

Curso 2023/24



FUNDAMENTOS FÍSICOS INGENIERÍA

GRADO EN INGENIERÍA IA

TEMA 8. MAGNETISMO



José L. Galán

Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal
Universidad de Alicante

Contenidos

8. MAGNETISMO.

- 8.1. Imanes permanentes.
- 8.2. Fuerza magnética.
- 8.3. Fuerza magnética en un conductor de corriente.
- 8.4. Momento de torsión sobre un bucle conductor de corriente.
- 8.5. Momento dipolar magnético.



Contenidos

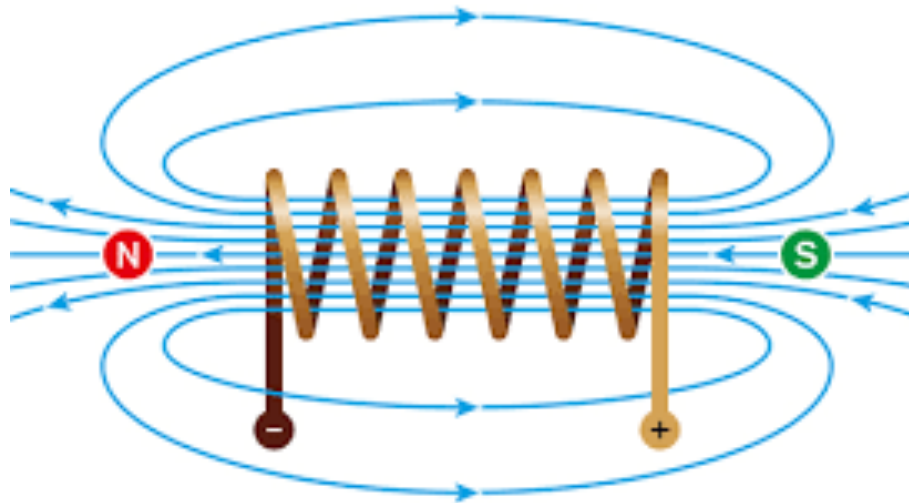
8. MAGNETISMO.

- 8.1. Imanes permanentes.
- 8.2. Fuerza magnética.
- 8.3. Fuerza magnética en un conductor de corriente.
- 8.4. Momento de torsión sobre un bucle conductor de corriente.
- 8.5. Momento dipolar magnético.



IMANES PERMANENTES

- Describiremos los **campos magnéticos** y **fuerzas magnéticas** sobre partículas cargadas y corrientes eléctricas.
- La electricidad y el magnetismo son en realidad partes de la misma fuerza universal: **FUERZA ELECTROMAGNÉTICA**



IMANES PERMANENTES

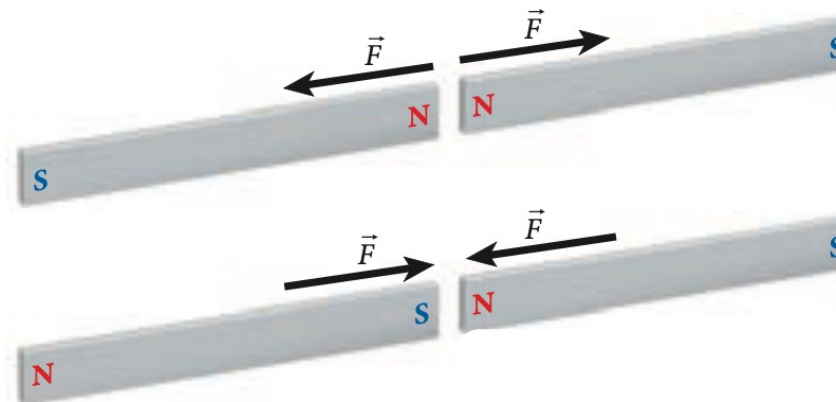
- Los **imanes permanentes** son materiales que tienen la capacidad de mantener un **campo magnético sin necesidad de una fuente externa** de energía. Esto significa que pueden generar un campo magnético continuo de forma constante sin necesidad de estar conectados a una fuente de electricidad o a otro imán. → **Magnetita magnética.**



- Los imanes permanentes están hechos de materiales ferromagnéticos, como el hierro, el cobalto, el níquel o ciertas aleaciones de estos elementos, que tienen propiedades magnéticas intrínsecas.

