

## MAGNETISMO

Las primeras observaciones de fenómenos magnéticos son muy antiguas. Se cree que fueron realizadas por los griegos en una ciudad de Asia menor, denominada Magnesia. Encontraron que en tal región existían ciertas piedras que eran capaces de atraer trozos de hierro. En la actualidad se sabe que dichas "piedras" están constituidas por óxido de hierro (magnetita); y se denominan imanes naturales. El término magnetismo se usó entonces para designar el conjunto de las propiedades de estos cuerpos, en virtud del nombre de la ciudad donde fueron descubiertos.

Se observó que un trozo de hierro colocado cerca de un imán natural, adquiriría sus mismas propiedades. De esta manera fue posible obtener imanes "no naturales" (artificiales) de varias formas y tamaños, utilizando trozos o barras de hierro con formas y tamaños diversos.

El magnetismo es una propiedad de la carga en movimiento y está estrechamente relacionado con el fenómeno eléctrico. De acuerdo con la teoría clásica, los átomos individuales de una sustancia magnética son, en efecto imanes con los polos norte y sur. La polarización magnética de los átomos se basa principalmente en el espín de los electrones y se debe, sólo en parte, a sus movimientos orbitales alrededor del núcleo.

Los átomos en un material magnético están agrupados en microscópicas regiones magnéticas conocidas como dominios. Se piensa que todos átomos dentro de un dominio están polarizados magnéticamente a lo largo de un eje cristalino. En un material no magnetizado, estos dominios se orientan en direcciones al azar y si un gran número de dominios se orientan en la misma dirección, el material mostrará fuertes propiedades magnéticas.

Todo imán tiene dos polos; el **polo norte** magnético (N) y el **polo sur** magnético (S). Entre estos polos se cumple la misma relación que entre las cargas eléctricas: **polos del mismo nombre se repelen y polos de distinto nombre se atraen**. Además cada vez que un imán se divide, de los trozos resultan nuevos imanes, cada uno con un polo norte y un polo sur. Por lo tanto un imán no puede tener un único polo.

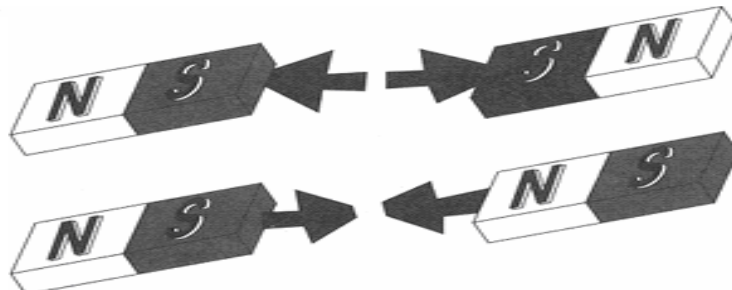


Fig. 1

En general cuando un cuerpo magnético se acerca a otro material tiende a producirse un reordenamiento de los momentos magnéticos de los átomos del material. Sin embargo, la respuesta depende del tipo de material. Un material ferromagnético que permanezca durante un cierto tiempo junto a un imán, adquiere propiedades magnéticas y se transforma en un imán y el material se dice magnetizado o imantado. El acero es un material que, después de ser imantado, mantiene las propiedades magnéticas durante largo tiempo. La tabla muestra una clasificación de materiales en relación a como se comportan en presencia de cuerpo magnético.

<b>Tipo de material</b>	<b>Características</b>	<b>Comportamiento</b>	<b>Ejemplos</b>
<b>Ferromagnéticos</b>	Son atraídos por un imán	Reordenamiento y alineación de los momentos magnéticos de los átomos	Hierro y sus aleaciones con Cobalto, Níquel y Aluminio
<b>Paramagnéticos</b>	Son atraídos débilmente por un imán	La alineación de los momentos magnéticos es mínima	Platino, Aluminio, Calcio Sodio y Tungsteno
<b>Diamagnéticos</b>	No son atraídos por un imán natural, e incluso pueden ser repelidos por él	Alineación de los momentos es nula o contraria a la dirección del momento del material magnético	Mercurio, Plata, Oro, Cobre, Plomo y Silicio

**Ejemplo:**

1. Cuando se tiene una barra de hierro magnetizada, puede explicarse esa magnetización, admitiendo que fueron
  - A) añadidos electrones a la barra.
  - B) retirados electrones de la barra.
  - C) añadidos imanes elementales a la barra.
  - D) retirados imanes elementales de la barra.
  - E) ordenados los imanes elementales de la barra.

