

PRÁCTICA NÚMERO 8: Ley de Faraday

Integrantes

Atayde Aranda Aldo

Basile Álvarez Tomás Ricardo

Gallegos Salgado Jessica Andrea

Velázquez Martínez Jonathan Israel

Resumen

Para esta práctica usaremos una simulación del efecto de inducción electromagnética que describe la ley de Faraday. La simulación se encuentra en la página de PHET Colorado y nos permite observar qué sucede con el voltaje en un circuito cerrado al mover un imán cerca de éste. Así, con ayuda de la simulación confirmaremos que el cambio en el flujo magnético genera un voltaje, tal como lo dice la ley de Faraday.

Introducción

Campos magnéticos

El campo magnético es un concepto introducido en la teoría electromagnética para explicar las fuerzas que aparecen entre corrientes eléctricas.

Los campos magnéticos son producidos por cargas en movimiento, es decir, por corrientes eléctricas; aunque también se pueden producir campos magnéticos con imanes permanentes.

El campo magnético en un punto dado del espacio se define a partir de la fuerza que se ejerce sobre un elemento de corriente situado en dicho punto, y se expresa en amperios por metro (A/m).

Históricamente el símbolo B ha sido utilizado para representar el campo magnético. La dirección del campo magnético B en cualquier sitio es la dirección a la cual apunta la aguja de una brújula colocada en dicha posición. Igual que en el caso del campo eléctrico, es posible representar el campo magnético gráficamente utilizando líneas de campo magnético.

Todo corriente eléctrica produce un campo magnético. Cuanto mayor sea la intensidad de corriente eléctrica que recorre un conductor, más elevado será el campo magnético que genere.

Ahora hablaremos de las **líneas de campo magnético**.

Cualquier campo magnético se representa usando líneas de campo magnético. La idea es la misma que para las líneas de campo eléctrico. Se dibujan las líneas de modo que la línea que pasa a través de cualquier punto sea tangente al vector del campo magnético en ese punto (Imagen 6). Las líneas de campo adyacentes están cerca entre sí, la magnitud del campo es grande; donde tales líneas están separadas, la magnitud del campo es pequeña. Asimismo, debido a que la dirección en cada punto es única, las líneas de campo nunca se cruzan.

Bobinas

Las bobinas, también llamadas inductores, son circuitos de dos terminales capaces de generar un flujo magnético cuando se hace circular una corriente eléctrica. Las bobinas están constituidas normalmente por una bobina de conductor, típicamente alambre o hilo de cobre esmaltado. Existen inductores con núcleo de aire o con núcleo hecho de material ferroso (por ejemplo, acero magnético), para incrementar su capacidad de magnetismo.

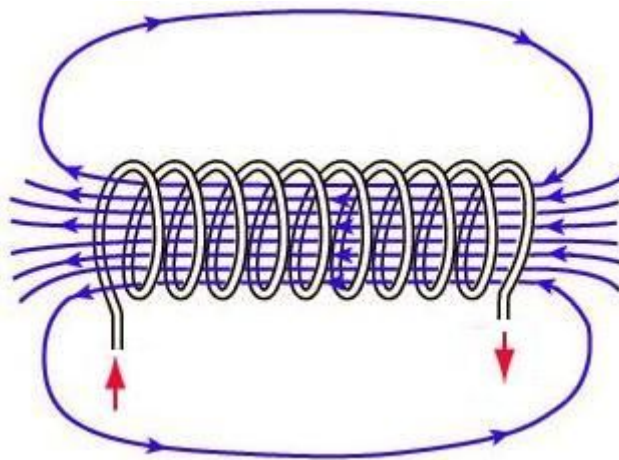


Fig. 1. Ejemplo de bobina.

Ley de Faraday

Relacionado a las bobinas, en 1831, Michael Faraday descubrió la inducción electromagnética y planteó sus descubrimientos sobre la producción de efectos eléctricos por acción magnética en la llamada Ley de Faraday, la cual nos dice que, “la tensión inducida en un circuito cerrado es directamente proporcional a la rapidez con que cambia en el tiempo el flujo magnético que atraviesa una superficie cualquiera con el circuito como borde”. Matemáticamente se expresa como $\varepsilon = \frac{d\Phi}{dt}$. Esta relación nos dice que, cualquier cambio del entorno magnético, originará un voltaje. El cambio se puede producir por un cambio en la intensidad del campo magnético, el movimiento de un imán entrando y saliendo del interior de la bobina, moviendo la bobina hacia dentro o hacia fuera de un campo magnético, girando la bobina dentro de un campo magnético, etc.

