

EXPERIMENTO 15

Fuerza magnética

Objetivos

- * Estudiar el efecto de un campo magnético sobre un conductor por el cual circula una corriente eléctrica.
- * Determinar la relación entre la fuerza que experimenta un conductor debido a un campo magnético en función de la corriente que circula por él.
- * Medir el campo magnético promedio generado por un conjunto de imanes.

Introducción

En este experimento se estudia el efecto de un campo magnético sobre un conductor por el que pasa una corriente eléctrica. Dicho estudio se hace midiendo los cambios de fuerza ejercida sobre un soporte plástico por medio de una balanza. El campo magnético constante es generado por un conjunto de imanes de neodimio ubicados estratégicamente dentro del soporte de plástico.

En la primera parte de la práctica se estudiará cualitativamente el campo magnético y sus características. Posteriormente, se estudiará cómo este campo genera una fuerza sobre el conductor. Se desea que el estudiante comprenda cómo se usa la regla de la mano derecha para determinar la dirección de la fuerza ejercida a partir de las direcciones del campo magnético y de la corriente que circula por el conductor. Después, se analiza la dependencia de la magnitud de la fuerza en función de las intensidades del campo magnético y de la corriente, la cual será una estimación debida a los caminos irregulares que sigue la corriente.

Materiales

- * 3 baquetas con diferentes caminos conductores
- * Imanes de neodimio dentro de soporte plástico con ranura
- * Balanza electrónica con precisión de 0.01g
- * Fuente de corriente DC limitada a 1A
- * Sensor de energía de Vernier

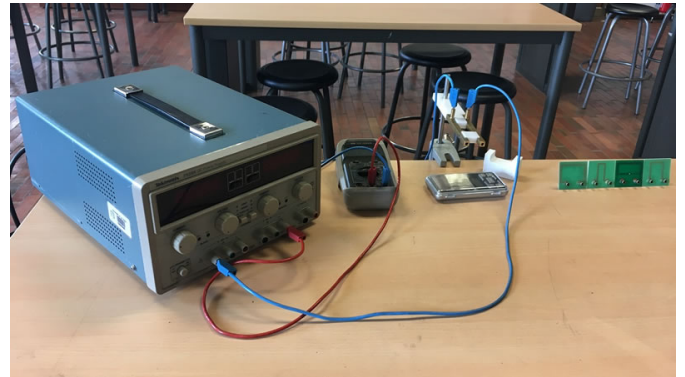


Figura 15.1: Montaje experimental fuerza magnética.

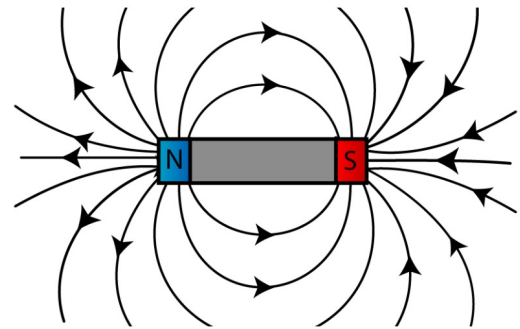


Figura 15.2: Líneas de campo en un imán.

- * Computador con LoggerPro
- * Interfaz LabQuest Stream
- * Calibrador
- * Soporte universal con varilla y prensa
- * Cables de conexión

Teoría

La influencia de un imán sobre su entorno se puede describir por medio del *campo magnético* que genera. El campo magnético es una cantidad vectorial, es decir, tiene magnitud y dirección. El campo se puede describir gráficamente por medio de *líneas de campo*, que salen del polo norte del imán y llegan a su polo sur, como se ve en la figura 15.2. La dirección de la línea representa la dirección del campo, y la densidad de líneas su magnitud. Cerca del imán, la

densidad de líneas es alta y va disminuyendo a medida que uno se aleja del imán.

La magnitud del campo magnético tiene unidades. En el sistema internacional se usa el Tesla (T) para cuantificar el campo magnético. Sin embargo, muchas veces el Tesla resulta una unidad muy grande y se usa el Gauss (G) en su lugar, donde $1T = 10000G$.