## CAMPO MAGNÉTICO

Un imán genera en su entorno un campo magnético que es el espacio perturbado por la presencia del imán. El campo magnético se representa por líneas **de campo magnético que van desde el polo norte hacia el polo sur**, la magnitud del campo es máxima en los polos y disminuye a la alejarse de ellos y del imán. Es a través del campo magnético que el imán puede ejercer fuerzas sobre otros cuerpos.

En la figura 2 se muestra el campo magnético de un imán de barra. Observe que *las líneas de campo son continuas y cerradas*, de acuerdo al hecho que no existen las cargas magnéticas.

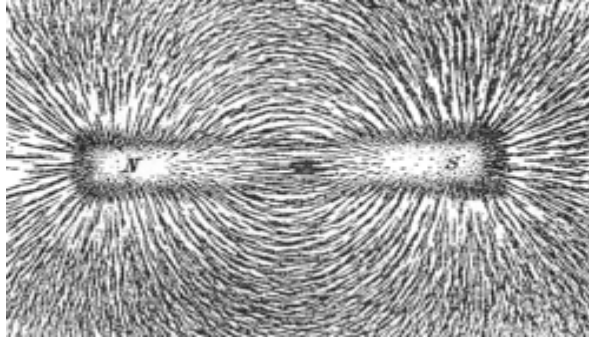


Fig. 2

Un poderoso campo magnético rodea a la Tierra, como si el planeta tuviera un enorme imán en su interior y cuyos polos magnéticos no coinciden con los polos geográficos de su eje (figura 3). Esto se produce porque las posiciones de los polos magnéticos no son constantes y muestran notables cambios de año en año. El magnetismo de la Tierra es el resultado del movimiento que se produce dentro de ella.

La teoría sugiere que el núcleo de hierro es líquido (*excepto en el mismo centro, donde la presión solidifica el núcleo*) y que las corrientes de convección, que se producen dentro del mismo, crean un gigantesco campo magnético.

La orientación del campo magnético se ha desplazado a través del tiempo con respecto a los continentes, pero se cree que el eje sobre el que gira la Tierra ha sido siempre el mismo. Mediante estudios realizados en rocas, y en las anomalías magnéticas de las cuencas de los océanos, se ha calculado que el campo magnético ha invertido su polaridad alrededor de 170 veces en los últimos 100 millones de años. Esto se ha podido realizar a partir de los *isótopos radiactivos* de las rocas.

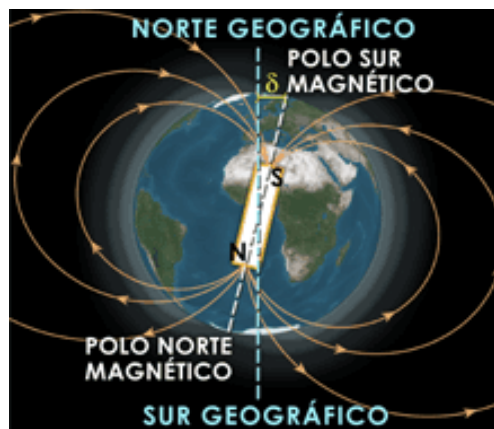


Fig. 3

## El experimento de Oersted

En 1820, mientras trabajaba en su laboratorio, Oersted montó un circuito eléctrico, y colocó cerca una aguja magnética. Al no haber corriente en el circuito (circuito abierto), la aguja magnética se orientaba en la dirección Norte - Sur, como ya sabemos. El montaje que se presenta en la figura 4 es similar al que hizo Oersted. Observe que una de las ramas del circuito debe colocarse en forma paralela de la aguja, es decir, también se debe orientar en la dirección Norte-Sur.