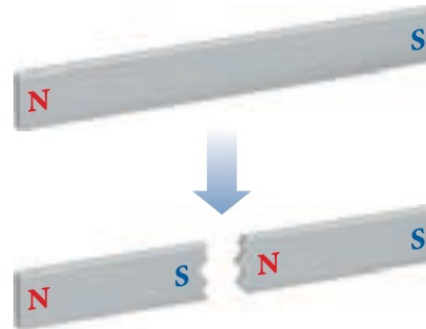
IMANES PERMANENTES

- Si dejamos flotar una lámina de hierro magnetizada en agua, se alineará con los polos magnéticos de la Tierra. **El polo norte terrestre es un polo sur magnético.**
- El extremo que apunta hacia el polo norte se denomina **POLO NORTE MAGNÉTICO.**
- El extremo que apunta hacia el polo sur se denomina **POLO SUR MAGNÉTICO**
- Repulsión y atracción:



IMANES PERMANENTES

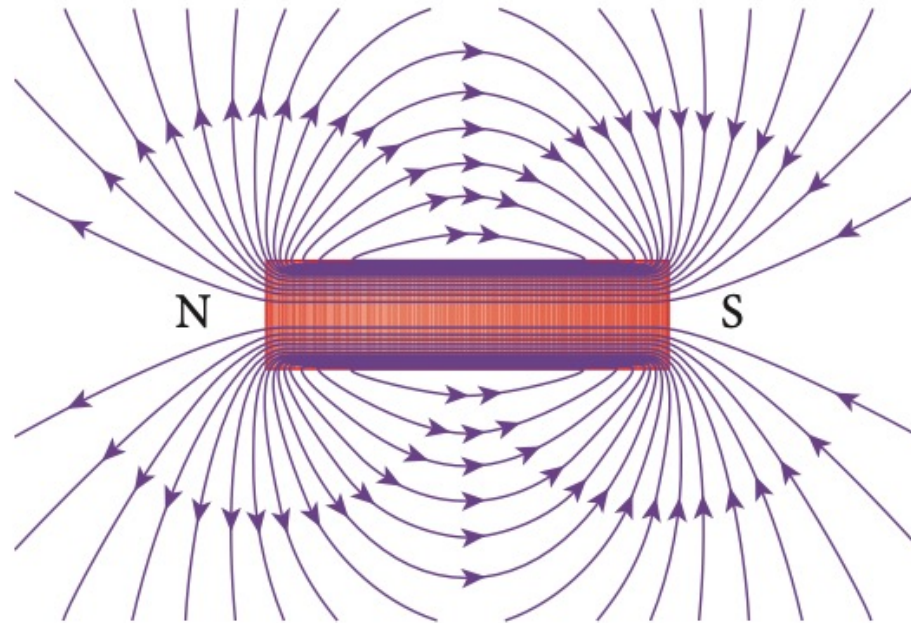
- A diferencia de la carga eléctrica, que existe carga + y carga -, **no existen monopolos magnéticos.**
- En consecuencia, cuando una barra imantada se rompe en dos partes, se obtienen dos **imanes con sus propios polo norte y sur.**



- Esto se debe a que los imanes tienen dominios magnéticos, regiones microscópicas en las que los átomos están alineados magnéticamente. Cuando la barra se rompe, **los dominios se redistribuyen en cada fragmento, creando dos imanes separados.**