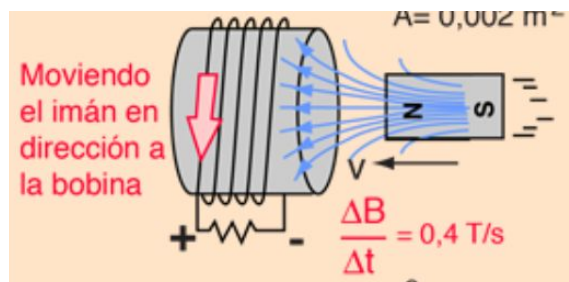


Fig. 2. Cambio en la intensidad de campo moviendo un imán.

Otra manera de expresar matemáticamente la Ley de Faraday es su forma integral:

$\oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = - \frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{a}$, la cual nos relaciona a una superficie S con un campo inducido B con su frontera C.

Hipótesis

Como se menciona en el marco teórico, el cambio en el flujo magnético por un circuito genera un voltaje que es igual a la derivada de este flujo con respecto al tiempo. Con esto, podemos formar las siguiente hipótesis sobre los experimentos que se realizarán:

Si movemos el imán dentro de la bobina, se generará un voltaje, ya que estará cambiando el flujo magnético por el circuito.

Si repetimos el experimento con una bobina con menor número de vueltas, el voltaje generado será menor. Esto debido a que el flujo magnético por la bobina será menor debido a su menor número de vueltas.

Finalmente, si cambiamos la orientación del imán, notaremos que se produce el mismo efecto, pero ahora el voltaje será siempre opuesto, ya que la líneas de campo magnético irán en sentido contrario.

Objetivos

Observar las líneas de campo magnético de un imán y su interacción con las bobinas así como el voltaje producido por ésta interacción.

Analizar mediante una simulación la inducción electromagnética descrita por la ley de Faraday.

Procedimiento experimental

1. Entrar a la simulación "Ley de Faraday".
2. Seleccionar la casilla "líneas de campo" y realizar una descripción de lo que sucede. ¿Qué representan estas líneas? ¿Existen estas líneas en la naturaleza? ¿Para qué sirven?
3. Arrastrar el imán dentro y fuera de la bobina. Responder las siguientes preguntas: ¿Qué sucede con el voltímetro? ¿Qué sucede con el foco? ¿Cómo explicas estos fenómenos?
4. Ahora colocar la otra bobina ¿Cuál es la diferencia entre ambas bobinas? Repetir el proceso con el imán en la otra bobina. ¿Cuál es la diferencia y a qué se debe?
5. Por último, cambiar la orientación S-N del imán y repetir los pasos 3 y 4. Explicar las diferencias e indicar a qué se deben.

Resultados y análisis

- CONFIGURACIÓN IMÁN S-N

Podemos ver en esta simulación como las líneas del campo magnético que genera el imán son cerradas, no se van a infinito, además éstas salen del polo norte para entrar al polo sur. Así mismo, las líneas de campo más cercanas al imán están más juntas entre sí, por lo que el campo tiene mayor intensidad ahí, al contrario de las lejanas donde la intensidad del campo es menor.

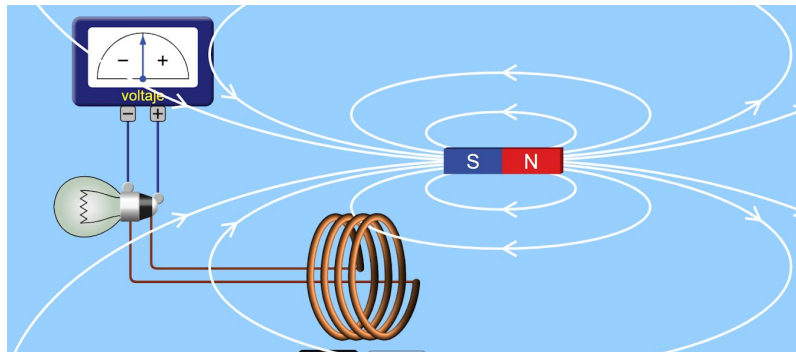


Imagen 1. Líneas de campo magnético imán S-N

1. Bobina grande

Ahora bien, como vimos en el marco teórico, la Ley de Faraday dice que el cambio en el flujo magnético por un circuito genera un voltaje que es igual a la derivada de este flujo con respecto al tiempo. Cuando arrastramos el imán dentro y fuera de la bobina se registra voltaje, esto debido a que al acercarlo a la bobina, el flujo magnético aumenta y al alejarlo, el flujo disminuye (hay menos líneas de campo atravesando la bobina), por lo tanto hay un cambio en el flujo y por lo tanto, voltaje.

