

Experimento 1 — ¡Creamos la varita de Harry Potter!

Concepto tratado: Electricidad estática

Duración aproximada: 15–20 minutos

Objetivo didáctico

Este experimento introduce el concepto de electricidad estática de forma visual y participativa. Los alumnos observarán de primera mano cómo una barra de PVC cargada electrostáticamente puede desviar un chorro de agua, mover una lata y atraer trocitos de papel. La metáfora de la varita de Harry Potter sirve para captar la atención y generar curiosidad antes de introducir la explicación científica.

Material necesario

- Barra de PVC
- Grifo con agua corriente
- Trozo de tela de lana o algodón
- Lata de refresco vacía y limpia (opcional)
- Trocitos de papel (opcional)

Procedimiento

1. **Frotar la barra de PVC** con fuerza contra la tela de lana o algodón durante varios segundos. Cuanto más se frote, más carga se acumula.
2. **Abrir el grifo** para que salga un chorro fino y constante. Acercar la barra sin tocar el agua: el chorro se desviará hacia la barra.
3. *(Opcional)* Colocar la lata sobre una superficie lisa y acercar la barra por uno de sus lados: la lata será repelida por la barra.
4. *(Opcional)* Acercar la barra a trocitos de papel sobre la mesa: estos se pegarán a la barra.



Imagen 1: Resultado del experimento

Explicación científica

Al frotar la barra de PVC con la tela se produce una transferencia de electrones. Los electrones son partículas muy pequeñas que forman parte de nuestros átomos y tienen carga negativa. El PVC tiende a **captar** electrones, mientras que la lana o el algodón tiende a **cederlos**. Como resultado, la barra queda cargada negativamente, ya que ahora tiene más electrones que ha “robado” a la tela.

- **Atracción (chorro de agua y papeles):** Al acercar la barra cargada a un objeto neutro, la carga negativa de la barra **repele los electrones del objeto hacia el lado opuesto**, dejando la superficie más próxima cargada positivamente. Como las cargas opuestas se atraen, el objeto es atraído hacia la barra (inducción electrostática).
- **Repulsión:** Los metales contienen electrones libres, como una especie de nube con muchos electrones. Cuando la barra negativa se acerca a la lata, **los electrones de la lata huyen hacia el lado opuesto**, dejando el lado próximo cargado positivamente. Así, aunque la lata es neutra globalmente, el lado más cercano a la barra resulta atraído y la lata se aleja de la barra.

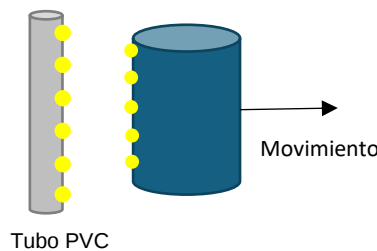


Imagen 2: Representación de como los electrones extra de la barra y los electrones del metal se repelen.

Consejos para la dinamización

Antes de revelar la explicación, se puede presentar la barra como una “varita mágica” y pedir a los alumnos que formulen hipótesis sobre por qué el agua y la lata se mueven.

Seguridad

El experimento no presenta riesgos significativos. La electricidad estática generada con una barra de PVC y tela no produce descargas eléctricas peligrosas.

Experimento 2 — Cuando se encuentran electricidad y magnetismo: el electroimán

Concepto tratado: Inducción electromagnética

Duración aproximada: 20–30 minutos

Objetivo didáctico

Este experimento ilustra la relación entre electricidad y magnetismo. Los alumnos construirán un electroimán casero y comprobarán cómo una corriente eléctrica circulando por un cable enrollado es capaz de generar un campo magnético.

Material necesario

- Pila de 9V
- Un tornillo grande de hierro
- Cable de cobre esmaltado (galvanizado)
- Objetos pequeños de hierro (clips, chinchetas...)

Procedimiento

Se recomienda que el docente prepare un electroimán de muestra con antelación para mostrar el resultado final antes de que los alumnos construyan el suyo.

1. **Enrollar el cable de cobre alrededor del tornillo** con paciencia, formando una bobina compacta. Es importante que las espiras queden juntas y en el mismo sentido. Dejar dos extremos libres de unos 10 cm cada uno.
2. **Raspar ligeramente el esmalte** de los extremos libres para asegurar un buen contacto eléctrico.
3. Conectar cada extremo del cable a uno de los polos de la pila de 9V.
4. Acercar el tornillo a objetos ferromagnéticos (clips, chinchetas...): los objetos serán atraídos hacia el tornillo. Al desconectar la pila, el efecto desaparece.

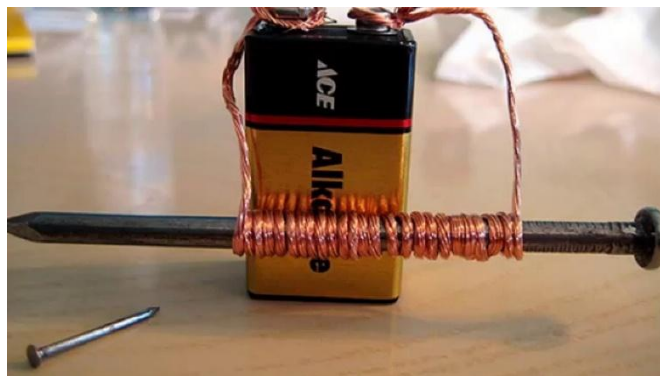


Imagen 1: Fotografía del montaje

Explicación científica

Cuando una corriente eléctrica circula por un conductor, **genera un campo magnético a su alrededor**, lo que se conoce como Ley de Biot-Savart.

