

TRABAJO PRÁCTICO N° 3

MAGNETISMO

El objetivo de este trabajo práctico es estudiar las leyes del magnetismo. En particular, se estudian los efectos magnéticos que surgen en un cable que transporta corriente y las corrientes inducidas que se generan en un material conductor ubicado en una zona de flujo magnético variable.

Conceptos claves: Ley de Lenz, ley de Faraday, ley de Ampere, ley de Ohm, campo magnético, polos magnéticos, inducción electromagnética.

Actividad 1: Experimento de Oersted

Materiales:

Celular con aplicación Physics Toolbox Sensor Suite ([Android](#), [iOS](#)), imán, cables, pila o batería, fuente de alimentación de corriente continua de tensión variable, multímetro.

Desarrollo:

1. En primer lugar, se debe buscar la posición aproximada del sensor del campo magnético en el celular que se vaya a utilizar. Utilizando la herramienta “*Magnetómetro*” de la aplicación y moviendo un imán por encima del teléfono se debe buscar la posición para la cual el valor de campo magnético total es máximo. Marcar este punto con un pequeño trozo de cinta adhesiva o *Post It*.
2. A continuación, se ubica el teléfono sobre una mesa con la pantalla hacia arriba y se selecciona la herramienta “*Brújula*” de la aplicación. Se debe revisar que la aguja marque correctamente el norte geográfico, de lo contrario calibrar como se indica en la aplicación.
3. El siguiente paso consiste en colocar un cable largo extendido en la misma dirección de la aguja pero que pase por encima del punto donde está situado el sensor magnético.
4. Sin mover el cable de la posición mencionada en el punto 3, conectar los extremos del cable eléctrico a una pila. Observar lo que sucede y registrar los cambios tomando una foto.
5. Repetir los pasos 3 y 4 pasando el cable por debajo del teléfono, manteniendo la misma polaridad de la pila. Observar lo que sucede.
6. Repetir los pasos 3 a 5 invirtiendo la polaridad de la pila.
7. Utilizando el multímetro, medir la resistencia del alambre que se utilizó en el experimento.

Análisis de resultados

- A. Describir las observaciones. ¿Qué le sucede a la brújula cuando se conecta el cable a la pila? ¿Qué cambia al pasar el cable por debajo del celular? Incluya un diagrama mostrando la dirección del campo magnético y la orientación del indicador de la brújula en cada caso.

- B. Explicar las observaciones. ¿Qué ley puede utilizar con este fin?
- C. Conociendo la resistencia y el voltaje utilizado en el experimento, calcular la magnitud del campo magnético a 1 cm del cable. Comparar este valor con el valor del campo magnético terrestre.

Actividad 2: Tubo de Lenz

Materiales:

Celular o Tablet con cámara de video, tubos de aluminio, imanes, soporte de goma, soporte universal, regla o calibre.

Desarrollo:

En esta actividad se estudiará el comportamiento de imanes que caen a través de tubos metálicos conductores no magnéticos (aluminio en este caso). El arreglo experimental de esta actividad se esquematiza en la Figura 1. Un imán cayendo a través de un tubo metálico caerá con una dada velocidad terminal constante, a diferencia de lo que sucede en una caída libre donde la velocidad aumenta a razón de gt , siendo g la gravedad terrestre y t el tiempo. Esto sucede a causa de las corrientes inducidas que se generan en el tubo y que tienden a contrarrestar el cambio de flujo magnético que causa la propia caída del imán. Como consecuencia, un imán que cae dentro de un tubo conductor tardará un tiempo T en atravesar un tubo de longitud L [1];

$$T = C \frac{\mu_0 \sigma M^2 L \delta e^{-\delta/a}}{mga^4} \quad (1)$$

Donde C es una constante adimensional, μ_0 es la permeabilidad del vacío, σ es la conductividad del material del tubo, M es el momento magnético del imán, δ es el espesor del tubo, a su radio interno y m la masa del imán.

La ecuación anterior surge de plantear la ecuación del movimiento para el imán, la cual incluye un término extra que considera el “frenado” que causan las corrientes (y el campo magnético) inducidos, este frenado se opone al movimiento de caída libre. Para más detalles sobre la deducción de la ecuación 1, ver la referencia 1.