El movimiento del imán en la bobina provoca que se encienda el foco debido a la corriente inducida que circula en el circuito. Cuando movemos el imán rápidamente, el flujo magnético cambia más rápido y por lo tanto la derivada de éste es mayor y el foco se enciende con mayor intensidad. Al contrario de cuando el movimiento es lento, el voltaje es menor y el foco se enciende débilmente.

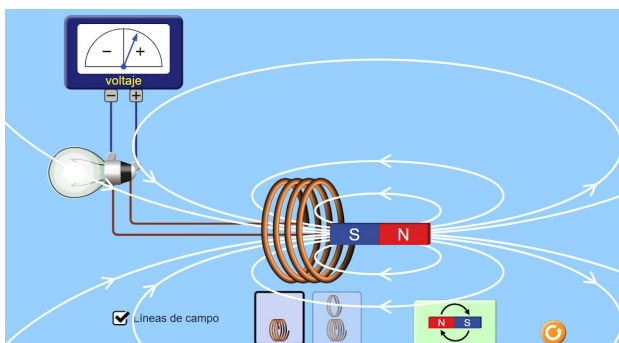


Imagen 2. Imán S-N entrando a bobina 1

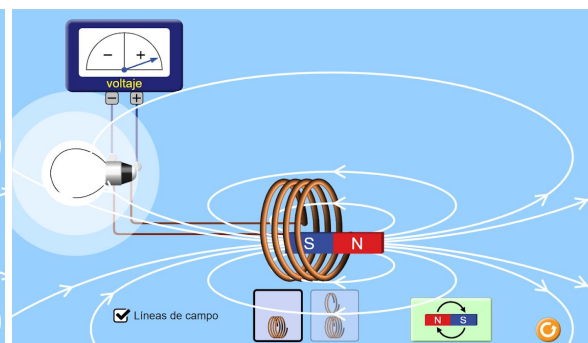


Imagen 3. Imán S-N entrando rápidamente

El voltaje máximo se alcanza cuando el imán se acerca al centro de la bobina, pero al pasar por el centro, hay un cambio súbito del signo del voltaje (cambia de positivo a negativo).

Finalmente, al salir de la bobina, se registra un voltaje opuesto al voltaje al entrar a la bobina. Esto sucede por la ley de Faraday-Lenz, la cual nos dice que al generarse una corriente en la bobina por el movimiento del imán, ésta genera a su vez un campo magnético opuesto al campo del imán. Es decir, cuando introducimos al imán se induce una corriente en la bobina que tiende a repelerlo y cuando ya atravesamos la bobina la corriente cambia de signo y el campo generado atrae al imán.

