

Efectos de la fuerza magnética sobre las cargas eléctricas

En clases anteriores hemos estudiado como el movimiento de cargas eléctricas genera efectos magnéticos en su entorno. Esta modificación del espacio circundante a este dispositivo que genera movimiento electrónico es llamado campo magnético, que es una cantidad vectorial, medida en teslas $1[T] = 1 \left[\frac{N}{Am} \right]$ y que se caracteriza por sus líneas cerradas y por ser no conservativo.

Todo campo magnético puede influir en los materiales, modificando las características magnéticas del material. Los materiales se pueden clasificar como materiales diamagnéticos, paramagnéticos y ferromagnéticos.

antes de seguir.....

Busque en la web una definición para cada tipo de material. Además, entregue a lo menos dos ejemplos para cada uno

Definición	Ejemplo
<i>Diamagnético</i>	
<i>Paramagnético</i>	
<i>Ferromagnético</i>	

Al analizar el comportamiento de las cargas bajo la acción de un campo magnético, debemos recordar que toda carga que se mueve dentro de un \vec{B} , recibe una interacción magnética, llamada fuerza magnética. En esta oportunidad, analizaremos el movimiento descrito por las cargas puntuales que se mueven dentro de un campo magnético, tanto como aquellas cargas que se mueven por una línea de corriente, y analizaremos como se ha utilizado estas propiedades para una de las invenciones más notables de la humanidad: el motor - generador eléctrico.

Movimiento de cargas puntuales en un \vec{B}

Antes que todo, debemos establecer que todos los análisis de cargas se harán considerando la carga analizada como positiva. En caso de que sea de signo negativo, tal como un electrón, los efectos se invierten (si la fuerza magnética apuntaba hacia arriba en un protón, en el electrón lo hace hacia abajo). Consideremos entonces un protón que ingresa en una zona del espacio donde se encuentra un campo magnético entrante a la superficie (-Z), moviéndose sobre el eje +X, tal como muestra la figura. A continuación, se presenta el análisis completo:

	<p>El protón se dirige hacia la zona con el campo magnético apuntando hacia $-Z$. Debido a que es una carga en movimiento, se sabe de antemano que al ingresar en el campo magnético, esta recibirá una interacción magnética definida por el producto cruz entre la velocidad y el campo, de forma que</p> $\vec{F}_B = q(\vec{v} \times \vec{B})$ <p>La cual se rige por la regla de la mano derecha.</p>
	<p>Cuando la carga ingresa al campo, aparece sobre ella una fuerza magnética, la cual posee característica centrípeta. Esta fuerza hará que la trayectoria de la carga se curve hacia arriba (en el caso del electrón hacia abajo), tal como se muestra en el los próximos dibujos. Nótese que en cada caso, se aplica la regla de la mano derecha para determinar la dirección de la fuerza magnética.</p>

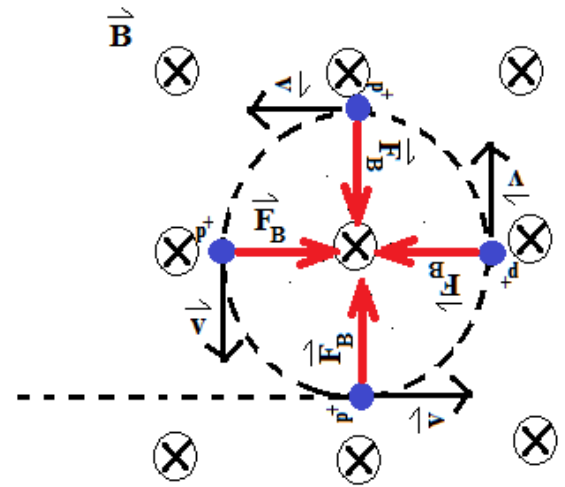
Como se puede observar, el movimiento descrito por una carga positiva dentro de un campo magnético es una circunferencia. Asumiendo de que este movimiento es circular uniforme, se puede calcular el tamaño de circunferencia descrita por la carga, ya que es posible aplicar las leyes de Newton para esta situación. En este caso, se observa que

$$F_B = m \times a_c \rightarrow F_B = m \times \left(\frac{v^2}{R} \right)$$

Pero $F_B = qvB \sin \alpha$, donde $\alpha = 90^\circ$, por lo tanto $F_B = qvB$, entonces