Al enrollar el cable en forma de bobina, los campos magnéticos de cada espira se suman, **amplificando el efecto**. Además, el núcleo de hierro del tornillo concentra y refuerza el campo magnético gracias a su alta permeabilidad magnética, lo que convierte el conjunto en un electroimán funcional.

Se puede conseguir un electroimán más potente aumentando la potencia del campo eléctrico que generamos ya que, a mayor campo eléctrico, mayor campo magnético. Esto se puede conseguir, principalmente, de 3 maneras diferentes.

- **Añadiendo más espiras** a la bobina (hasta un límite, por la resistencia eléctrica del cable).
- Usando **una pila de mayor voltaje** para aumentar la intensidad de corriente.
- Utilizando un **cable de cobre más grueso**, que reduce la resistencia y permite circular más corriente.

Consejos para la dinamización

Un buen punto de partida es preguntar a los alumnos si creen que la electricidad y el magnetismo están relacionados, es decir, que tienen en común el imán de la nevera y la electricidad de una bombilla. Después de la demostración, se puede plantear el reto de mejorar el electroimán: ¿qué cambiarían para hacerlo más potente?

Seguridad

La pila de 9V es segura para este tipo de experimento, pero conviene advertir a los alumnos de que el cable puede calentarse si la conexión se mantiene durante un tiempo prolongado. Se recomienda conectar la pila solo el tiempo necesario para las demostraciones y no dejar el circuito cerrado de forma continua.

Experimento 3 — ¡Construimos un motor eléctrico!

Concepto tratado: Inducción electromagnética y motores eléctricos

Duración aproximada: 25–40 minutos

Objetivo didáctico

Este experimento permite a los alumnos construir un motor eléctrico funcional con materiales sencillos, visualizando de forma directa cómo la interacción entre una corriente eléctrica y un campo magnético genera movimiento. Además, el motor eléctrico se usa en muchos aparatos y máquinas: ventiladores, lavadoras...

Material necesario

- 1 metro de cable de cobre esmaltado (galvanizado)
- Imán de neodimio
- Pila de 1,5 V (pila AA o similar)
- 2 imperdibles grandes
- Cinta aislante
- Lija fina o cuchillo (para raspar el esmalte del cable)

Procedimiento

Se recomienda que el docente monte el experimento completo con antelación. El éxito del motor depende de varios detalles técnicos que conviene dominar antes de guiar a los alumnos.

1. **Fijar los dos imperdibles** en posición vertical sobre los polos de la pila con cinta aislante, uno en cada extremo.
2. **Colocar el imán de neodimio** encima de la pila. Si es necesario se puede fijar a la pila con cinta aislante.
3. **Enrollar el cable de cobre** formando una espira circular o rectangular compacta, dejando unos 3–5 cm libres a cada lado para poderlo apoyar.
4. **Raspar el esmalte de los dos extremos** libres del cable, solo por un lado. Solo hay que raspar la mitad del cable en cada extremo (la parte que estará en contacto con el imperdible) para que haga contacto y, al girar, se desconecte solo.
5. **Apoyar los extremos de la espira** sobre los bucles superiores de los imperdibles, de modo que quede suspendida y pueda girar libremente.
6. **Dar un pequeño impulso a la espira** para iniciar el movimiento. Si el montaje es correcto, la espira continuará girando sola.

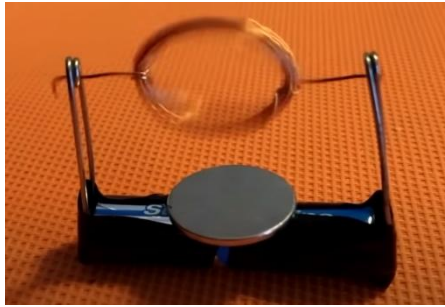


Imagen 1: Fotografía del montaje

Explicación científica

Cuando la corriente eléctrica de la pila circula por la espira de cobre, **genera un campo magnético propio**, tal y como descubrimos en el experimento anterior. Este campo interactúa con el del imán de neodimio: los polos opuestos se atraen y los iguales se repelen, lo **que produce una fuerza** sobre la espira que la hace girar. Esta fuerza se llama la fuerza de Lorentz, y actúa sobre los electrones en movimiento dentro del conductor.

El detalle clave del diseño es que el esmalte solo se raspa en la mitad inferior de los ejes. Esto hace que **el contacto eléctrico se interrumpa cada media vuelta**, lo que invierte el efecto de la fuerza justo cuando la espira necesita un impulso adicional para continuar girando. Si no hacemos esto, la espira se detendría a la mitad.

Consejos para la dinamización

Antes de empezar, es útil preguntar a los alumnos si saben qué tienen en común un ventilador y una lavadora. La respuesta: **todos usan un motor eléctrico**.

Si el motor no arranca a la primera, vale la pena repasar con los alumnos cada punto crítico del montaje (contacto eléctrico, alineación de imperdibles, posición del imán), para detectar (y aprender) de los errores cometidos.

Seguridad

La pila de 1,5 V es segura para este tipo de experimento, pero conviene advertir a los alumnos de que el cable puede calentarse si la conexión se mantiene durante un tiempo prolongado. Se recomienda conectar la pila solo el tiempo necesario para las demostraciones y no dejar el circuito cerrado de forma continua.

Experimento 4 — Freno Electromagnético

Concepto: Inducción electromagnética

Duración aproximada: 15–20 minutos

Objetivo didáctico

Este experimento ilustra como un imán genera corrientes en los metales, y estas corrientes generan a su vez un campo magnético. Esto se conoce como Ley de Lenz, y es un efecto llamativo porque puede parecer que desafía la gravedad.

