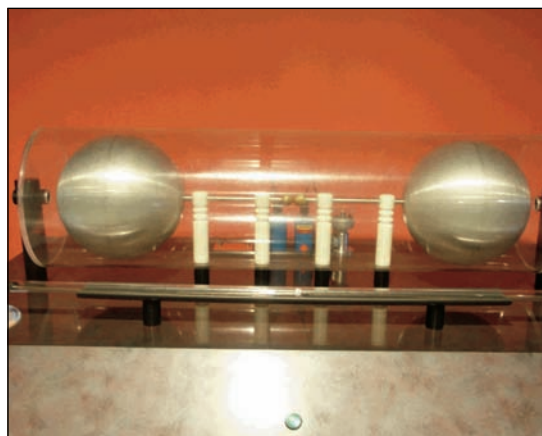


Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

¿Por qué la bombilla ha iluminado con más intensidad o el ventilador ha girado con más velocidad al girar más rápido la manivela?

• **Módulo: Resonador de Hertz.**



En el Museo podrás ver...

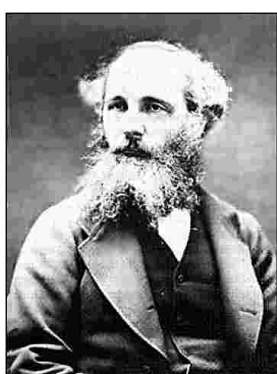
Al igual que en el montaje realizado por Hertz, también en éste dispones de dos esferas conductoras. La distancia de una a la otra es pequeña. Se cargan ambas esferas con cargas de signo contrario y se crea una gran diferencia de potencial. Como consecuencia de ello, el aire del espacio existente entre las esferas se vuelve conductor por un breve intervalo de tiempo y surge una chispa (al igual que sucede en el módulo *Chispas trepadoras*). Las cargas pasan de una a otra esfera y ambas se

vuelven neutras. Pero, entonces, las esferas se cargan de nuevo -esta vez con carga de signo contrario- y surge otra chispa, otra corriente, en sentido contrario. En nuestro módulo, las esferas se cargan y descargan diez millones de veces por segundo (10 MHz).

Según la teoría de Maxwell, estas corrientes oscilatorias crean un campo magnético oscilatorio que, a su vez, crea campos eléctricos; es decir, emiten ondas electromagnéticas -luz-.



La teoría de Maxwell.



Maxwell consiguió, mediante su teoría, mostrar con éxito la interacción entre campos eléctricos y magnéticos. No nos consta que Maxwell creyera "realmente" que el éter estuviera físicamente compuesto por vórtices que se mueven como remolinos y con ruedas. Pero dicha analogía explicaba con claridad las citadas interacciones y quizá sirviera de ayuda (así fue, en efecto) para comprender mejor la electricidad y el magnetismo. Quedaba demostrado que el campo eléctrico -la corriente eléctrica- creaba un campo magnético, así como que un campo magnético variable inducía la corriente eléctrica. Por tanto, el electromagnetismo podía propagarse de esa manera a través del éter.

Maxwell recurrió a un modelo matemático para predecir la velocidad de propagación

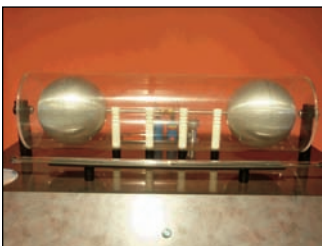
Maxwell recurrió a la hidrodinámica para buscar analogías que sirvieran para el desarrollo de su teoría: comparó el éter con un fluido en movimiento. También recurrió a la hidrodinámica para dar a su teoría forma matemática. Partiendo de las ecuaciones matemáticas que se utilizaban en dicho campo de la ciencia desarrolló las ecuaciones del electromagnetismo.

A partir de las ideas de su teoría, Maxwell dedujo que el influjo electromagnético se propagaba por el éter -así lo creía también Faraday- y que dicha propagación no se produciría repentinamente, ya que su velocidad será finita. Pero Maxwell no se limitó a las palabras: pudo predecir la velocidad de propagación gracias a las ecuaciones que él mismo había desarrollado, así como que la vibración electromagnética tiene forma de onda transversal.

El valor de la velocidad resultante era muy similar a la de la luz, que ya había sido previamente medida. Así pues, Maxwell afirmaba que la luz era una radiación electromagnética. Era, ciertamente, una afirmación muy audaz-máxime considerando que se basaba en una analogía-, pero, al mismo tiempo, sumamente atractiva. Así lo afirmaba el propio Maxwell: "He expuesto la teoría que explica la teoría electromagnética de la luz y creo, mientras no se demuestre lo contrario, que funciona correctamente".

Pero para entonces Maxwell había dejado atrás la analogía inicial. Su última teoría matemática apenas citaba de refilón la analogía de los vórtices. Decía así: "Pese a haber resultado la analogía de una gran importancia y utilidad, no debemos olvidar que se basa únicamente en el parecido formal".

Así pues, partiendo de ecuaciones "prestadas" Maxwell efectuó una predicción verificable: la velocidad de propagación. Y viendo que aquella velocidad -de la que tuvo conocimiento por medios puramente teóricos- era muy similar a la velocidad de la luz, fue aún más lejos y afirmó que la luz era una radiación electromagnética. Tales afirmaciones, sin embargo, debían ser verificadas.