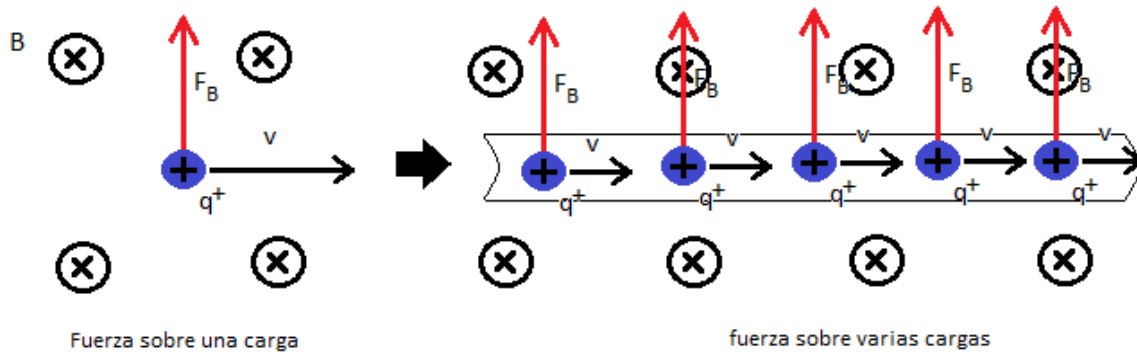
$$qvB = \frac{mv^2}{R} \rightarrow R = \frac{mv^2}{qvB} \rightarrow R = \frac{mv}{qB}$$

Por lo tanto, el radio de la circunferencia descrita depende de la masa de la partícula, la velocidad de la carga, el valor de la carga que ingresa en el campo y el valor del campo magnético, de modo que $R = \frac{mv}{qB}$. Cabe recordar que este análisis está realizado con una partícula con carga eléctrica positiva, por lo que en el caso de una carga negativa, este movimiento se hace hacia abajo.



Fuerza magnética en un conductor rectilíneo

Cuando las cargas eléctricas deben moverse por un cable, el análisis de los efectos magnéticos se puede aplicar siguiendo las mismas líneas de análisis aplicadas anteriormente. Por ejemplo, si consideramos que una carga que ingresa en un campo magnético experimenta una fuerza magnética, varias cargas eléctricas que se mueven en un campo magnético experimentarían varias fuerzas magnéticas, tal como muestra la figura.

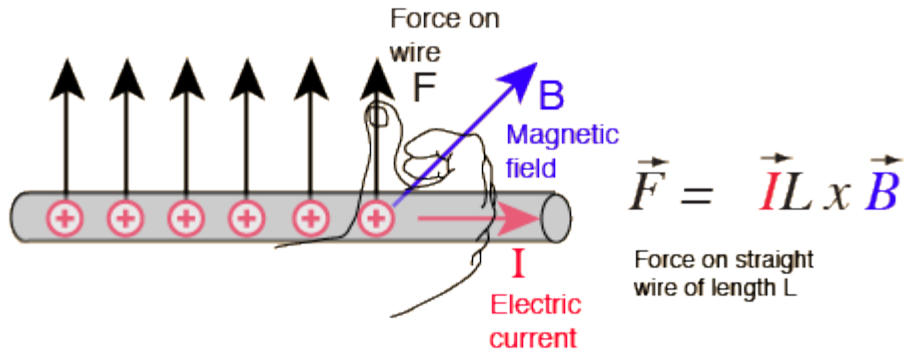


En este sentido, podemos asumir que las cargas eléctricas que se mueven por un cable conductor, el cual se encuentra inserto en un campo magnético, reciben una fuerza proporcional al campo y a la velocidad de las cargas. Sin embargo, al combinar el magnetismo con la teoría de circuitos, se puede asumir que, si la velocidad de las cargas es constante, la fuerza magnética es la misma para todas y que, además, este movimiento de cargas se consideraría una corriente eléctrica, ya que es el movimiento de cargas en un conductor.

En este nuevo escenario, podemos decir que la fuerza magnética sería proporcional al campo magnético (que se considera constante) y la corriente sobre el conductor. También se agrega el largo del conductor que está inserto en el campo, de forma que

$$\vec{F}_B = i(\vec{l} \times \vec{B}) \rightarrow F_B = ilB \text{sen}\alpha$$

pero $\text{sen}\alpha = \text{sen}90^\circ = 1 \therefore F_B = ilB$



1

² En esta guía se presenta la forma vectorial de la fuerza magnética sobre un conductor recto, ya que así se permite aplicar la regla de la mano derecha. Además la ecuación $F_B = iLB$ permite calcular la magnitud de dicha interacción.

Antes de seguir...