Material necesario

- Tubo o bloque de cobre con orificio interior (cuanto más gruesas sean las paredes, mayor será el efecto de frenado)
- Imán de neodimio de tamaño ligeramente inferior al diámetro interior del tubo
- (Opcional) Un segundo tubo de pared más delgada o un tubo de plástico, para comparar el efecto
- (Opcional) Un objeto no magnético de peso similar al imán (para la comparación inicial)

Procedimiento

1. Dejar caer el imán desde cierta altura en caída libre (o a través de un tubo de plástico, que no conduce), y **contar cuanto tiempo tarda en caer**.
2. Repetir el experimento, pero **esta vez con un tubo de cobre**. El imán tardará mucho más tiempo en caer que en el primer intento.
3. (Opcional) Repetir con tubos de diferente grosor y comparar el tiempo que tarda en caer: a más cobre, más se frena.



Imagen 1: Ejemplo de tubos de cobre de diferentes tamaños que pueden utilizarse.

Explicación científica

Cuando el imán cae estando dentro del tubo de cobre, **su campo magnético atraviesa el metal** y, como está en movimiento, ese campo cambia constantemente. El cobre es un buen conductor y reacciona ante ese cambio **generando pequeñas corrientes eléctricas** circulares en su interior, llamadas corrientes de Foucault.

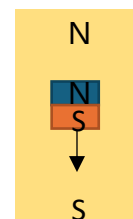


Imagen 2: Representación del imán cayendo. Por la inducción, el tubo es como un imán que tiene los polos iguales al imán que cae, frenándolo.

Estas corrientes **crean su propio campo magnético**, y este campo magnético va en la dirección contraria a lo que las originó. En este caso, **empuja al imán hacia arriba**, frenándolo. El imán sigue cayendo porque su peso supera esa fuerza de frenado, pero lo hace mucho más despacio de lo normal. Si el campo inducido fuera lo bastante intenso, el imán quedaría suspendido en el aire.

Cuanto más cobre hay en el tubo (paredes más gruesas), se generan más corrientes y **se frena más**. Por eso el experimento no funciona con tubos de plástico o madera: al no ser conductores, no se generan corrientes y el imán cae libremente.

Consejos para la dinamización

El efecto del freno es muy contraintuitivo, lo que lo hace especialmente útil para trabajar la formulación de hipótesis. Antes de la demostración, se puede preguntar: “¿Qué pasará si suelto este imán dentro del tubo de cobre? ¿Caerá igual de rápido que antes?”.

Seguridad

El experimento no presenta riesgos eléctricos. Recordar que los imanes de neodimio son muy potentes: manipularlos con precaución para evitar pellizcos, y mantenerlos alejados de dispositivos electrónicos sensibles o tarjetas.

Experimento 5 — La Pila Locomotora

Concepto: Inducción electromagnética y movimiento

Duración aproximada: 20–30 minutos

Objetivo didáctico

Este experimento muestra cómo la electricidad y el magnetismo trabajan juntos para producir movimiento. Una pila con dos imanes de neodimio en sus extremos recorre por sí sola el interior de un solenoide de cobre, actuando como un tren en miniatura. Es una demostración muy visual del mismo principio que hay detrás de los motores lineales usados en trenes de alta velocidad y en algunas líneas de metro.

Material necesario

- Hilo de cobre desnudo (sin recubrimiento de esmalte)
- Pila AA de 1,5 V
- 2 imanes de neodimio de 15 mm de radio y 8 mm de altura (o imanes esféricos del mismo radio)
- Tubo del mismo radio que los imanes, para enrollar el solenoide (puede ser un tubo de cartón grueso, PVC o similar)

Procedimiento

*El detalle crítico de este experimento es la orientación de los imanes. Es imprescindible colocarlos con los **mismos polos enfrentados a la pila** (norte con norte, o sur con sur): si se colocan con polos opuestos, los campos magnéticos de ambos imanes se anulan y el sistema no funciona. También es importante que el diámetro del solenoide sea solo un poco mayor que el de la locomotora, para que los imanes queden próximos a las espiras y el contacto eléctrico sea bueno. Si el hueco es demasiado grande, el campo generado será débil y la locomotora no avanzará.*

1. **Enrollar el hilo de cobre** alrededor del tubo de forma compacta y uniforme, formando la bobina. La longitud de la bobina determinará el recorrido del tren.
2. Fijar **un imán de neodimio en cada polo** de la pila AA, asegurándose de que ambos imanes tienen el mismo polo orientado hacia la pila (N-N o S-S).
3. Introducir la “locomotora” (pila + imanes) por un extremo del solenoide y observar cómo avanza sola hasta el otro extremo.
4. (Opcional) Girar la locomotora e introducirla de nuevo: comprobará que ahora avanza en dirección contraria.



Imagen 1: Esquema simple de la pila y los imanes

Explicación científica

Cuando los imanes de la locomotora tocan el hilo de cobre de la bobina, cierran el circuito y la corriente de la pila empieza a circular. Al pasar por las espiras de la bobina, **esa corriente genera un campo magnético** justo alrededor de la locomotora, siguiendo el mismo principio del experimento del electroimán.

Este campo interactúa con el de los imanes de neodimio: **el polo del imán que queda frente al campo del solenoide es repelido por un lado y atraído por el otro**, lo que empuja a la pila hacia adelante. A medida que la locomotora avanza, los imanes entran en contacto con nuevas espiras y el proceso se repite.

Colocar los imanes con polos iguales tocando la pila es esencial: garantiza que el campo de cada imán apunte en la misma dirección y que ambos contribuyan a empujar la locomotora en el mismo sentido. Con polos opuestos, los campos se cancelarían y no habría movimiento.



