

La Física en el bolsillo: experimentos sencillos de Física

Chantal Ferrer Roca y Ana Cros Stötter

Cualquier libro de texto de física que uno tome entre manos puede dar la impresión de que la física es una construcción casi exclusivamente teórica. Para evitar esta falsa percepción es necesario que el discurso conceptual se contraste continuamente con la realidad, no tanto con la intención de confirmar los resultados descritos en el texto, sino para dar una idea de los métodos y para acercar al alumno los problemas de una ciencia experimental a través de la experiencia directa. Y las más indicadas en este sentido son las demostraciones poco sofisticadas, que permitan relacionar fácilmente los fenómenos con los modelos que los describen, y que además puedan ser construidas, reproducidas y analizadas por los propios alumnos. Hemos incorporado este espíritu a los distintos cursos y talleres de formación en los que hemos participado como docentes, siendo nuestra máxima preocupación que las demostraciones no se queden en meras atracciones espectaculares, sino que sirvan para entretener un discurso conceptual que a menudo se basa en fenómenos fácilmente reproducibles y observables¹. La escasa tradición experimental a nivel docente que existe en nuestro país se refleja en una falta de familiaridad con la instrumentación básica de laboratorio y por consiguiente en una tendencia a evitar el uso de demostraciones en el aula. Las demostraciones que proponemos aquí son muy sencillas y para algunos serán incluso conocidas. Pero nuestro interés no consiste tanto en sugerir experiencias particularmente originales, sino en divulgar y facilitar su uso, tanto a nivel práctico como conceptual.

Hemos seleccionado dos demostraciones para ilustrar el tipo de propuestas a las que nos referimos. Especificaremos el material necesario para cada experiencia, así como los detalles de los montajes. Pero más que en las cuestiones técnicas, queremos hacer hincapié en el hilo conductor que puede guiar al profesor en la utilización de estas demostraciones en el aula.

Fenómenos electrostáticos con cintas adhesivas

A través de la experiencia que se describe a continuación, el estudiante podrá examinar sistemáticamente los fenómenos electrostáticos, reproducirá algunas de las observaciones que llevaron a la suposición de la existencia de dos tipos de carga y experimentará las interacciones entre ellas. Este experimento aparece recogido en detalle en el libro de A. B. Arons², y forma parte en Estados Unidos del material de experimentación desarrollado en libros de texto de nivel universitario³.

Material: Un rollo de cinta adhesiva. Se recomienda la marca Scotch Magic: por su mayor consistencia es más fácil de manejar durante el experimento. Dos marcadores permanentes, rojo y azul. Una superficie lisa y limpia (la superficie de una mesa de profesor, por ejemplo).

Experimento 1. Cargas iguales- cargas diferentes. Muchos alumnos han estudiado las propiedades de las cargas, y saben que “las cargas iguales se repelen” y “las cargas distintas se atraen”, pero no han tenido ocasión de meditar sobre qué significa el concepto de “carga”, qué son las “cargas iguales” o las “cargas distintas”, o simplemente de experimentar la fuerza electrostática. Para comprender la primera de estas afirmaciones basta cargar dos tiras de celo utilizando para ambas el mismo procedimiento (de ahí el apelativo de “iguales”): pegaremos dos tiras de dimensiones similares (unos 40 cm) sobre la mesa, procurando doblar una de sus esquinas para que después sean más fáciles de despegar. Tras arrancarlas de la mesa, las dos tiras quedarán cargadas de igual manera. Si acercamos las tiras, veremos que se repelen (figura 1). La conclusión es clara: “tiras de celo *cargadas de igual forma* se repelen”.