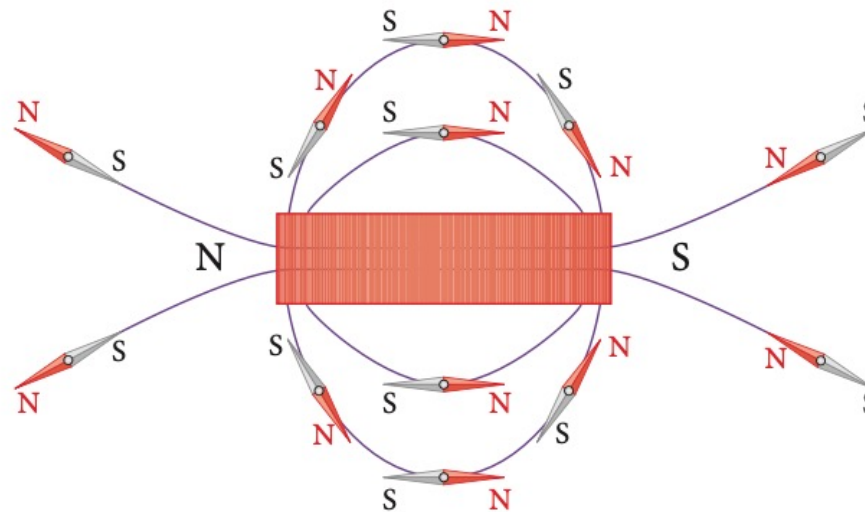
LÍNEAS DE CAMPO MAGNÉTICO

- Son líneas invisibles en el espacio. Estas líneas son como caminos que indican cómo se mueve la fuerza magnética. Si tienes un imán, por ejemplo, las líneas de campo magnético **salen de su polo norte y entran en su polo sur**. Por lo tanto, es la **representación del campo magnético**.



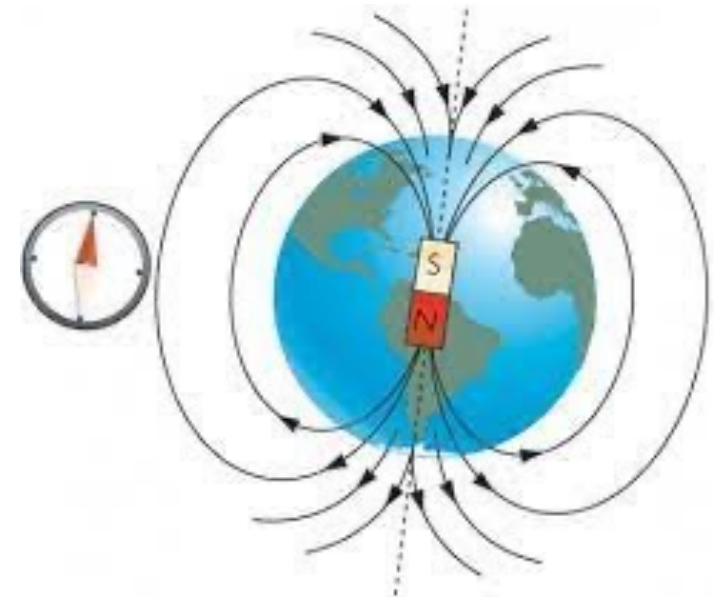
LÍNEAS DE CAMPO MAGNÉTICO

- El vector campo magnético $\vec{B}(\vec{r})$ es siempre tangente a las líneas de campo magnético.
- Y la dirección se establece en términos de la dirección en que apunta la aguja de una brújula.