Consejos para la dinamización

El momento de mayor impacto es cuando los alumnos ven que la pila se mueve sola sin ningún mecanismo visible. Antes de la demostración, se puede preguntar que creen que pasará al introducir la pila en la bobina y, al ver que se mueve, de dónde viene la energía que mueve la pila.

Si se dispone de material suficiente, se puede proponer a los alumnos que experimenten con solenoides de diferente longitud o densidad de espiras, y que observen cómo afecta a la velocidad de la locomotora.

Seguridad

La pila de 1,5 V no representa ningún riesgo eléctrico. No obstante, el hilo de cobre puede calentarse si la locomotora se detiene dentro del solenoide con el circuito cerrado, ya que la corriente sigue circulando. Conviene vigilar que esto no ocurra de forma prolongada. Recordar también las precauciones habituales con los imanes de neodimio: evitar pellizcos y mantenerlos alejados de dispositivos electrónicos y tarjetas magnéticas.

Experimento 6 — ¡Creamos un altavoz con un vaso!

Concepto: Inducción electromagnética y vibraciones

Duración aproximada: 30–45 minutos

Objetivo didáctico

Este experimento permite a los alumnos construir un altavoz funcional con materiales sencillos, entendiendo de primera mano cómo funciona un dispositivo que usan a diario. Conecta el electromagnetismo con el fenómeno del sonido, mostrando cómo una señal eléctrica variable puede convertirse en vibraciones mecánicas y, por tanto, en sonido audible.

Material necesario

- Auriculares 'in-ear' con conector mini-jack (no inalámbricos)
- Vaso de plástico
- Cable de cobre esmaltado (galvanizado)
- Imán de neodimio circular de radio aproximadamente igual a la base del vaso
- Cinta aislante
- Tubo de radio similar a la base del vaso
- Tijeras y lija fina o cuchillo
- Teléfono móvil u otro dispositivo con salida de audio mini-jack

Procedimiento

Este es el experimento más delicado de la serie en cuanto al montaje. Se recomienda encarecidamente realizarlo completo con antelación para identificar posibles puntos de fallo antes de hacerlo en clase. Los aspectos críticos son:

1. **Enrollar el cable de cobre** alrededor del tubo para formar una bobina, ligeramente más pequeña que la base del vaso. Dejar varios centímetros de cable libre en cada extremo y raspar el esmalte de esos extremos.
2. **Fijar la bobina** a la parte exterior de la base del vaso con cinta aislante.
3. **Colocar el imán de neodimio dentro del vaso**, justo frente a la bobina. El propio peso del imán puede ayudar a mantener el altavoz estable.
4. **Cortar el cable** de los auriculares por la zona del conector, dejando unos 10–15 cm de cable. **Pelar el extremo cortado** para exponer los conductores interiores: dentro hay dos cables finos (uno de ida y uno de vuelta para cada canal). **Identificar los correspondientes a un solo canal.**
5. **Conectar cada extremo de la bobina** a uno de los dos conductores del canal seleccionado, cerrando el circuito.
6. Conectar el mini-jack al dispositivo, **reproducir música con el volumen alto** y acercar el oído al vaso. Puede ser necesario sujetar el vaso con los dedos.

Explicación científica

Un altavoz **convierte una señal eléctrica en sonido**. La señal de audio que envía el dispositivo es una corriente alterna que cambia continuamente de intensidad y dirección de la misma manera que lo hace la voz que envía.

Cuando esa corriente variable circula por la bobina, **genera un campo magnético** que también varía en intensidad y dirección. El imán de neodimio, fijo, interactúa con ese campo cambiante: en cada momento **el imán atrae o repele la bobina**, lo que hace que vibre a la misma frecuencia que la señal eléctrica. Como la bobina está fijada al vaso, **el vaso este vibra con la bobina**, moviendo el aire a su alrededor de la misma manera que el audio original.

Consejos para la dinamización

Antes de montar el experimento, se puede preguntar a los alumnos cómo creen que funciona un altavoz. La mayoría no tiene una respuesta clara, lo que hace que la demostración sea especialmente reveladora.

Seguridad

El experimento no presenta riesgos eléctricos significativos, ya que trabaja con las señales de baja potencia de un dispositivo de audio. Tener las precauciones habituales con los imanes de neodimio. Al cortar y pelar los auriculares, usar las tijeras con cuidado.

Recurso complementario

<https://www.youtube.com/watch?v=EYJKIzOun0c>

Experimento 7 — ¿Conduce el agua tan bien la electricidad como creemos?

Concepto: Conductividad eléctrica

Duración aproximada: 20–30 minutos

Objetivo didáctico

Este experimento desmonta una idea errónea muy extendida: que el agua es muy buena conductora de la electricidad. En realidad, el agua pura es un aislante y lo que conduce la electricidad son los iones disueltos en ella. Al ir añadiendo más sal, observaréis cómo aumenta la conductividad en tiempo real y el agua pasará de no conducir la electricidad a hacerlo.

Material necesario

- Vaso con agua destilada
- Sal de mesa (NaCl)
- LED
- Generador de corriente continua o pila de suficiente voltaje (**nunca la red eléctrica doméstica**)
- Cables de conexión con pinzas de cocodrilo
- Dos electrodos (pueden ser tiras de aluminio o clips metálicos)

Procedimiento

1. **Montar el circuito en serie:** fuente de alimentación → bombilla → electrodo positivo (en el agua) → electrodo negativo (en el agua) → vuelta a la fuente. Los electrodos deben estar sumergidos en el agua sin tocarse entre sí.
2. Llenar el vaso con **agua destilada** y encender la fuente. Observar que la bombilla permanece apagada: el agua pura no conduce.
3. **Añadir sal poco a poco**, removiendo cada vez. Observar cómo la bombilla empieza a brillar suavemente, y se va intensificando a medida que aumenta la concentración de sal.
4. (Opcional) Repetir el experimento con agua del grifo en lugar de agua destilada: comprobar que la bombilla ya se enciende desde el principio, aunque con menos intensidad que con sal añadida.