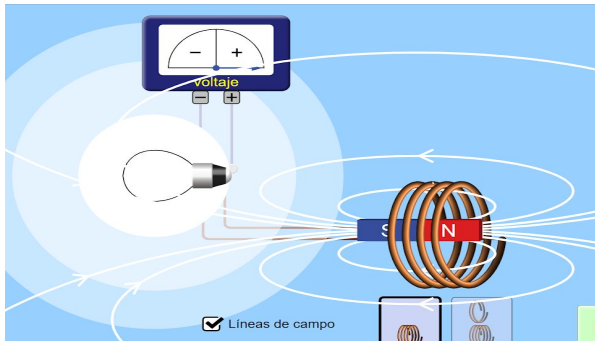


Imagen 4. Voltaje máximo imán S-N en bobina 1

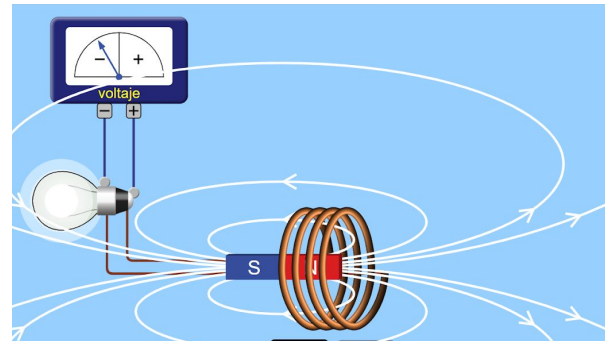


Imagen 5. Imán S-N saliendo de bobina 1

1. Bobina pequeña

En este caso, el solenoide tiene menor número de vueltas y entonces el flujo magnético es más pequeño y por la Ley de Faraday, el voltaje es la derivada del flujo magnético, por lo que el voltaje será menor que con la bobina más grande.

Sin embargo el signo del voltaje es igual a cuando tenemos la bobina más grande (de positivo a negativo).

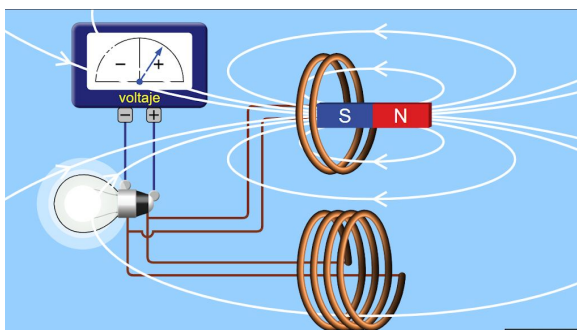


Imagen 6. Imán S-N entrando a bobina 2

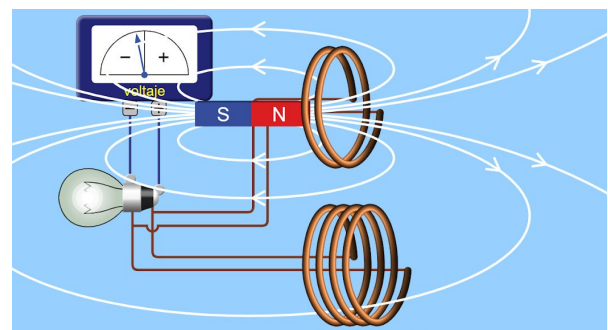


Imagen 7. Imán S-N saliendo de bobina 2

- CONFIGURACIÓN IMÁN N-S

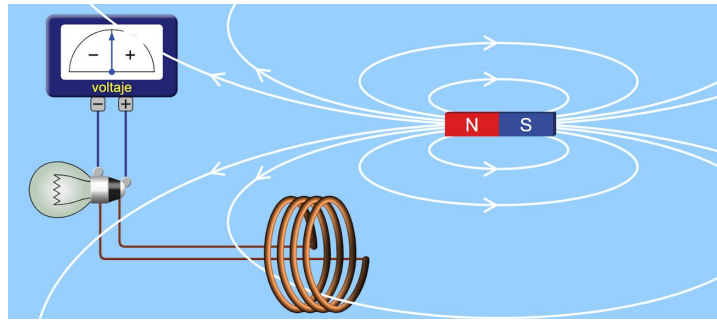


Imagen 8. Líneas de campo magnético imán N-S

Las líneas de campo al cambiar la orientación del imán se ven iguales pero ahora la dirección va en el sentido opuesto que con la configuración S-N.

Así mismo, tanto para la bobina grande como para la bobina chica, el mover el imán adentro y afuera de éstas, se ve completamente igual que en la configuración S-N pero el voltaje medido tiene el sentido opuesto (ahora pasa de negativo a positivo) ya que las líneas de campo magnético van en sentido contrario por lo que el flujo magnético cambia de signo con respecto a la parte anterior del experimento. Sin embargo todos los fenómenos ocurren y se explican de la misma manera que para la otra configuración.