LÍNEAS DE CAMPO MAGNÉTICO

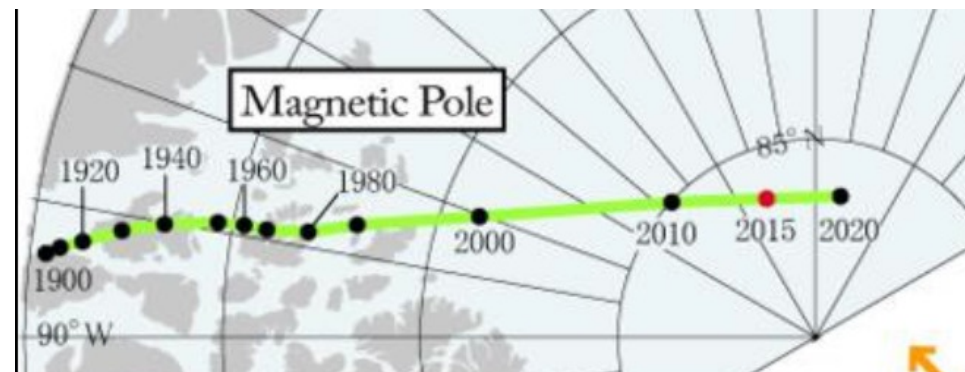
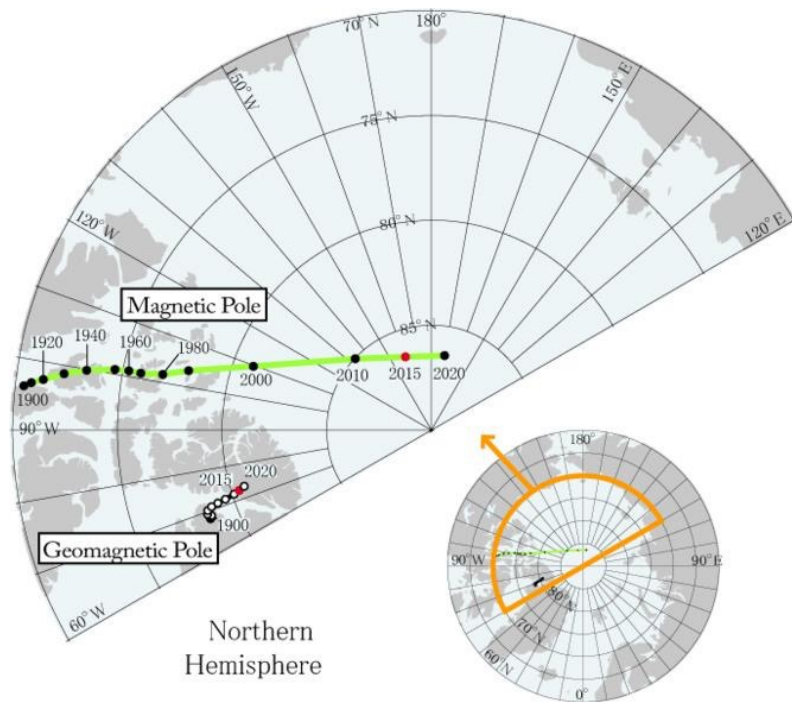
- La causa del **campo magnético de la Tierra** no se conoce con exactitud, se considera probable que sea provocado por fuertes corrientes eléctricas en el interior de la Tierra, originadas por el núcleo giratorio de hierro-níquel. Este movimiento rotacional se denomina **efecto dinamo**.
- El proceso se basa en la **combinación de dos fenómenos físicos: la inducción electromagnética y la dinamo hidrodinámica**. En esencia, cuando un **fluido conductor** se mueve a través de un campo magnético, se generan corrientes eléctricas en el fluido mediante la inducción electromagnética. A su vez, estas corrientes crean su propio campo magnético, que a su vez interactúa con el campo magnético original para **generar un bucle de retroalimentación**. Este proceso se repite continuamente, generando un campo magnético auto-sostenido.



LÍNEAS DE CAMPO MAGNÉTICO

- El polo norte geográfico y el polo norte magnético no están en el mismo sitio, por lo tanto, la aguja de la brújula no apunta, en general, al polo norte geográfico. Esta diferencia se denomina: **declinación magnética**.

- Las posiciones de los polos magnéticos terrestres se desplazan con el tiempo, por lo que **las declinaciones magnéticas también varían**.



LÍNEAS DE CAMPO MAGNÉTICO. Superposición de campos magnéticos.

- Se cumple el principio de superposición, siendo análogo al principio de superposición para campos eléctricos E.

$$\vec{B}_{\text{total}}(\vec{r}) = \vec{B}_1(\vec{r}) + \vec{B}_1(\vec{r}) + \cdots + \vec{B}_n(\vec{r}).$$

Contenidos

8. MAGNETISMO.

- 8.1. Imanes permanentes.
- 8.2. Fuerza magnética.
- 8.3. Fuerza magnética en un conductor de corriente.
- 8.4. Momento de torsión sobre un bucle conductor de corriente.
- 8.5. Momento dipolar magnético.