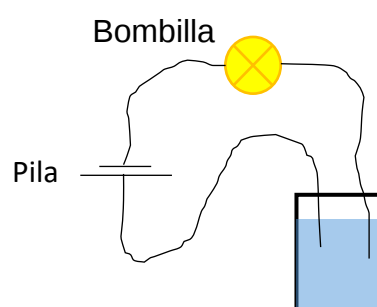


Imagen 1: Representación del experimento

Explicación científica

La conductividad eléctrica de un líquido depende de que **tenga disueltas partículas con carga eléctrica** que puedan moverse libremente. El agua pura (H_2O) es un aislante porque **sus moléculas están ligadas entre sí** y no hay ninguna partícula cargada libre que pueda conducir la electricidad.

Cuando se añade sal (NaCl), **se disocia en iones** Na^+ (carga positiva) y Cl^- (carga negativa). Estos iones son capaces de **transportar cargas** de un electrodo al otro: los iones Na^+ migran hacia el electrodo negativo y los aniones Cl^- hacia el electrodo positivo, **permitiendo que circule la corriente** y la bombilla se encienda. Este tipo de conductores se denominan **electrolitos**.

Cuanta más sal se disuelve, más iones hay y mejor conduce la electricidad, por lo que la bombilla brilla cada vez más. **El agua del grifo tiene sales minerales** en pequeñas cantidades y por eso también conduce la electricidad y es peligroso mezclar agua y aparatos eléctricos.

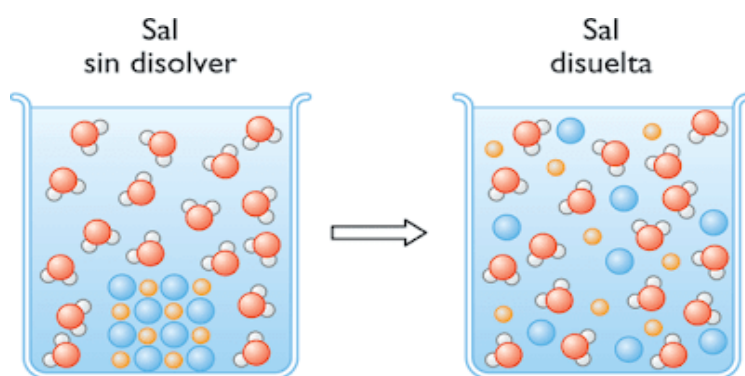


Imagen 2: Representación de como la sal añadida se disuelve, y quedan los iones libres en el líquido.

Consejos para la dinamización

El punto de partida ideal es la pregunta del título: “¿El agua conduce la electricidad?”. La mayoría de los alumnos responderá que sí, y se sorprenderá con la bombilla conectada y apagada.

Se recomienda dedicar unos minutos a reflexionar sobre el peligro que tiene el agua común con los alumnos al terminar la demostración para reforzar el aprendizaje.

Seguridad

Usar exclusivamente fuentes de baja tensión (generador de laboratorio o pilas). Bajo ningún concepto debe conectarse el circuito a la red eléctrica doméstica. Asegurarse de que los alumnos no tocan los electrodos ni el agua mientras el circuito está conectado. Desconectar la fuente antes de cualquier manipulación del montaje.

Experimento 8 — Construimos una lámpatata

Concepto: Reacciones redox

Duración aproximada: 20–30 minutos

Objetivo didáctico

Este experimento introduce el concepto de pila electroquímica y reacción redox de forma muy accesible: los alumnos generan electricidad suficiente para encender un LED usando únicamente una patata o un limón, una moneda y un clavo. Es una demostración directa de cómo una reacción química puede convertirse en energía eléctrica, y sienta las bases para entender el funcionamiento de las pilas convencionales.

Material necesario

Por cada celda (limón o patata):

- 1 limón o 1 patata (el limón da más voltaje: $\sim 0,8$ V; la patata, $\sim 0,5$ V)
- 1 moneda de cobre (o lámina de cobre)
- 1 clavo galvanizado de zinc (o lámina de zinc)
- Cables de conexión con pinzas de cocodrilo

Para el experimento:

- 1 LED (se recomienda rojo, ya que tiene el menor umbral de voltaje, $\sim 1,8$ V)
- Con el limón, construir al menos 3 celdas en serie, con patata al menos 4

Procedimiento

1. **Introducir la moneda de cobre y el clavo de zinc en el limón o la patata**, separados entre sí sin que se toquen. El clavo debe ser de zinc galvanizado, no de acero ni pintado, y la moneda debe estar limpia, sin óxido.
2. Conectar un cable a la moneda y otro al clavo.
3. Para conectar varias celdas en serie: **unir el cable del clavo de zinc de una celda con la moneda de cobre de la siguiente**. Repetir hasta tener el número de celdas necesario. El voltaje total será **la suma de los voltajes individuales** ($V = n \times v$).
4. Conectar la pata larga del LED (positivo) **al cable de la moneda de cobre de la última celda**, y la pata corta (negativo) **al clavo de zinc de la primera**.
5. Observar cómo el LED se enciende **alimentado únicamente por la reacción química**.