Los trabajos experimentales de otros científicos corroboraron la teoría de Maxwell.

Según la teoría de Maxwell, la luz es una onda electromagnética creada por el cambio periódico de la corriente eléctrica. Según creía, un objeto sometido a calentamiento -el hilo incandescente de una bombilla, por ejemplo- emite luz debido a la agitación de las cargas eléctricas presentes en su interior.

Pero dicha afirmación no pasaba de ser una hipótesis. Había que verificarla en la realidad. El sistema de verificación más verosímil parecía ser el siguiente: crear en un alambre corriente eléctrica oscilatoria -de la misma frecuencia que la luz verde, por ejemplo- y comprobar si hay emisión de luz verde en el entorno del alambre. En la época de Maxwell existía la capacidad tecnológica suficiente para crear corrientes eléctricas oscilatorias en un conductor, pero las frecuencias obtenidas eran más bien bajas y estaban muy lejos de los 10^{15} Hz de la luz visible (tampoco en la actualidad se consiguen frecuencias superiores a 10^{12} Hz). La verificación directa era, pues, imposible, por lo que el trabajo de Maxwell quedó prácticamente relegado al olvido hasta transcurridos varios años.

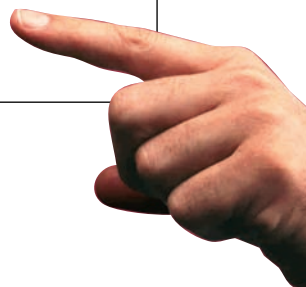
Hubo, sin embargo, otras vías -llamémoslas indirectas- para conseguir pruebas experimentales de la teoría de Maxwell.

La primera verificación la lograron los físicos Herman Helmholtz y Ludwig Boltzmann. Ambos científicos confirmaron que la constante dieléctrica de un material es proporcional al cuadrado del índice de refracción del citado material, tal como Maxwell había deducido mediante sus ecuaciones teóricas.

La segunda verificación fue más espectacular. El físico alemán Heinrich Hertz tuvo la siguiente idea: puesto que resulta imposible la emisión de luz mediante la corriente eléctrica oscilatoria, probemos que las corrientes oscilatorias emiten ondas electromagnéticas y que dichas ondas tienen las mismas características que la luz. Las hipótesis de Maxwell quedarían, de esta manera, irrefutablemente confirmadas.

El montaje experimental de Hertz no resultaba complicado. Era similar al que tienes en el *Resonador de Hertz*.

Maxwell consiguió mediante su teoría
mostrar con éxito la interacción
entre campos eléctricos y magnéticos.



Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

Hertz demostró que las ondas emitidas tenían las mismas características que la luz. Nosotros, obviamente, no podemos repetir aquí el experimento de Hertz, pero sí podemos verificar lo siguiente: la propagación de las ondas en el espacio. Los campos magnéticos oscilatorios creados por las corrientes oscilatorias existentes entre las esferas inducirán corrientes eléctricas en un conductor de gran longitud; dichas corrientes encenderán la bombilla situada en el centro del conductor.

Como señalábamos antes, Hertz demostró que las ondas emitidas tienen todas las características de la luz. Utilizando dichas ondas consiguió experimentar fenómenos como la reflexión, la refracción, la interferencia, la polarización... Medir la velocidad de esas ondas sería la prueba definitiva de que su velocidad era idéntica a la de la luz. Pero no disponía de medios ni de instrumental para efectuar tal prueba. El experimento realizado en 1895 corroboró, de todos modos, esta hipótesis.

Todo ello vino a confirmar la teoría de Maxwell, pero no tuvo tiempo de disfrutar de la gloria: falleció unos meses antes de que Hertz realizara sus experimentos.

El conocimiento y dominio de la tecnología de las ondas electromagnéticas tuvo -y tiene- gran repercusión, ya que de ella depende, en buena medida, el funcionamiento de nuestra sociedad. Aparatos de radio, de televisión, mandos a distancia, hornos de microondas, teléfonos móviles, cualquier aparato inalámbrico... todos necesitan de las ondas electromagnéticas para su funcionamiento. Fue Maxwell quien abrió el camino para el conocimiento de estas ondas.

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

Coge la larga barra conductora que se halla en el interior del tubo de plástico y colócala cerca de las esferas en distintas posiciones, paralela y perpendicularmente a las mismas.

❶ ¿En cuál de las posiciones se enciende la bombilla situada en el centro de la barra conductora?

❷ ¿Qué ocurre si, estando encendida la bombilla situada en la barra conductora, alejas ésta de las dos esferas?



Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

❶ ¿Por qué la bombilla no se ha encendido estando la barra en determinadas posiciones y sí lo ha hecho estando en otras?

❷ ¿Por qué la bombilla iluminaba con menor intensidad al alejar la barra?

❸ Si las esferas han producido ondas electromagnéticas, y si la luz es una onda electromagnética, ¿por qué no emiten luz las esferas? ¿Por qué no se han "visto" las ondas producidas?





ZIENTZIAREN KUTXAGUNEA
KUTXAESPACIO DE LA CIENCIA