Para experimentar con la afirmación de que “cargas diferentes” se atraen, necesitamos primero cargar dos tiras de distinta forma. Para ello partiremos de un sistema neutro. Pegaremos una tira de celo encima de la mesa y, superpuesta a ésta, una segunda tira. Con el fin de distinguirlas, marcaremos la tira inferior de un color (por ejemplo, rojo) y la superior de otro (azul). A continuación despegaremos de la mesa las dos tiras juntas. Las tiras así obtenidas estarán cargadas. Para descargarlas basta recorrer la tira de arriba abajo con los dedos de la mano. Nuestro propio cuerpo funcionará como “tierra”, suministrando la carga necesaria para neutralizar las tiras. Si a continuación las despegamos entre sí cuidadosamente, obtendremos dos cuerpos con “cargas diferentes” que son además iguales y opuestas. Al acercarlas, comprobaremos que las tiras azul y roja se atraen (figura 2). Para terminar de completar el experimento, basta obtener de igual forma otras dos tiras. Las tiras de igual color se repelerán entre sí, mientras que tiras de colores diferentes se atraerán. Con las tiras azules y rojas podemos clasificar el tipo de carga que adquieren distintos objetos cargados (peine o globo frotados, etc.). Así mismo se pone en evidencia que la “carga” es un atributo o concepto inventado para dar cuenta de los fenómenos electrostáticos, y no un objeto material.

Experimento 2. ¿Qué carga tiene mi mano? Hemos dicho que podemos clasificar las cargas de los objetos como pertenecientes al tipo “rojo” o al “azul” observando la atracción o repulsión por las cintas, pero ¿podemos afirmar que si es atraída por una será necesariamente repelida por la otra? Para la realización de este último experimento necesitamos una tira de

celo con carga “roja” y otra con carga “azul”. Al acercar una mano a la tira azul se produce una clara atracción. ¿Tendrá entonces carga roja? Al acercar la mano a la tira roja, ¡se produce igualmente una clara atracción! Si la carga de mi mano no es ni roja ni azul ¿se trata entonces de un tercer tipo de carga? Podemos comprobar que este fenómeno de atracción se reproduce para cualquiera de los objetos que no hemos frotado previamente, es decir, objetos neutros. La hipótesis más sencilla consiste en suponer que la mano contiene igual número de ambas cargas, “roja” y “azul”, y es por tanto un sistema neutro. Este experimento permite introducir el concepto de “polarización”, y explicar por qué la mayor parte de los fenómenos electrostáticos que observamos en la vida diaria corresponden a fuerzas atractivas. Y aunque hemos encontrado un cuerpo capaz de atraer simultáneamente las tiras roja y azul, nadie ha sido capaz hasta ahora de encontrar un objeto capaz de *repeler ambas tiras*, de ahí que se concluya que existen únicamente dos *estados o tipos* de carga⁴: la “roja” y la “azul”⁵.

El columpio magnético y el motor eléctrico: la fuerza magnética

El *motor eléctrico* aparece en todos los textos de física como ejemplo de aplicación tecnológica de la fuerza magnética. Y es que el motor eléctrico constituye, junto con el generador, la esencia de la segunda revolución industrial, siendo su uso prácticamente ubicuo: elevación de ascensores, lavadoras, o ventiladores sólo por citar algunos ejemplos. A continuación proponemos el montaje, en primer lugar, del llamado “columpio magnético”, que permite observar las características básicas de la interacción de una corriente con un campo magnético y como aplicación tecnológica de esta fuerza, un modelo sencillo de motor eléctrico.

El columpio magnético

Material: Soporte aislante (por ejemplo, un soporte de plástico para fotos), tira de papel de aluminio de 1 cm de ancho y unos 30 cm de largo, una pila de petaca, dos cables eléctricos, un imán. Para conocer la polaridad de las caras del imán en el caso de que no estén indicadas, se puede suspender de un hilo y verificar su orientación norte-sur (la cara que indica al norte geográfico –correspondiente al sur magnético– es el polo norte del imán), o bien emplear una brújula.

Funcionamiento: En la figura 3 se puede apreciar la disposición del *columpio magnético*. La tira de aluminio, suspendida del soporte por sus dos extremos, hace de “columpio”. El imán se sitúa en la parte inferior de la tira. Al hacer pasar una corriente por la tira de papel de aluminio, aparecerá una fuerza que desvía la tira hacia un lado, dependiendo el sentido de la desviación del sentido de la corriente y de la orientación del imán. Es importante recordar

que la resistencia del circuito es muy pequeña, por lo que la corriente que circula es grande y descargará la pila en poco tiempo si ésta se deja conectada permanentemente.