1. Tomar el tubo de aluminio y usar un soporte de goma y un soporte universal para que quede parado, perpendicular a la superficie.
2. A continuación, tomar un imán y comprobar su comportamiento magnético frente al tubo. Es decir, probar si el imán queda pegado o no al tubo.
3. Dejar caer el imán en caída libre por fuera del tubo, desde la misma altura de este. Utilizar una superficie amortiguadora.
4. Repetir el paso anterior, pero esta vez dejar caer el imán dentro del tubo. Observar las diferencias entre los pasos 3 y 4.
5. Repetir el paso 4 entre 3 y 5 veces filmando cada movimiento.
6. Repetir el paso 5 utilizando dos imanes unidos.

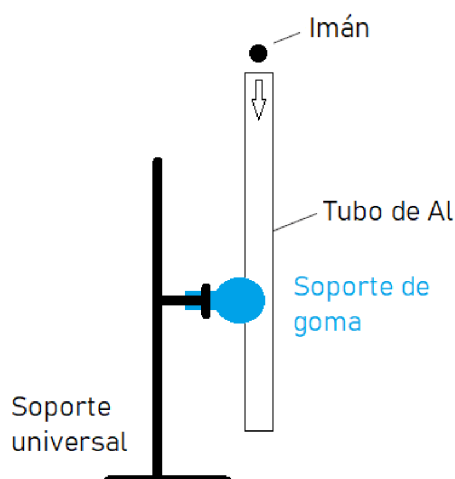


Figura 1. Diseño experimental, un tubo de Al se sostiene vertical con un soporte de goma y un soporte universal. El imán se deja caer a través del tubo.

Análisis de resultados

- A. A partir de los videos grabados, obtener el valor promedio del tiempo que tarda el imán en atravesar el tubo de lado a lado para el caso de un solo imán (T_A) y para el caso de dos imanes unidos (T_B). Puede utilizar un editor de video común, o la aplicación Tracker utilizada en Física 1.
- B. Conociendo la altura desde la cual se dejó caer a los imanes, calcular el tiempo teórico en caída libre que demora el imán en recorrer una distancia L (T_{CL}). Comparar con los tiempos T_A y T_B obtenidos en el punto anterior.
- C. Explicar por qué surgen las diferencias con el tiempo T_{CL} e incluir un diagrama que muestre cómo es el flujo magnético a ambos extremos del imán y cómo son las corrientes y campos inducidos en el tubo.
- D. Utilizando la ecuación 1 y los resultados del punto A, discutir si los resultados son los esperados.
- E. Imaginar que se modifica el arreglo experimental añadiendo un dinamómetro al sistema. El dinamómetro se acopla al tubo y ambos se cuelgan verticalmente, como se muestra en la Figura 2. Discutir, ¿qué se debería observar en la escala del dinamómetro mientras el imán atraviesa el tubo? Explicar.
- F. Por último, comentar qué cambios se podrían hacer en los parámetros del experimento para lograr que el imán tarde todavía más tiempo en caer.

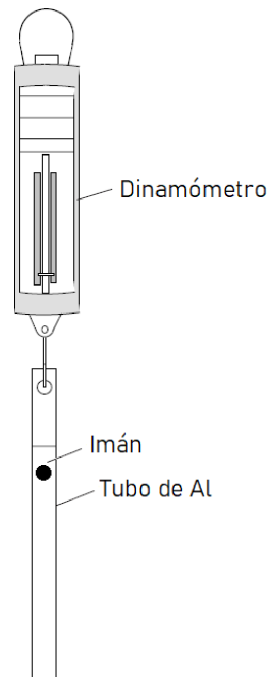


Figura 2. Diseño experimental alternativo que incluye un dinamómetro.

Referencias

1. Roy, M.K., Harbola, M.K., and Verma, H.C. (2007) Demonstration of Lenz's law: Analysis of a magnet falling through a conducting tube. *Am. J. Phys.*, **75** (8), 728–730.