Imagen 1: Ejemplo de montaje con 6 limones

Explicación científica

Hemos construido una **pila electroquímica** artesanal, con el mismo principio de funcionamiento que una pila convencional. El sistema tiene tres componentes esenciales:

- El ánodo (clavo de zinc): el zinc se oxida y **cede electrones** (polo negativo)
- El cátodo (moneda de cobre): la superficie de la moneda de cobre **recibe los electrones**, lo que se conoce como “reducción”.
- El electrolito (el jugo ácido del limón o la patata): permite **el paso de iones** entre los dos electrodos, completando el circuito interno.

Los electrones liberados por el zinc **recorren el circuito externo** (los cables y el LED) desde el ánodo hasta el cátodo, y esa corriente es la que enciende el LED. Cuantas más celdas se conectan en serie, mayor es el voltaje total.

Consejos para la dinamización

Una buena pregunta de entrada es: “¿Qué hay dentro de una pila?”. Pocos alumnos saben que hay una reacción química en curso, por lo que ver que un limón puede hacer lo mismo que una pila puede ser impactante.

Seguridad

El experimento no presenta riesgos significativos. Los voltajes generados son muy bajos (inferiores a 5 V incluso con varias celdas en serie). Recordar que los materiales utilizados (limón, moneda, clavo) no son aptos para el consumo/uso después del experimento.

Experimento 9 — Separación de agua en hidrógeno y oxígeno

Concepto: Electrólisis del agua

Duración aproximada: 30–45 minutos

Objetivo didáctico

Este experimento permite a los alumnos comprobar de forma experimental que el agua está compuesta por hidrógeno y oxígeno. Una corriente eléctrica es capaz de romper las moléculas de agua, convirtiéndolas en estos dos elementos que la forman, mediante un proceso llamado electrólisis.

Material necesario

- Túper de plástico
- Agua destilada
- Sal común (NaCl)
- 2 tornillos de **acero inoxidable** (imprescindible: otros metales se corroen rápidamente y contaminan el experimento)
- 2 tubos de ensayo
- Cables de conexión con pinzas de cocodrilo
- Pila de 9 V
- Mechero o cerilla
- Pistola de silicona

Procedimiento

Este experimento requiere cierta precisión en el montaje para que la recogida de gases funcione correctamente. Se recomienda montarlo con antelación:

1. **Hacer dos orificios** en la tapa del túper, separados varios centímetros, e introducir un tornillo de acero inoxidable en cada uno. **Sellar bien** alrededor de los tornillos con silicona.
2. Conectar **un cable a cada tornillo** por la parte exterior de la tapa.
3. Llenar el túper con **agua destilada** y disolver una cucharada de sal. **Llenar también los tubos de ensayo** con la solución.
4. Invertir cada tubo de ensayo sobre su tornillo correspondiente, **boca abajo**, de modo que los gases que generemos queden atrapados dentro.
5. Conectar **cada cable a un polo** de la pila de 9 V. Observar cómo comienzan a formarse burbujas en los electrodos y cómo el agua va siendo desplazada por el gas en los tubos.

6. Esperar a que se acumule una cantidad apreciable de gas en ambos tubos. Observar que el tubo del cátodo (negativo) acumula aproximadamente **el doble de gas que el del ánodo**.
7. (Solo el profesor) Para confirmar la naturaleza de los gases: retirar con cuidado el tubo de hidrógeno y acercar una llama. Se producirá **una pequeña explosión**. Para el oxígeno, acercar una astilla de madera en combustión: **la llama se avivará** visiblemente.

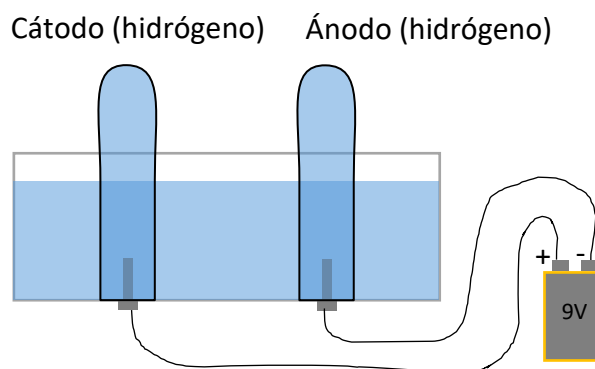


Imagen 1: Esquema del montaje del experimento. Los tubos están llenos del agua con sal.

Explicación científica

La electrólisis es el proceso por el cual **una corriente eléctrica fuerza una reacción química**. En este caso, la energía eléctrica de la pila **rompe los enlaces** de las moléculas de agua y nos da **oxígeno e hidrógeno**.

La función de la sal es hacer que el agua sea conductora, como vimos en el experimento anterior, permitiendo que la corriente circule con suficiente intensidad. Se puede ver que hay el doble de hidrógeno que de oxígeno, ya que una molécula de agua está formada por **2 átomos de hidrógeno y 1 de oxígeno (H_2O)**.

Consejos para la dinamización

La prueba del fuego es el momento de mayor impacto del experimento. El pequeño “pop” del hidrógeno y el avivamiento de la llama con el oxígeno son resultados inequívocos que los alumnos recuerdan. Antes de realizarla, es útil pedir a los alumnos que predigan qué ocurrirá en cada tubo.

La diferencia de volumen entre los dos tubos (2:1) es otro momento de discusión muy productivo: ¿por qué hay el doble de hidrógeno que de oxígeno? La respuesta lleva directamente a la fórmula química del agua.

Seguridad

La pila de 9 V no representa riesgo eléctrico. El punto crítico de seguridad es la prueba con fuego que únicamente debe realizar el profesor y nunca los alumnos. Esta prueba debe hacerse en un espacio ventilado y con los alumnos a una cierta distancia de seguridad.

Experimento 10 — ¿Cómo hacer una linterna con un lápiz?