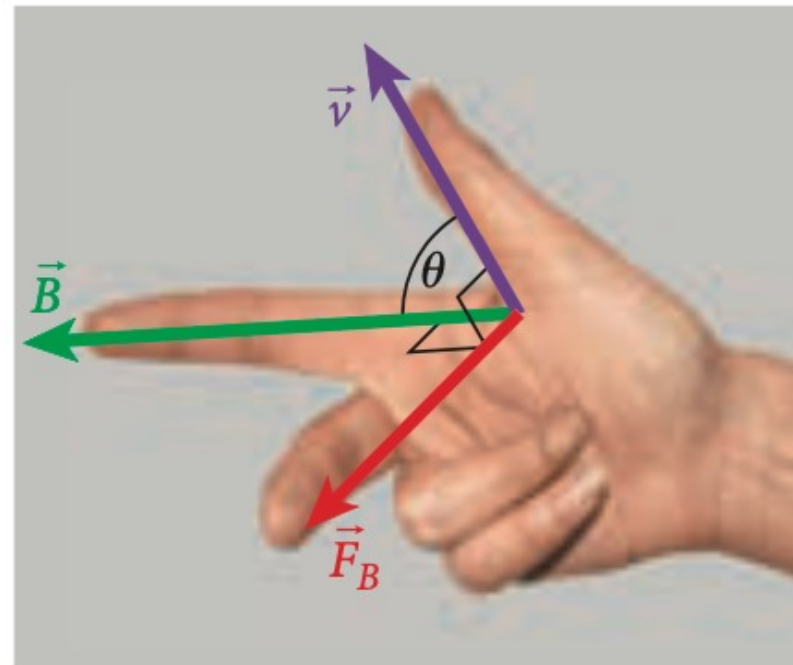


FUERZA MAGNÉTICA

- La magnitud del campo magnético B la obtenemos tras analizar su efecto sobre una **partícula cargada en movimiento**.
- Siendo la dirección de la \vec{F}_B perpendicular al **campo magnético \vec{B}** y a la **velocidad \vec{v}** de la partícula cargada.

$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}.$$

$$F_B = |q|vB \sin \theta$$



- El ángulo θ será entre 0° y 180° .

FUERZA MAGNÉTICA

- La unidad de intensidad del campo magnético B se denomina **tesla (T)**, en honor al físico estadounidense de origen croata Nikola Tesla (1856-1943):

$$[B] = \frac{[F_B]}{[q][v]} = \frac{\text{N s}}{\text{C m}}$$
$$1 \text{ T} = 1 \frac{\text{N s}}{\text{C m}} = 1 \frac{\text{N}}{\text{A m}}$$

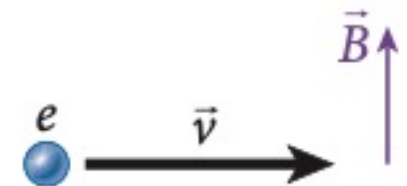


- **Un tesla es una cantidad muy grande** de intensidad de campo magnético, por lo que en ocasiones utilizamos una unidad que no es del SI: **gauss (G)**
→ la intensidad del campo magnético B terrestre es del orden de 0,5 G.

$$1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T}$$

Ejemplo:

Considere un tubo de rayos catódicos. En este tubo, una diferencia de potencial $V = 111 \text{ V}$ acelera horizontalmente los electrones (que esencialmente parten del reposo) en un cañón de electrones. El cañón de electrones tiene un filamento especialmente recubierto que emite electrones cuando está caliente. Un cátodo con carga negativa controla el número de electrones emitidos. Ánodos con carga positiva enfocan y aceleran los electrones en el haz. La corriente desde los ánodos es desviada por medio de placas horizontales y verticales. Más allá del cañón de electrones hay un campo magnético constante con magnitud $B = 3.40 \cdot 10^{-4} \text{ T}$. La dirección del campo magnético es hacia arriba perpendicular a la velocidad inicial de los electrones. **¿Cuál es la magnitud de la aceleración de los electrones debido al campo magnético?** (La masa de un electrón es $9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.)