Se pueden probar todas las combinaciones posibles de orientaciones del imán y de sentido de la corriente (cambiando la polaridad de la pila) para así observar la dirección y el sentido en el que aparece la fuerza que desvía el columpio. En las figuras 3 se indica la dirección de la fuerza magnética para dos orientaciones diferentes del imán, manteniendo constante el sentido de la corriente. Se han señalado los vectores campo magnético, fuerza y sentido de la corriente en el punto más bajo del columpio (el más próximo al imán). Por la desviación de la tira de aluminio se deduce que aparece una fuerza que es perpendicular al campo y a la corriente. Y el sentido con el que aparece en los distintos casos hace pensar que nos encontramos ante la fuerza magnética que queda descrita por la expresión: $\Delta\vec{F} = I\Delta\vec{\ell} \times \vec{B}$, donde $\Delta\vec{\ell}$ representa la longitud -con su dirección- de cada tramo recto en el que se podría subdividir la cinta (que tiene forma curvada), y $\Delta\vec{F}$ la fuerza que actúa sobre cada uno de ellos. La fuerza magnética actúa en todos los puntos de la cinta y no solo en su punto más bajo, pero al ser el campo magnético mayor en este punto, la fuerza que aparece en ese tramo es mayor respecto a la de otros más alejados del imán y en los que dicha fuerza puede ser de sentido contrario.

El motor eléctrico. Material y montaje: un imán (puede servir el de una puerta de armario), una pila, alambre, 1 m de hilo de cobre barnizado de unos 0,4 mm de diámetro (se encuentra en cualquier tienda de electrónica). El hilo de cobre debe enrollarse alrededor de la propia pila hasta conseguir unas 10-15 vueltas. Debe quedar hilo suficiente para hacer un enrollamiento que fije las vueltas, con dos extremos rectos que actuarán de soporte de la espira y harán el contacto eléctrico con la pila. Los alambres, de unos 10 cm, se deben conectar a los extremos de la pila y fijar con una goma o con cinta aislante o adhesiva. Se debe dar forma al alambre para que actúe de soporte de la espira, como se ve en la figura 4.

El cobre, al estar barnizado, no hará contacto eléctrico con los alambres. Con papel de lija habrá que retirar el barniz de los dos extremos rectos de la bobina, pero *solo por un lado*, el mismo para ambos extremos. Éste es un punto clave del funcionamiento de nuestro motor, ya que como veremos, es lo que permite transformar en alterna (aunque no sinusoidal) una corriente continua. Al situar la espira en el soporte y acercar el imán (dar un pequeño empuje inicial) empezará a girar de forma espectacular.

La fuerza magnética en distintos momentos del giro se representa en la figura 5: en los instantes del 1 al 2, el par de fuerzas de tipo magnético hará girar la bobina en un cierto sentido (hay una componente de la fuerza perpendicular a la bobina). En el instante 3, las

fuerzas no harán girar la bobina, y en el instante 4, el par de fuerzas aparece en sentido opuesto al inicial, por lo que la bobina invertiría su movimiento. Para evitar este efecto, antes de ese instante deberá desaparecer la corriente es decir, el eje de la bobina deberá entrar en la mitad de contorno no lijado del hilo de cobre. El medio giro restante se completará por inercia hasta que de nuevo aparezca la corriente y con ella un par de fuerzas en el sentido adecuado. En definitiva: si se lijaran los extremos de la bobina por completo, la bobina oscilaría en lugar de girar siempre en el mismo sentido.

En resumen, hemos propuesto dos ejemplos concretos de demostraciones sencillas que se pueden utilizar en las explicaciones teóricas del aula. Estamos convencidas de la utilidad y necesidad de este tipo de experimentos para la explicación de conceptos de física y el desarrollo de la habilidad experimental de los alumnos. Sin embargo, somos conscientes de que estas actividades no están extendidas de forma generalizada. Esperamos que nuestra pequeña contribución anime a tomar iniciativas en este sentido.