Concepto: Efecto Joule e incandescencia

Duración aproximada: 15–20 minutos

Objetivo didáctico

Este experimento ilustra como, por efecto del calor, una mina de grafito conectada a una pila de 12 V se calienta hasta que emite luz en pocos segundos. Esto se conoce como efecto Joule.

Material necesario

- Lápiz de grafito (preferiblemente de dureza B o 2B)
- Pila o fuente de alimentación de 12 V
- Cables de conexión con pinzas de cocodrilo
- Superficie resistente al calor sobre la que apoyar el montaje
- Pinzas o guantes térmicos

Procedimiento

Este experimento debe realizarlo únicamente el profesor, a modo de demostración. Las temperaturas que alcanza la mina de grafito son suficientes para causar quemaduras graves al contacto.

1. **Cortar la mina en segmentos de 2–3 cm**, con cuidado, ya que el grafito es frágil y puede astillarse.
2. Conectar una pinza de cocodrilo a cada extremo de la mina, y cada cable al polo correspondiente de la pila de 12 V.
3. Cerrar el circuito brevemente y observar **cómo la mina comienza a emitir luz** naranja-blanca en pocos segundos. Desconectar el circuito **al cabo de unos pocos segundos** para evitar que la mina se rompa o queme.
4. Abrir el circuito desconectando uno de los cables. No tocar la mina hasta que se haya enfriado completamente.



Imagen 1: Barra de grafito emitiendo luz al pasar la corriente eléctrica.

Explicación científica

Cuando una corriente eléctrica atraviesa un material conductor, **parte de la energía eléctrica se convierte en calor**. El motivo es que el material tiene una resistencia al paso de los electrones, lo que se conoce como la Ley de Joule

El grafito tiene una resistencia eléctrica muy alta (más de 1000 veces la del cobre) y **disipa mucha energía en forma de calor**. Cuando la temperatura de la barra alcanza unos 700–800 °C, el material comienza a emitir luz visible, lo que se conoce como incandescencia.

El principal problema de la incandescencia es que es **muy poco eficiente** y la mayor parte de la energía se disipa como calor y no como luz.

Consejos para la dinamización

Antes de la demostración, se puede preguntar a los alumnos que creen que pasará si hacemos pasar electricidad por esta barra de grafito (el interior de un lápiz). De esta manera formularán hipótesis y, generalmente, se sorprenderán al descubrir que ese lápiz emite luz.

Seguridad

Este es el experimento con mayor riesgo térmico de la serie. La mina de grafito alcanza temperaturas de varios cientos de grados y puede causar quemaduras graves al contacto o incendiar materiales próximos.

Por este motivo, este experimento tiene que hacerlo el profesor a modo de demostración, y con los alumnos a una distancia de seguridad.

El experimento debe realizarse en una superficie no inflamable como cerámica o piedra, y no se debe dejar el circuito cerrado más de unos pocos segundos.

Al acabar el experimento, no tocar la mina con las manos y usar pinzas o guantes térmicos para manipularla.

Experimento 11 — ¿Cómo funciona la pantalla de un móvil?

Concepto: Condensadores

Duración aproximada: 15–20 minutos

Objetivo didáctico

Este experimento desmonta una idea intuitiva muy extendida: que las pantallas táctiles detectan la presión o el calor del dedo. En realidad, las pantallas modernas detectan cambios en un campo eléctrico, y cualquier material conductor puede activarlas. A partir de una demostración muy sencilla, los alumnos comprenderán el principio físico detrás de uno de los dispositivos que más usan.

Material necesario

- Un teléfono móvil con pantalla capacitiva (cualquier smartphone actual)
- Objetos conductores no punzantes: moneda, papel de aluminio...
- Objetos no conductores: bolígrafo de plástico, goma de borrar, madera, guante de tela...

Procedimiento

Este experimento funciona muy bien en formato de exploración guiada: el profesor plantea hipótesis y los alumnos las comprueban directamente con sus propios móviles o con el del profesor.

1. Tocar la pantalla **con el dedo desnudo**, como de costumbre, y notar que funciona como siempre.
2. Intentarlo **con un guante de tela** y comprobar que la pantalla no responde.
3. Probar con **objetos no conductores** (bolígrafo de plástico, goma...)
4. Probar con **objetos conductores** (moneda, papel de aluminio): la pantalla responde.
5. (Opcional) Probar con el guante puesto, pero sosteniendo un objeto conductor (moneda, papel de aluminio) **entre el dedo y la pantalla**. La pantalla volverá a responder con normalidad ya que detecta el objeto conductor, y no el dedo como tal.

Explicación científica

La pantalla de un teléfono móvil está formada por **una cuadrícula de electrodos transparentes** que mantienen un campo eléctrico uniforme en la superficie. Los electrodos tienen dos superficies conductoras, y entre medio de ellas hay un aislante capaz de almacenar carga eléctrica. Es decir, estos electrodos son **condensadores eléctricos**.

Cuando acercamos un material conductor a la superficie del **electrodo altera ese campo eléctrico**, y el móvil es capaz de detectar esa alteración. De hecho, el sistema de detección **mide estos cambios en toda la cuadrícula** de electrodos que hay en la pantalla, para detectar con precisión donde hemos tocado.

¿Y por qué funciona el dedo? Porque **la piel humana conduce la electricidad**. Por eso, cuando nos ponemos un guante de tela (que no es conductora) la pantalla deja de detectar nuestro dedo. La pantalla **solo detecta materiales conductores**, pero no tiene ni idea de si la está tocando un dedo una moneda.