Contenidos

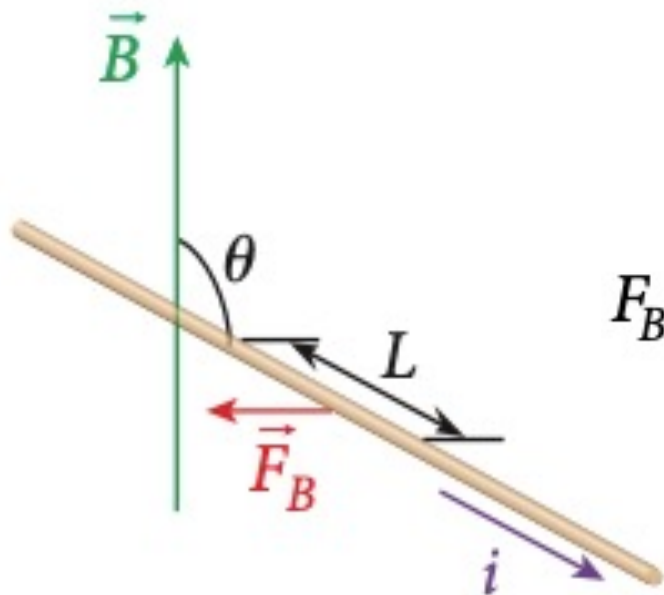
8. MAGNETISMO.

- 8.1. Imanes permanentes.
- 8.2. Fuerza magnética.
- 8.3. Fuerza magnética en un conductor de corriente.
- 8.4. Momento de torsión sobre un bucle conductor de corriente.
- 8.5. Momento dipolar magnético.



FUERZA MAGNÉTICA SOBRE UN CONDUCTOR DE CORRIENTE ELÉCTRICA

- La **carga q** en un instante dado es **$q=ti$** , ocupando la carga una **longitud L** del conductor, siendo **$L=v_d t$** .



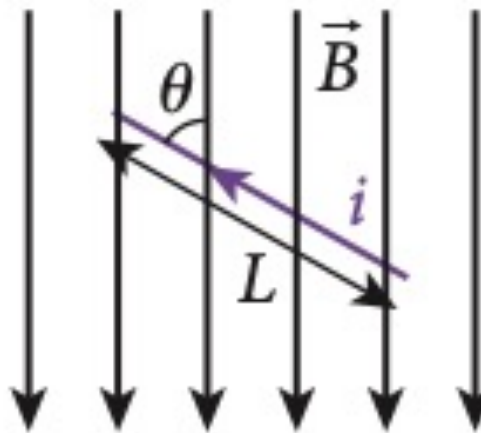
$$q = ti = \frac{L}{v_d} i$$

$$F_B = q v_d B \sin \theta = \left(\frac{L}{v_d} i \right) v_d B \sin \theta = i L B \sin \theta$$

$$\vec{F}_B = i \vec{L} \times \vec{B}$$

Ejemplo:

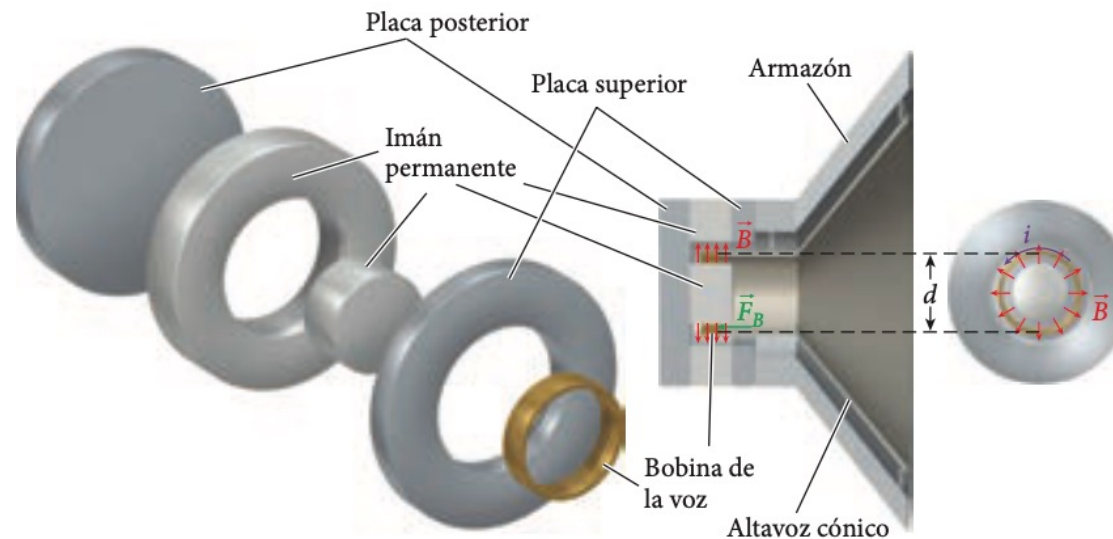
- Un segmento aislado de alambre conductor de longitud $L=4,50\text{m}$ lleva una corriente eléctrica de magnitud $i=35,0\text{A}$, con un ángulo $\theta=50,3^\circ$ respecto a campo magnético constante con magnitud $B=6,70\cdot 10^{-2}\text{ T}$. **¿Cuál es la magnitud de la fuerza magnética sobre el alambre conductor?**