REFERENCIAS Y NOTAS

[1] Creemos que es muy importante que no se transmita la impresión de que deducimos el modelo teórico a partir de la demostración. Serviría exclusivamente para desligar completamente los aspectos experimentales de los formales y por lo tanto para hacer aún más incomprensibles los contenidos. Hay aspectos que se podrán deducir de nuestra demostración experimental y muchos otros que no, y que convendrá señalar de la forma lo más inequívoca posible como conocidos por otras vías.

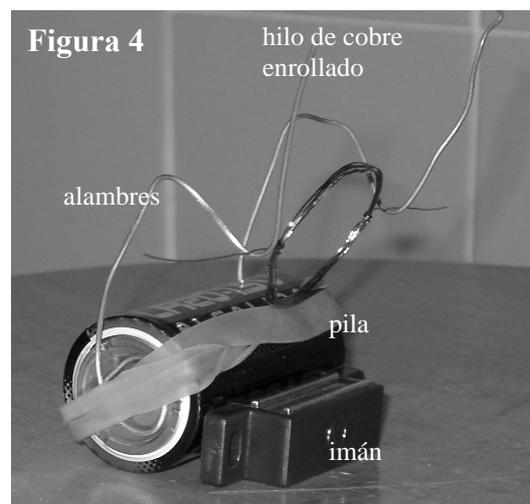
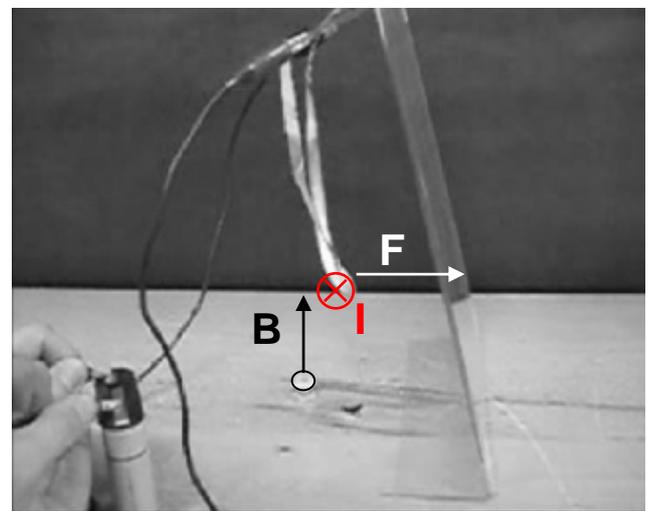
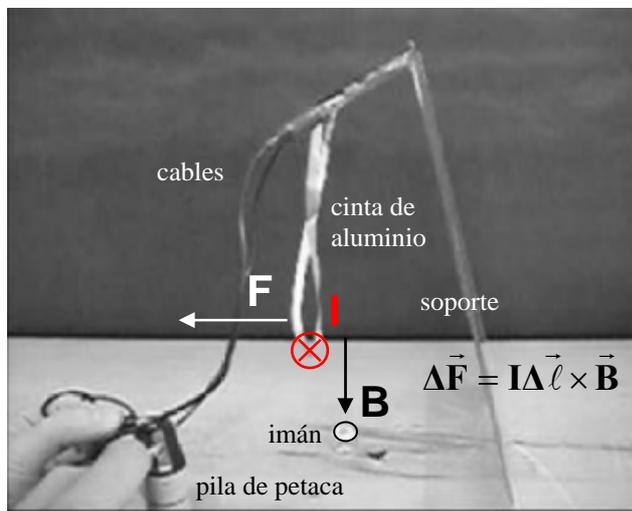
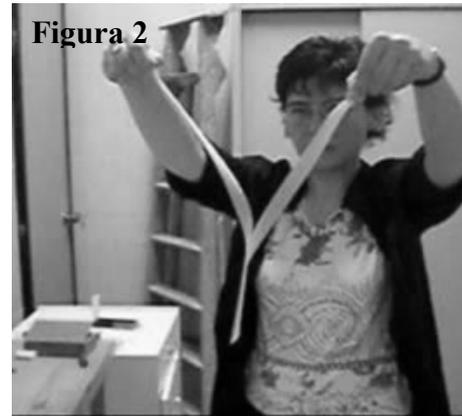
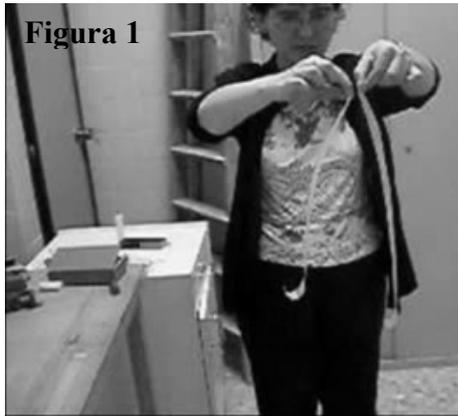
[2] ARONS, A. B. (1990): *A Guide to Introductory Physics Teaching*. John Wiley & Sons.