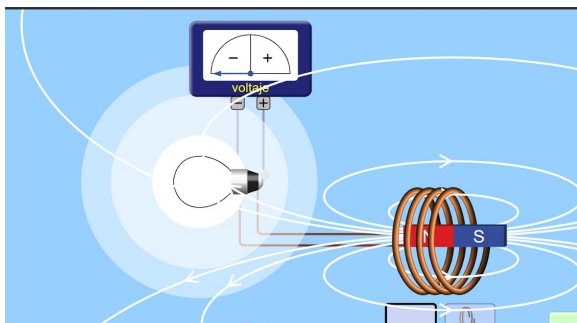


Imagen 9. Imán N-S entrando a bobina 1
(Voltaje máximo)

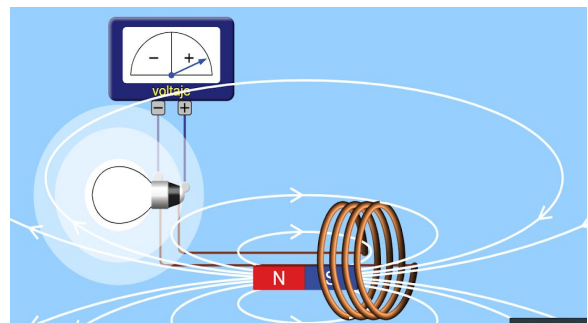


Imagen 10. Imán N-S saliendo de bobina 1

El signo del voltaje es igual entre las dos bobinas (de negativo a positivo) al tener al imán con la misma configuración N-S. Y se vuelve a notar que en la bobina con más vueltas el voltaje es mayor, debido a que hay un mayor flujo magnético.

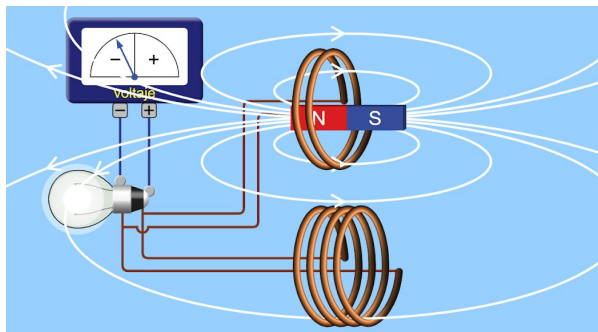


Imagen 11. Imán N-S entrando a bobina 2

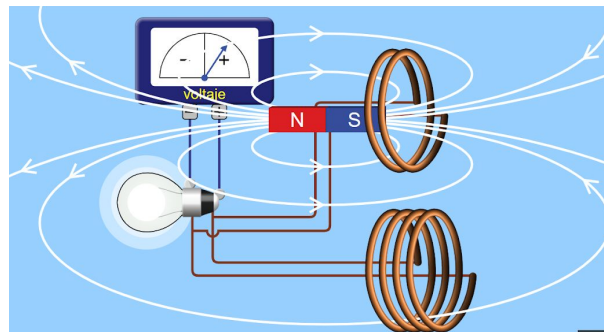


Imagen 12. Imán N-S saliendo de bobina 2

Observaciones y Conclusiones

A partir de los experimentos realizados en la simulación, realizamos las siguientes observaciones:

- La orientación de los polos del imán sólo afecta en el signo del voltaje.
- La intensidad de la corriente eléctrica que se induce en una bobina es directamente proporcional al número de espiras y a la intensidad del campo magnético que interacciona con estas espiras.
- Cuando movemos el imán rápidamente, el flujo magnético cambia más rápido y por lo tanto la derivada de éste es mayor y el foco se enciende con mayor intensidad.

Estas observaciones concuerdan con lo que esperábamos según la teoría. Por ello concluimos que la simulación refleja bien los fenómenos físicos relacionados con la ley de Faraday y por tanto es un buen instrumento para entender las consecuencias de esta ley.

Bibliografía

- Serway, R. & Jewett, J. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con Física moderna*, Vol. 2 (7ª ed.). México: Cengage Learning.
- Zemansky S, Freedman Y. (2009). *Física universitaria con Física moderna*, Vol. 2 (12ª ed.). México: Addison-Wesley.

- Anónimo. (2001). Campos eléctricos y magnéticos. Recuperado de: <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/1926/course/section/2221/lectura8.pdf> el día 17 de mayo de 2020.
- Olmo, M. (2016). Ley de Faraday. HyperPhysics. Recuperado de: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/electric/farlaw.html> el día 17 de mayo de 2020.
- Anónimo. (Sin año). Ley de Faraday. Wikipedia. Recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Faraday el día 17 de mayo de 2020.
- Anónimo. (Sin año). Inductor. Wikipedia. Recuperado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Inductor> el día 17 de mayo de 2020.
- Pineda, J. (2020). Qué son las bobinas y sus tipos. Ingeniería Mecafenix. Recuperado de: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/bobinas/> el día 17 de mayo de 2020.