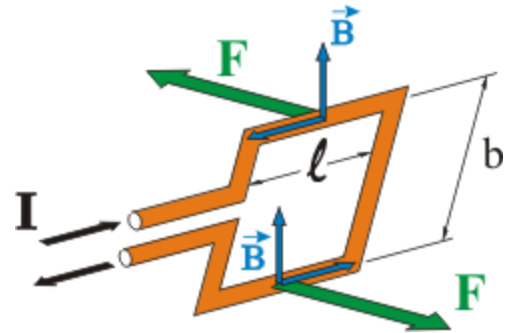
Busque en la web una respuesta para la siguiente interrogante, ¿Cómo se puede explicar la atracción o repulsión de los cables conductores que llevan corriente eléctrica? Explique con sus palabras y dibujos

¹ Imagen original disponible en http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3232/html/23_fuerza_sobre_una_corriente_rectilnea.html

Aplicaciones de la fuerza magnética sobre un cable conductor

A continuación, comenzaremos a estudiar uno de los avances más grandes en la utilización de la teoría electromagnética a nivel ingenieril: la utilización del motor/generador eléctrico. Este dispositivo combina casi toda la teoría estudiada hasta el momento, ya que combina las cargas, la corriente y el campo magnético para producir movimiento o, en caso contrario, generar corriente eléctrica, llamada corriente eléctrica alterna.

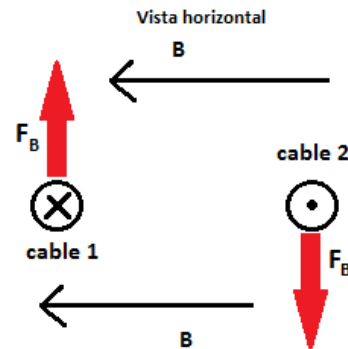
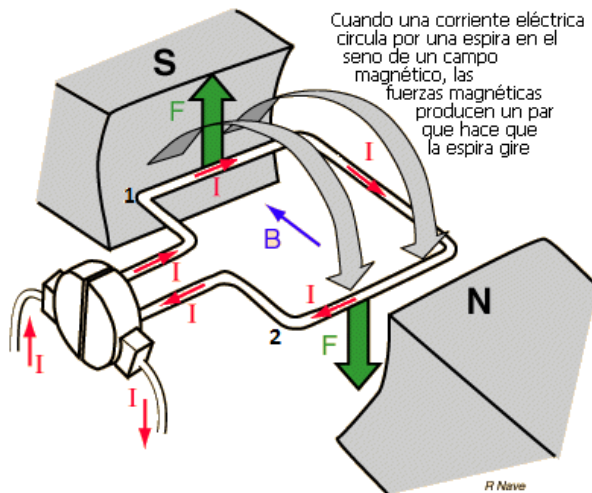
³ Primero que todo hay que definir un concepto fundamental: la espira. Una espira es un cable conductor doblado en forma de cuadrado o rectángulo, lo cual permite una circulación de corriente por, a lo menos, tres conductores rectos. Esta configuración permite aplicar la regla de la mano derecha y determinar las fuerzas magnéticas en cada lado. Si la espira esta pivoteada, permitiría su rotación.



Al colocar la espira en un campo magnético, se generan fuerzas que pueden generar un movimiento rotacional, el cual podría mover una maquina: este sería la utilización del motor eléctrico.

El motor eléctrico

Un motor eléctrico es sumamente simple: coloque una espira dentro de un campo magnético, conecte la espira a una FEM, de manera que se genere corriente eléctrica y Usted tendrá movimiento rotacional. La figura adjunta muestra de forma clara un motor eléctrico.



como se observa, la interacción entre la corriente eléctrica que circula en los conductores y el campo magnético de los imanes genera un par de fuerzas que permite la torsión de la espira. En caso que la circulación de la corriente sea en sentido inverso, el sentido de giro también se invierte

4

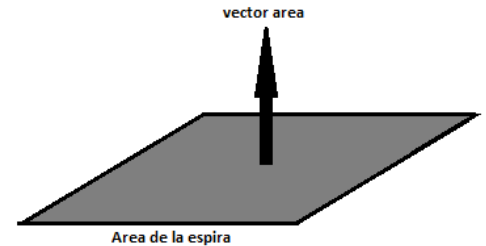
³ Imagen disponible en <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700290/helvia/aula/archivos/repositorio/0/29/html/Fuerza%20de%20Lorentz.htm>

⁴ Imagen disponible en <http://www.etitudela.com/Electrotecnia/principiosdelaelectricidad/tema1.3/contenidos/01d56994aa1057511.html>

El generador eléctrico

Un generador eléctrico es un motor eléctrico que se hace funcionar en sentido inverso, es decir, se hace girar la espira en el campo magnético haciendo que el flujo magnético cambie constantemente. Este dispositivo eléctrico está basado en la Ley de Faraday de inducción electromagnética, la cual se explica a continuación.