Al establecer una corriente en el circuito, Oersted observó que la aguja magnética se desviaba, tendiendo a orientarse en dirección perpendicular al conductor. Al interrumpir el paso de la corriente, la aguja volvía a su posición inicial, en la dirección N-S. Estas observaciones realizadas por Oersted demostraron que una corriente eléctrica podía actuar como si fuese un imán, originando desviaciones en una aguja magnética. Así se observó por primera vez que existe una relación estrecha entre la electricidad y el magnetismo: **una corriente eléctrica es capaz de producir efectos magnéticos.**

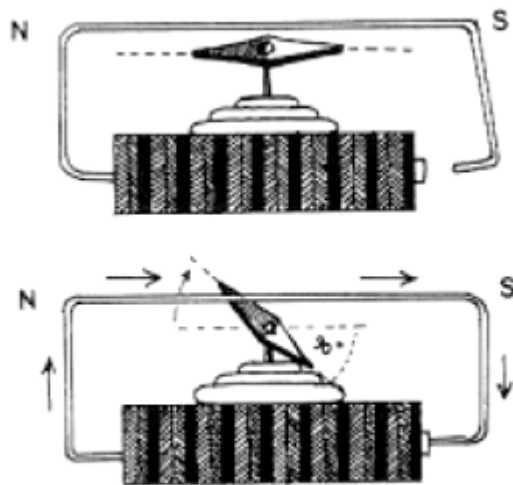


Fig. 4

Al darse cuenta de la importancia de su descubrimiento, Oersted divulgó el resultado de sus obligaciones, que inmediatamente atrajeron la atención de importantes científicos de la época. Algunos de ellos comenzaron a trabajar en investigaciones relacionadas con el fenómeno, entre los cuales destaca el trabajo de Ampère. En poco tiempo, gracias a dichas investigaciones, se comprobó que todo fenómeno magnético era producido por corrientes eléctricas; es decir, se lograba, de manera definitiva, la unificación del magnetismo y la electricidad, originando la rama de la Física que actualmente conocemos como *Electromagnetismo*.

## El hecho básico del electromagnetismo

Como resultado de los estudios que acabamos de citar fue posible establecer el principio básico de todos los fenómenos magnéticos: *cuando cargas eléctricas están en movimiento, entre ellas surge una fuerza que se denomina fuerza magnética.*

Ya sabemos que cuando dos cargas eléctricas se encuentran en reposo, entre ellas existe una fuerza denominada electrostática, la cual estudiamos en la guía de electricidad I (ley de Coulomb). Cuando las dos cargas están moviéndose, además de la fuerza electrostática o eléctrica, surge entre ellas una nueva interacción, la **fuerza magnética**.

Todas las manifestaciones de fenómenos magnéticos se pueden explicar mediante esta fuerza existente entre cargas eléctricas en movimiento. De manera que la desviación en la aguja del experimento de Oersted, se debió a la existencia de dicha fuerza; también esta es la responsable de la orientación de la aguja magnética en la dirección N-S; la atracción y repulsión entre los polos de los imanes es incluso una consecuencia de esta fuerza magnética, etc. Como vimos en un comienzo, en la estructura atómica de un imán existen cargas en movimiento que originan las propiedades magnéticas que presenta.

Para una partícula electrizada positivamente con carga  $q$ , que se mueve con una velocidad  $\vec{v}$  por un punto donde existe un campo magnético  $\vec{B}$ , queda sujeta a la acción de una fuerza magnética  $\vec{F}$  que tiene las características siguientes:

- **Módulo:**  $|\vec{F}| = q \cdot v \cdot \text{sen}\theta$ , donde  $\theta$  es el ángulo entre  $\vec{v}$  y  $\vec{B}$ .
- **Dirección:**  $\vec{F}$  es perpendicular a  $\vec{v}$  y  $\vec{B}$ .
- **Sentido:** dado por la "regla de la palma de la mano derecha", que se ilustra en la figura 5.