[3] CHABAY, R. W., SHERWOOD, B. A. (1995): *Electric and Magnetic Interactions*. John Wiley & Sons.

[4] Conviene recordar que estas experiencias macroscópicas no permiten concluir que existan dos *tipos de carga* distintos (i.e. electrones: negativos, átomos o moléculas ionizados: positivos) a nivel microscópico. Todos sabemos que fueron experimentos como los de Thompson y Millikan, los que introdujeron el modelo de de una carga elemental con signo negativo que llamamos electrón. A todas ellas habría que añadir las experiencias que ayudaron a configurar los distintos modelos atómicos. Para más detalles: ARONS, A. B. (1970): *Evolución de los conceptos de la Física*. Ed. Trillas, México

[5] El plástico adquiere carga negativa al ser frotado. Acercando una regla de plástico cargada, por ejemplo, a las cintas “roja” (inferior) y “azul” (superior), se puede ver que la primera es repelida y la segunda atraída, por lo que la equivalencia con la nomenclatura histórica es: roja=negativa y azul=positiva.

FIGURAS



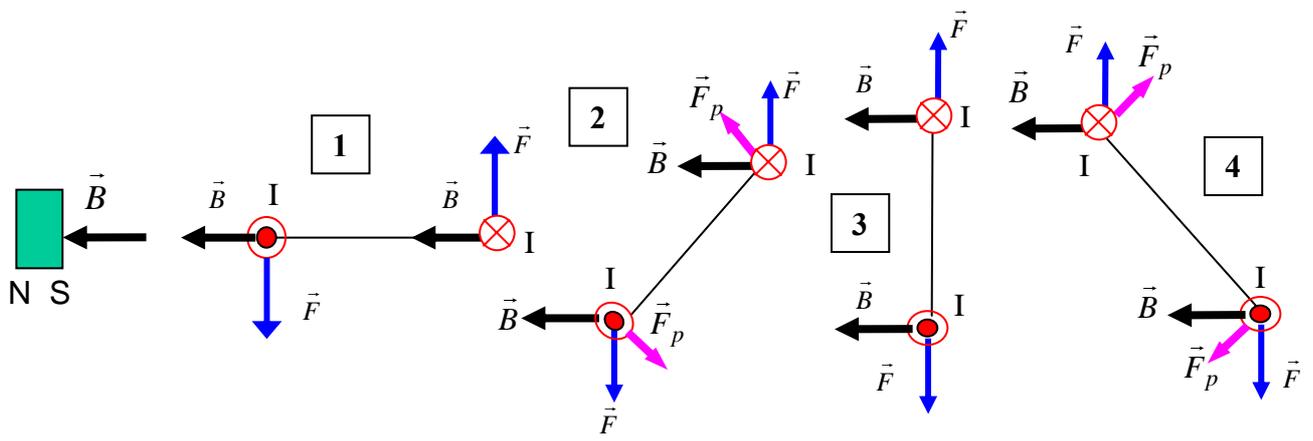


Figura 5