8.3. Fuerza magnética en conductor de corriente.

Ejemplo:

- Un altavoz produce sonido al ejercer una fuerza magnética sobre una bobina de voz en un campo magnético. Esta bobina está conectada a un cono de altavoz que en realidad produce los sonidos. El campo magnético es producido por los dos imanes permanentes. La magnitud del campo magnético es $B = 1.50 \text{ T}$. La bobina de voz está compuesta por $n = 100$ vueltas de alambre que conduce una corriente, $i = 1.00 \text{ mA}$. El diámetro de esta bobina es $d = 2.50 \text{ cm}$. **¿Cuál es la fuerza magnética ejercida por el campo magnético sobre la bobina de voz del altavoz?**



Contenidos

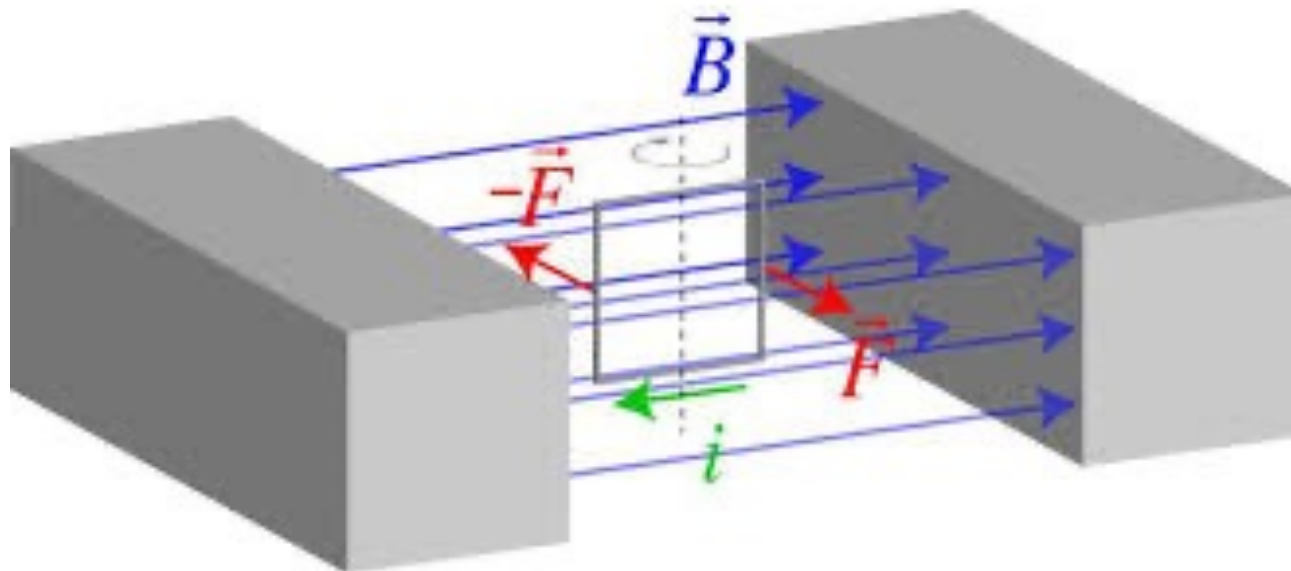
8. MAGNETISMO.