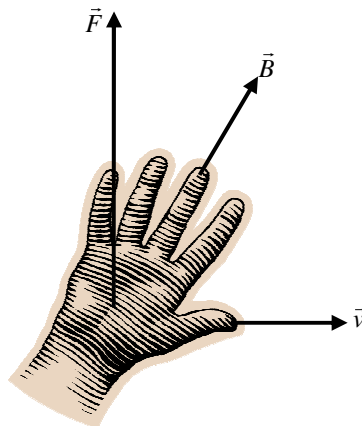


Fig. 5

### Notas:

- Si la carga  $q$  fuese negativa, el sentido de la fuerza magnética será contraria a la que se obtiene para una carga positiva.
- Si la carga entra paralela a un campo magnético, la fuerza magnética es nula.
- La intensidad de la fuerza magnética es máxima, cuando entra perpendicular al campo magnético.
- Una carga eléctrica en reposo no interactúa con un campo magnético.
- La unidad de medida en el S.I del campo magnético, es el **Tesla (T)**.

$$1\text{T} = 1 \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}}$$

**Ejemplo:**

2. Sea  $\vec{F}$  la fuerza magnética ejercida por un campo magnético  $\vec{B}$  sobre una partícula que se mueve en este campo con velocidad  $\vec{v}$ . De las siguientes proposiciones:

- I)  $\vec{F}$  es siempre perpendicular a  $\vec{B}$ .
- II)  $\vec{F}$  es siempre perpendicular a  $\vec{v}$ .
- III)  $\vec{B}$  es siempre perpendicular a  $\vec{v}$ .

Es (son) siempre verdadera(s)

- A) Sólo I y II
- B) Sólo I y III
- C) Sólo II y III
- D) Todas
- E) Ninguna

**Campo magnético de un alambre recto y largo**

Un sencillo experimento realizado por Hans Oersted en 1820 demuestra con claridad que un conductor que transporta corriente produce un campo magnético. En este experimento, se colocan varias agujas de brújula en un plano horizontal cerca de un largo alambre vertical, como en la siguiente figura.

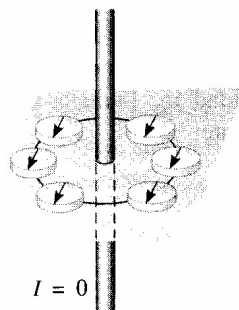


Fig. 6a

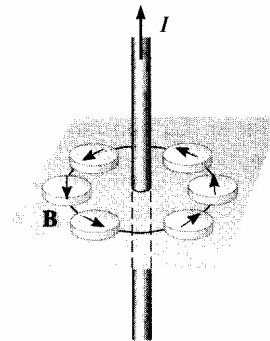


Fig. 6b

Cuando no hay corriente en el alambre, todas las agujas apuntan en la misma dirección (figura 6a). Sin embargo, cuando el alambre transporta una corriente constante e intensa, todas las agujas se desvían en direcciones tangentes al círculo (figura 6b). Estas observaciones muestran que la dirección de  $\vec{B}$  es congruente con la conveniente regla siguiente: "si se sujeta el alambre con la mano derecha, con el pulgar en la dirección de la corriente, como en la figura 7, los dedos se curvan en la dirección de  $\vec{B}$ "

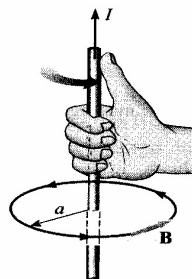


Fig. 7

## Fuerza magnética en un conductor que transporta corriente

La experiencia nos dice ahora que no debemos sorprendernos que un alambre que conduce corriente también experimente una fuerza cuando se le coloca en un campo magnético. Esto se deduce del hecho de que la corriente es un conjunto de muchas partículas con carga en movimiento; por tanto, la fuerza resultante sobre el alambre se debe a la suma de las fuerzas individuales que se ejercen sobre las partículas con carga. La fuerza sobre las partículas se transmite a la totalidad del alambre en virtud de las colisiones con los átomos que constituyen el alambre. Antes de continuar es conveniente cierta explicación respecto a la notación que se utiliza en la figura 8. Para indicar la dirección de  $\vec{B}$  se aplica la convención siguiente:

Si  $\vec{B}$  está dirigido hacia la página, como lo indica la figura 8, utilizamos una serie de cruces que representan las colas de las flechas de los vectores. Si  $\vec{B}$  está dirigido hacia afuera de la página, utilizamos una serie de puntos que representan las puntas de las flechas de los vectores  $\vec{B}$ . Si  $\vec{B}$  está sobre el plano de la página, empleamos una serie de líneas de campo con puntas de flecha.