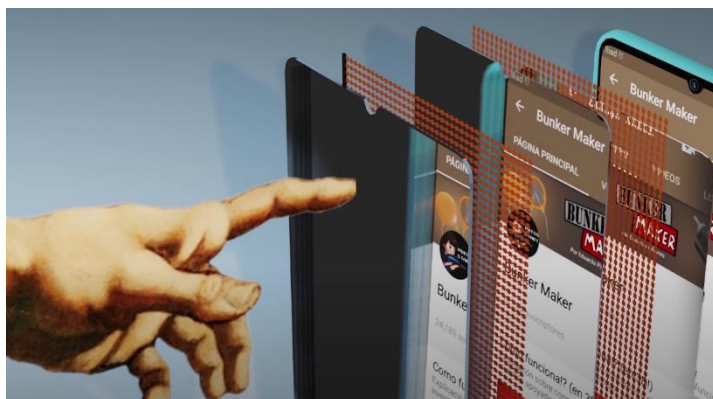


Imagen 1: Representación de una pantalla de un teléfono. Las cuadrículas cobrizas son los electrodos, y entre medio está el aislante.

Consejos para la dinamización

Comenzar el experimento preguntando a los alumnos por qué creen que la pantalla del móvil sabe donde la estamos tocando. Es probable que los alumnos den ideas como la presión (o fuerza) del dedo, o el calor del dedo. Es una buena manera de que generen hipótesis que luego pueden (o no) ser desmontadas.

El paso opcional con el guante y la moneda es especialmente didáctico: muestra que no es el dedo lo que detecta la pantalla, sino la conductividad del material en contacto con ella. Es un buen ejemplo de cómo comprender cómo funciona permite “engañar” al sistema.

Seguridad

El experimento no presenta ningún riesgo. Usar únicamente objetos no punzantes para evitar arañar la pantalla del teléfono.

Experimento 12 — La Bola de Plasma

Concepto: Plasma, ionización y descarga eléctrica de alta tensión

Duración aproximada: 20–30 minutos

Objetivo didáctico

La bola de plasma es uno de los experimentos de mayor impacto visual de la serie. Permite introducir conceptos como el cuarto estado de la materia (el plasma), la ionización del aire, la relación entre voltaje e intensidad, y el principio por el que la electricidad sigue siempre el camino de menor resistencia.

Material necesario

- Bola de plasma
- Papel de aluminio
- Papel normal
- Tenedor
- Fluorescente o tubo de neón pequeño (opcional)

Procedimiento

Se recomienda realizar el experimento en una habitación con poca luz para que los filamentos de plasma sean bien visibles y aumente el impacto visual.

Demostración 1: El dedo conduce la electricidad

1. Encender la bola y observar los filamentos de plasma distribuidos uniformemente en su interior.
2. Acercar un dedo a la bola: **todos los filamentos irán hacia el dedo.**
3. Repetir con un objeto no conductor (goma, plástico): **los filamentos no se mueven.**

Demostración 2: el fluorescente sin cables (opcional)

4. Acercar un tubo fluorescente o de neón a la bola **sin conectarlo a ningún cable**. Observar cómo se enciende solo gracias al campo eléctrico generado por la bola.

Demostración 3: escritura con chispas (solo el profesor)

5. Colocar **papel de aluminio** sobre la bola y encima una hoja de papel normal.
6. **Acercar lentamente el tenedor** a la hoja de papel. Las chispas que saltan quemarán el papel en los puntos de descarga, permitiendo “escribir” con electricidad.

Explicación científica

En el interior de la bola hay un gas noble (muy poco reactivo) a baja presión, y en el centro un electrodo conectado a un generador de alta frecuencia y alta tensión. Esta tensión es tan elevada que ioniza el gas, es decir, **arranca electrones de los átomos**, y en el proceso emite luz. El resultado de arrancarle electrones a un gas es un **plasma**, y los filamentos son el camino que sigue la corriente hasta el vidrio.

La electricidad **siempre busca el camino más “fácil” a tierra**, el que tiene menor resistencia. Cuando acercamos un conductor a la superficie, se convierte en este camino, y todos los filamentos van hacia él.

Tocar la bola no es peligroso porque, aunque utiliza un voltaje muy alto, **la intensidad es muy, muy pequeña**. La potencia total se calcula multiplicando intensidad por voltaje, así que el resultado sigue siendo bajo y la bola segura.

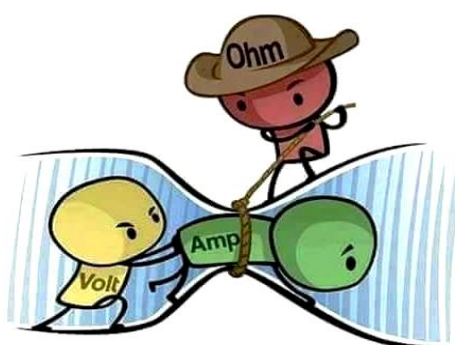


Imagen 1: Analogía de cómo funcionan voltaje, intensidad y resistencia.

Consejos para la dinamización

La bola de plasma tiene un efecto sorpresa instantáneo que la convierte en un buen cierre para toda la serie de experimentos de electricidad. Antes de la demostración, se puede preguntar qué es un rayo, y usar la respuesta como hilo conductor para explicar todo lo que ocurre en la bola.

También es un buen momento para hacer **una recapitulación de los conceptos trabajados a lo largo de la serie**: conductores y aislantes, campo magnético, resistencia, efecto Joule, voltaje e intensidad. La bola de plasma los reúne a casi todos en un solo experimento.

Seguridad

El contacto directo con la bola es seguro para personas sanas sin implantes eléctricos o marcapasos. Mantener la bola alejada de todos los dispositivos electrónicos. Se recomienda que la demostración de chispas sobre el papel de aluminio la haga únicamente el profesor, o en todo caso un único alumno escogido y controlado por el profesor.