- 8.1. Imanes permanentes.
- 8.2. Fuerza magnética.
- 8.3. Fuerza magnética en un conductor de corriente.
- 8.4. Momento de torsión sobre un bucle conductor de corriente.
- 8.5. Momento dipolar magnético.



MOMENTO DE TORSIÓN SOBRE UN BUCLE CONDUCTOR DE CORRIENTE ELÉCTRICA

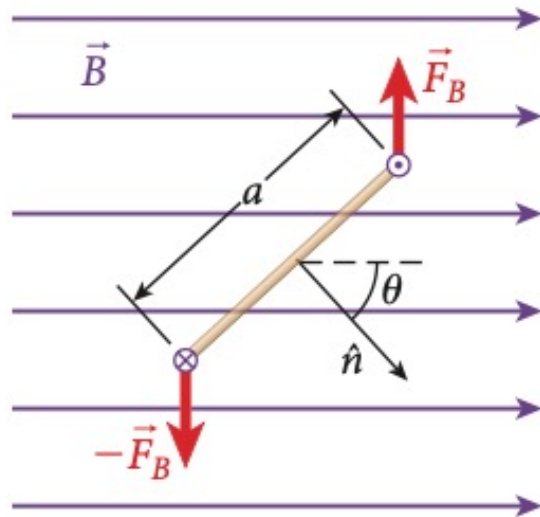
- Los motores eléctricos dependen de la fuerza magnética ejercida sobre un alambre conductor de corriente eléctrica. La fuerza magnética crea un momento de torsión que hace girar el eje.



$$\vec{F}_B = i\vec{L} \times \vec{B}$$

MOMENTO DE TORSIÓN SOBRE UN BUCLE CONDUCTOR DE CORRIENTE ELÉCTRICA

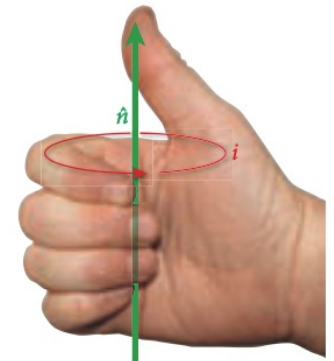
- Las 2 **fuerzas magnéticas** \vec{F}_B tienen la misma magnitud y dirección opuesta, creando un momento de torsión que tiende a rotar el bucle alrededor de un eje vertical de rotación. Siendo el bucle un cuadrado de lados iguales:



$$\vec{F}_B = i\vec{L} \times \vec{B} \rightarrow F = iaB$$

$$\tau_1 = (iaB)\left(\frac{a}{2}\right)\sin\theta + (iaB)\left(\frac{a}{2}\right)\sin\theta = ia^2B\sin\theta = iAB\sin\theta$$

$$\tau = N\tau_1 = NiAB\sin\theta$$



Ejemplo:

Una bobina consta de un bucle circular de radio $r = 5.13$ cm y tiene $N = 47$ vueltas. Una corriente, $i = 1.27$ A, fluye por la bobina, que está dentro de un campo magnético homogéneo de intensidad 0.911 T. **¿Cuál es el momento de torsión máximo sobre la bobina debido al campo magnético?**

Contenidos

8. MAGNETISMO.

- 8.1. Imanes permanentes.
- 8.2. Fuerza magnética.
- 8.3. Fuerza magnética en un conductor de corriente.
- 8.4. Momento de torsión sobre un bucle conductor de corriente.
- 8.5. Momento dipolar magnético.



MOMENTO DIPOLAR MAGNÉTICO

- El **momento dipolar magnético** $\vec{\mu}$ Es una característica fundamental del bucle en un campo magnético. Siendo su magnitud:

$$\mu = NiA$$

$$\tau = (NiA)B \sin \theta = \mu B \sin \theta$$

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$