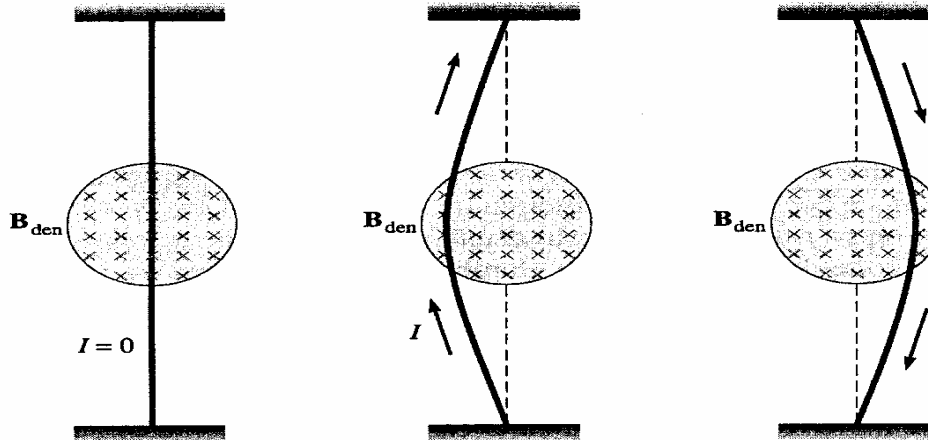


Fig. 8

Se puede demostrar la fuerza que se ejerce sobre un conductor que transporta corriente colgando un alambre entre los polos de un imán, como en la figura anterior. En la figura 10, el campo magnético está dirigido hacia la página y cubre la región comprendida dentro del círculo sombreado. El alambre se desvía hacia la derecha o hacia la izquierda cuando se hace pasar una corriente por él.

### Ejemplo:

3. La razón por la cual un campo magnético puede ejercer una fuerza sobre un conductor donde circula una corriente eléctrica continua, se debe a que

- A) todos los conductores son magnéticos.
- B) el conductor es de cobre.
- C) el conductor es metálico.
- D) existen cargas en movimiento.
- E) ninguna de las anteriores.

## Ley de inducción de Faraday

Si un imán se aproxima a la espira, la aguja del galvanómetro se desvía en una dirección, como en la figura 9a. Si el imán se aleja de la espira, la aguja del galvanómetro se desvía en dirección opuesta, como en la figura 9b. Si el imán se mantiene inmóvil y la espira se aproxima al imán o se aleja de él, la aguja también se desvía. A partir de estas observaciones, se deduce que se **establece una corriente en el circuito en tanto existe un movimiento relativo entre el imán y la espira**. Estos resultados son extraordinarios, en vista del hecho de que el circuito no contiene batería alguna. A esta clase de corriente se le llama **corriente inducida** porque la produce una fem inducida.

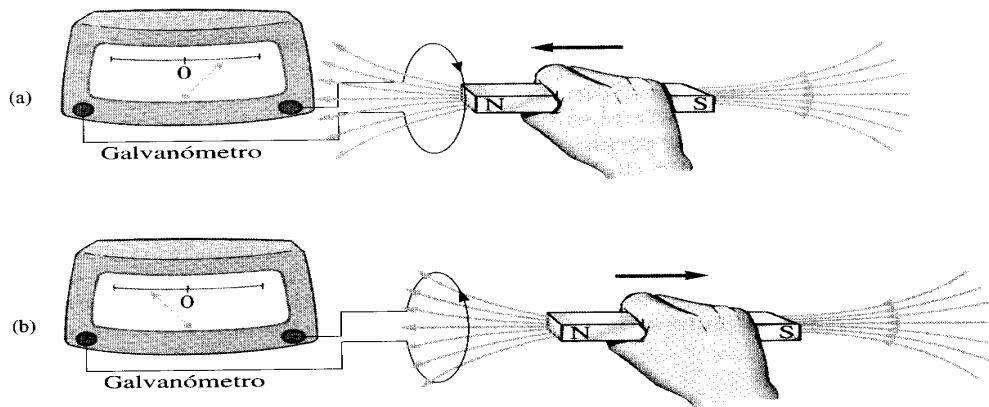


Fig. 9

## Ley de Lenz

Para determinar el sentido de la corriente inducida, además de la regla de la mano derecha, se utiliza la *ley de Lenz*. Esta ley se enuncia de la forma siguiente:

**“La dirección de la corriente o fuerza electromotriz inducida en un circuito cerrado es tal que por sus efectos electromagnéticos se opone a la variación del flujo que la produce”**



Por ejemplo, supongamos una espira metálica inerte a la que se acerca un imán por su polo norte en la figura 10, al ir acercando el imán, el flujo que atraviesa la espira aumentará. Según la ley de Lenz, el sentido de la corriente inducida es tal que el campo magnético creado por dicha corriente se opone al aumento del flujo producido por el acercamiento de imán. Si el imán se aleja, la disminución de su flujo se verá contrarrestada por el campo magnético de la corriente inducida que tendrá su mismo sentido.

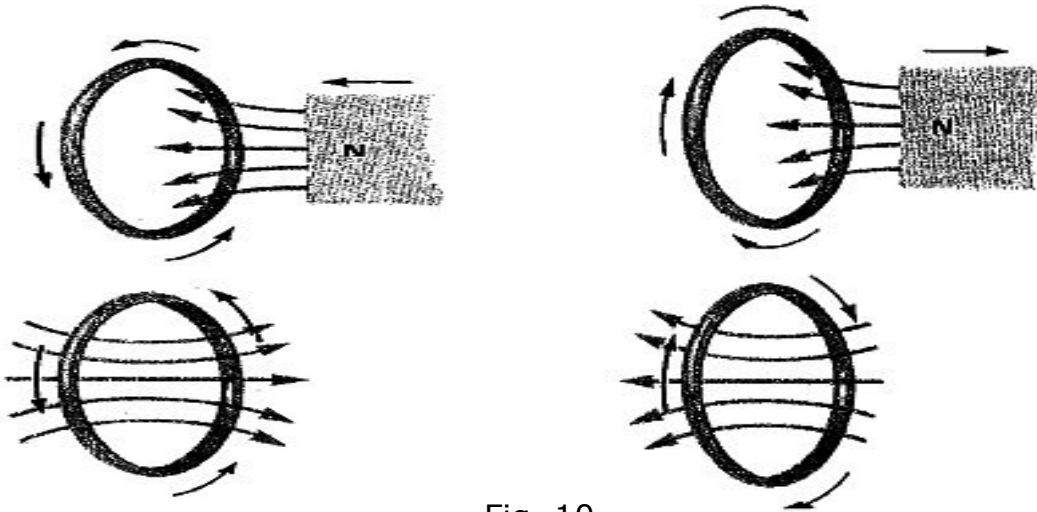


Fig. 10

**Ejemplo:**

4. En cuanto a la corriente inducida, la mejor relación entre la ley de Faraday y la ley de Lenz es
- A) la ley de Faraday cuantifica lo que plantea la Ley de Lenz.
  - B) ambas leyes son idénticas; son distintos nombres para el mismo fenómeno, sólo fueron planteadas al mismo tiempo por dos científicos en lugares distintos.
  - C) la ley de Faraday indica cuando existe una corriente inducida y la Ley de Lenz indica cuando no existe dicha corriente.
  - D) la ley de Lenz plantea cuando existe una corriente inducida y la Ley de Faraday indica su sentido.
  - E) la ley de Faraday plantea cuando existe una corriente inducida y la Ley de Lenz indica su sentido.

## PROBLEMAS DE SELECCIÓN MÚLTIPLE

1. En la situación representada en la figura 11, una varilla B y una esfera conductora de hierro dulce X, están siendo atraídos mutuamente. La esfera X está eléctricamente cargada con cargas negativas.