Un conductor por el que pase una corriente, experimenta una fuerza si está en presencia de un campo magnético denominada *Fuerza magnética*. La magnitud y dirección de esta fuerza depende de cuatro variables: la magnitud de la corriente sobre el conductor (I), la longitud del conductor (L), la intensidad del campo magnético (B) y el ángulo entre el campo y la dirección de la corriente (θ). Matemáticamente, esta fuerza se puede describir por el producto cruz de la ecuación

$$\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}. \quad (15.1)$$

En términos de las magnitudes, la expresión de la ecuación (15.1) se puede reescribir como $F = ILB \sin \theta$, y si adicionalmente el campo magnético es perpendicular a la corriente, se simplifica a la ecuación lineal

$$F = ILB. \quad (15.2)$$

En este caso, la dirección de la fuerza resultante F se puede obtener haciendo uso de la regla de la mano derecha. Esta regla es una herramienta nemotécnica para determinar la dirección de un vector resultante de un producto cruz entre dos vectores. Al alinear el dedo índice de la mano derecha con el primer vector del producto, y el dedo corazón con el segundo, la dirección del vector resultante será en la dirección del pulgar, como se muestra en la figura 15.3.

Por tercera ley de Newton, si el imán genera una fuerza sobre el alambre, el alambre genera una fuerza de igual magnitud y dirección opuesta sobre el imán. Es esta fuerza sobre el imán la que se va a cuantificar por medio de una balanza.

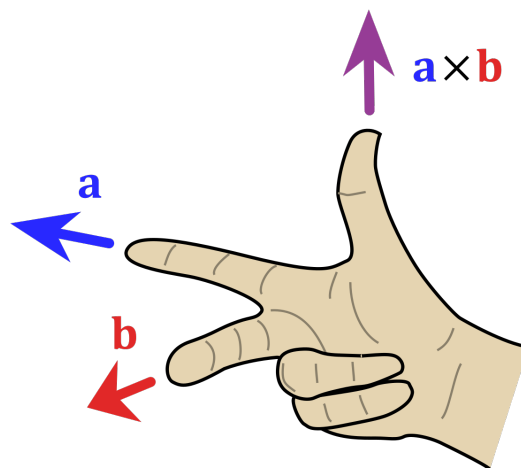


Figura 15.3: Uso adecuado de la regla de la mano derecha.


Precauciones

⚠ Advertencia: En esta práctica se usa una fuente de poder capaz de generar una corriente de hasta 1 amperio. Tenga mucho cuidado de siempre manipular los circuitos cuando la fuente esté apagada, en especial las partes metálicas de la balanza. Antes de encender la fuente, verifique que no haya ningún cable suelto o en contacto con alguna pieza fuera del montaje. Las corrientes por encima de 30 miliamperios son peligrosas. Antes de encender la fuente, gire la perilla de corriente al mínimo y siempre aumente la corriente controladamente. Por precaución, retírese relojes, anillos y pulseras metálicas antes de realizar el procedimiento. Si usted no está seguro de si el montaje esté correctamente ensamblado, consulte al profesor o al personal del laboratorio.

Nota: Los campos magnéticos producidos por los imanes de neodimio son bastante fuertes y pueden interferir con el correcto funcionamiento de muchos dispositivos. No acerque demasiado los dispositivos electrónicos del montaje como el computador o el LabQuest Stream a los imanes. De igual manera, aleje sus elementos electrónicos personales tales como relojes o tarjetas de crédito.

Procedimiento

1. Medición de la dirección de la corriente

Antes de iniciar propiamente la toma de datos se debe calibrar el cero del sensor de energía. En LoggerPro ubique el botón de **Establecer punto cero**  y púlselo. Debe notar cómo el valor de corriente en LoggerPro se va a cero amperios.

- * Conecte una baquela cualquiera en las terminales frontales de la balanza magnética. Ubique la balanza electrónica y el soporte con los imanes debajo de la baquela de forma que esta encaje perfectamente en la ranura del soporte. Ajuste la altura de la baquela de manera que quede lo más cerca posible al fondo de la ranura del soporte pero sin tocarlo, tal y como se muestra en la figura 15.4. Ajuste el montaje con firmeza para que no se mueva.