La ley de Faraday integra el concepto de flujo magnético $\Delta\phi$ (que también existe en el campo eléctrico, llamado flujo eléctrico) que corresponde, en palabras simples, a la cantidad de líneas de fuerza magnéticas (o eléctricas) que pasan por un área determinada. Para establecer los valores del flujo magnético, se hace uso de un vector imaginario, llamado vector de área, que es perpendicular al área encerrada por la espira. En base a este modelo, se pueden establecer valores máximos y mínimos para el flujo magnético sobre el área de la espira:

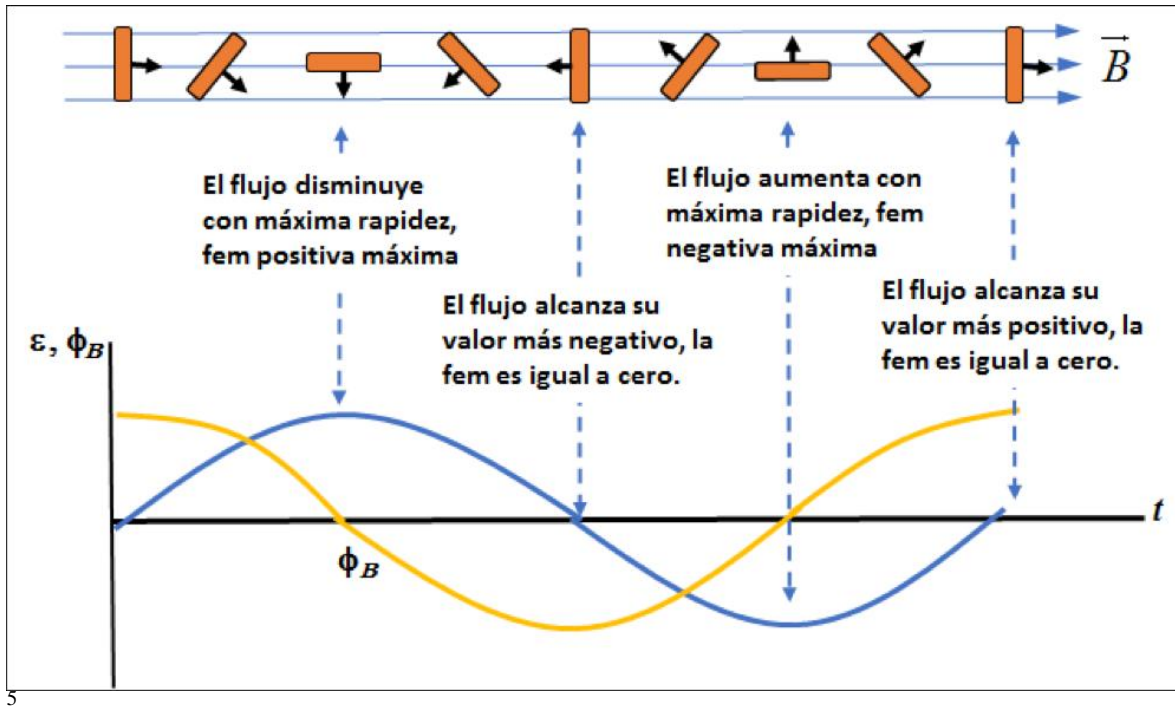


- Si el vector área es paralelo (0°) o antiparalelo (180°) a las líneas de campo magnético, el valor del flujo es máximo positivo
- Si el vector área es antiparalelo (180°) a las líneas de campo magnético, el valor del flujo es máximo negativo
- Si el vector de área es perpendicular a las líneas de campo magnético, el flujo magnético es 0.

La ley de Faraday establece que la FEM que se produce por el movimiento de la espira será proporcional a la cantidad de vuelta de la espira, como también del valor del flujo eléctrico en función del tiempo, de forma

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

Donde el signo negativo significa que la corriente generada tratará de generar un campo magnético que se oponga al movimiento de la espira. Por lo tanto, si existe una rotación de la espira, se generaran corrientes que cambian su dirección de movimiento, ya que la espira tendrá flujo positivo, nulo, negativo y nulo nuevamente, ya que la rotación cambia la dirección del vector área. Nótese que Michael Faraday establece el concepto de FEM, sin embargo, entendemos que si existe una diferencia de potencial, existe corriente eléctrica. Este comportamiento para la generación de corriente alterna se presenta a continuación:



Tal como hemos estudiado, esta es una de las dos formas que la humanidad ha logrado obtener energía, en este caso eléctrica, de la naturaleza. Este modelo se ha mantenido prácticamente inalterado a pesar de los años, y que aún nos permite disfrutar de los elementos eléctricos en nuestro hogar.

⁵ Imagen disponible en <http://virtual.ffyb.uba.ar/mod/book/tool/print/index.php?id=67369>