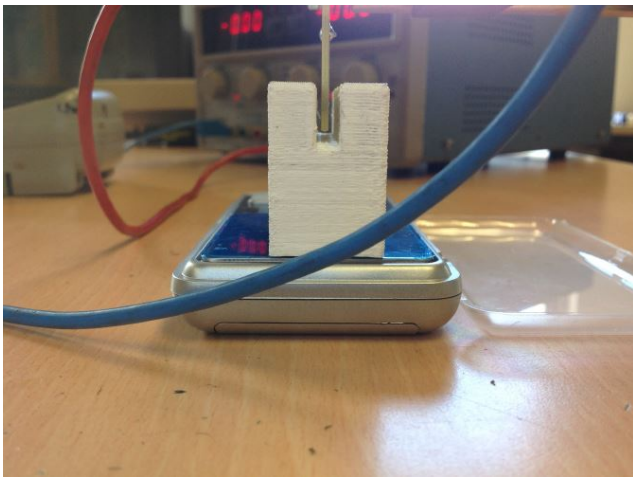


Figura 15.4: Vista lateral del montaje. La baquela no alcanza a tocar el soporte.


- * Conecte la salida de la fuente de corriente en las terminales **SOURCE** del sensor de energía. Conecte un par de cables desde las terminales **LOAD** del sensor de energía hasta las terminales en la parte superior de la balanza magnética en una polaridad cualquiera.
- * Encienda la balanza electrónica y ajuste el cero con el botón **TARE**.

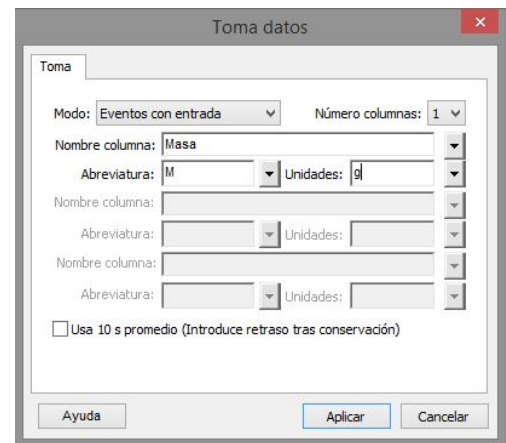
Nota: La balanza electrónica se apaga automáticamente después de cierto tiempo de inactividad. Evite se apague durante una toma de datos, pues tendría que recalibrar su cero.



- * Encienda la fuente y gire la perilla de corriente hasta llegar a 500mA. Note el cambio en la balanza. Use la regla de la mano derecha junto con la ecuación (15.1) para predecir la dirección de la fuerza para cualquiera de las dos direcciones posibles de la corriente. Si muestra un valor positivo, los cables están conectados en la polaridad correcta. Si muestra un valor negativo, apague

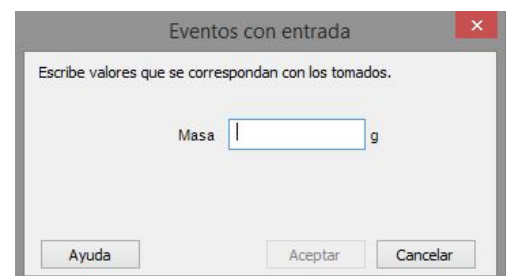
la fuente y cambie la polaridad de los cables en la parte superior de la balanza magnética. Esta será la configuración del montaje. Al finalizar, lleve la perilla de corriente a 0A y apague la fuente.


2. Fuerza vs. Corriente

- * Conecte una baquela con camino largo (mídalo con el calibrador) en las terminales frontales de la balanza magnética y arme de nuevo el montaje del experimento.
- * En LoggerPro Oprima el botón **Toma Datos**  y le aparecerá una ventana. Escoja **Eventos con entrada** en el menú **Modo**. Nombre a la columna **Masa**, con abreviatura **M** y unidades **g**.






- * Presione el botón **Tomar datos** . Encienda la balanza electrónica y calíbrala en cero si es necesario.
- * Encienda la fuente. Gire la perilla de corriente hasta llegar a un valor de aproximadamente 200mA. Note que el valor en la balanza electrónica muestra un número positivo. Espere unos segundos hasta que este valor se estabilice. En LoggerPro presione el botón **Conservar**  y le aparecerá un diálogo donde debe ingresar el valor de masa mostrado en la balanza electrónica. Aumente la corriente en pasos de 200mA hasta llegar a 800mA.




- * Lleve la corriente a 0A y apague la fuente. Dé un nombre apropiado a su columna de datos. Al finalizar la toma de datos oprima  para seguir al siguiente montaje.

3. Fuerza vs. Longitud

- * Mida la longitud del camino en la baquela de camino más corto con el calibrador. Conéctela en las terminales frontales de la balanza magnética y arme de nuevo el montaje del experimento. El camino en la baquela tiene un ancho. Tome en cuenta esto al medir el camino y sea consistente con la medición de todas las baquetas.
- * En LoggerPro presione **Ctrl + L** para crear una nueva columna de datos. Oprima el botón . Conserve **Eventos con entrada** en el menú **Modo** y en **Número de columnas** escoja 2. Mantenga los nombres de la primera columna y nombre a la segunda **Largo**, con abreviatura *L* y unidades *cm*.
- * Presione el botón **Tomar datos** . Encienda la balanza electrónica y calíbrala en cero si es necesario.
- * Encienda la fuente. Gire la perilla de corriente hasta llegar a un valor de 800mA. En LoggerPro presione el botón **Conservar**  e ingrese el valor de masa que muestra la balanza electrónica y el de longitud del camino que midió.
- * Lleve el valor de corriente a cero y apague la fuente. Mida el camino de la siguiente baqueta y reemplácela en la balanza electrónica. Repita el procedimiento para todas las baquetas.

Nota: hay una baqueta que tiene camino por ambos lados. Basta con medir el camino por un lado y multiplicarlo por dos para obtener el valor real.

- * Lleve la corriente a 0A y apague la fuente. Dé un nombre apropiado a su columna de datos. Al finalizar la toma de datos oprima  para seguir al análisis.

Análisis cualitativo

- * Explique, bajo premisas razonables sobre cómo se distribuyen las líneas de campo magnético generadas por los imanes y del porqué no se tiene en cuenta los caminos conductores verticales para el cálculo de la fuerza que ejerce el campo sobre una baqueta.
- * Indique en dónde la suposición de campo magnético homogéneo inducido por los imanes falla.
- * Si la masa del sistema no cambia en todo el procedimiento, ¿qué mide realmente la balanza electrónica? Use la tercera ley de Newton para justificar.
- * ¿Es posible que el campo magnético generado por la corriente que pasa por los caminos conductores altere

el campo magnético de los imanes? Si es así, ¿cómo sería?

- * Usando la ley de la mano derecha, determine la dirección de la corriente en el camino conductor.


Análisis cuantitativo

1. Fuerza vs. Corriente


Como notará, estamos usando una masa para representar una fuerza. Para convertirla a las unidades correctas, debemos pasarla a kilogramos multiplicarla por la gravedad 9.77 m/s^2 .

- * En LoggerPro, en el menú **Datos** seleccione **Nueva columna calculada**.
- * Escriba *Fuerza* en nombre, *F* en abreviatura, y *N* en unidades. En **Colección de datos** escoja el nombre que le dio a la columna de datos de fuerza contra corriente. En la parte de abajo multiplique la variable **Masa** buscándola con el botón **Variables (Columnas)** por el valor de la gravedad.

Nota: Sea precavido con las unidades.

- * Haga un ajuste lineal de los datos de fuerza contra corriente con el botón .
- * Calcule el campo magnético con la pendiente. Compárelo con el valor hallado con el sensor de campo magnético, calcule el error y explique, en términos físicos, posibles discrepancias entre ambos campos.

2. Fuerza vs. Longitud

- * Haga la misma transformación de masa a fuerza que se hizo con los datos anteriores. Adicionalmente, transforme los datos de longitud en centímetros a metros.
- * Haga un ajuste lineal de los datos de fuerza contra longitud (en metros) con el botón .
- * Calcule el campo magnético con la pendiente y compárelo con los datos anteriormente medidos. Explique físicamente posibles discrepancias.