Fig. 11

Suponiendo que la fuerza de atracción puede tanto ser de origen eléctrico como magnética, la varilla B puede ser

- I) Una varilla de vidrio eléctricamente cargado con cargas positivas.
- II) Un imán.
- III) Una varilla de hierro dulce neutra.

De las afirmaciones anteriores, es (son) correcta (s)

- A) Sólo I
  - B) Sólo II
  - C) Sólo I y III
  - D) Sólo II y III
  - E) I, II y III
2. La aguja de una brújula está orientada conforme ilustra la figura 12. Cuando se aproxima una varilla X, la aguja no se mueve. Sin embargo, aproximando la varilla Y, la aguja sufre una deflexión.

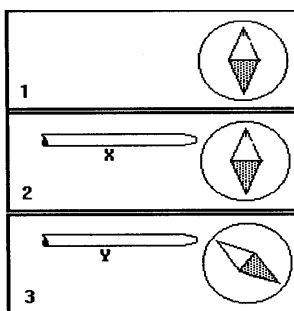


Fig. 12

¿Cuál de las siguientes opciones para los materiales que constituyen las varillas X e Y, respectivamente, es compatible con la situación descrita arriba?

- A) plástico y madera.
- B) vidrio y plástico.
- C) hierro y plástico.
- D) madera y hierro.
- E) hierro y vidrio.

3. En nuestra vida cotidiana es frecuente encontrar imanes en

- A) teléfonos.
- B) televisores.
- C) discos duros (HD).
- D) refrigeradores.
- E) todas las anteriores.

4. Una brújula nos podría servir para conocer

- I) la dirección en que se encuentra el Polo Sur geográfico de la Tierra.
- II) si por un conductor circula una corriente continua.
- III) si dentro de un paquete hay objetos de Hierro.

Es (son) verdadera(s)

- A) Sólo I
- B) I y II
- C) I y III
- D) II y III
- E) I , II y III

5. Respecto a las líneas de fuerza magnética podemos decir que

- A) son líneas imaginarias que dan cuenta de la forma del campo magnético.
- B) son líneas continuas cerradas, presentes en el interior y el exterior del imán.
- C) son líneas que, por definición, van del polo norte al polo sur de un imán.
- D) la cantidad de líneas que sale de un polo es la misma que entra en el otro.
- E) todas las anteriores.

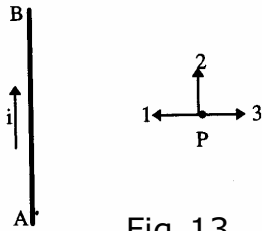
6. La mayor parte de los imanes pierden sus propiedades magnéticas cuando

- A) aumentamos la presión.
- B) aumentamos su temperatura.
- C) se mueven muy rápido.
- D) están en reposo por mucho tiempo.
- E) se colocan en el vacío.

7. La fuerza magnética sobre una carga eléctrica que se mueve en un campo magnético es

- A) independiente de la velocidad de la carga.
- B) inversamente proporcional con la carga.
- C) directamente proporcional con la velocidad de la carga.
- D) dirigida en la dirección del campo.
- E) Tanto C) como D) la describen.

8. La figura 13 representa un hilo rectilíneo y muy largo recorrido por una corriente eléctrica convencional  $i$ , de A hacia B.



El sentido del campo magnético creado por la corriente eléctrica en el punto P esta simbolizado con el vector

- A) 1  
 B) 2  
 C) 3  
 D) para fuera de la página.  
 E) para dentro de la página.
9. ¿En qué caso la fuerza magnética sobre una carga eléctrica que se mueve en un campo magnético es nula?
- A) Cuando la carga eléctrica es negativa.  
 B) Cuando la carga sigue una trayectoria circular.  
 C) Cuando la carga eléctrica se mueve en la misma dirección del campo magnético.  
 D) Cuando la dirección en que se mueve la carga eléctrica forma un ángulo de  $45^\circ$  con el campo magnético.  
 E) Cuando la carga eléctrica se mueve perpendicularmente a la dirección del campo magnético.
10. Un electrón que se mueve con velocidad  $\vec{V}$  hacia la derecha entra a una región de campo magnético uniforme que señala hacia fuera del papel. En su recorrido será

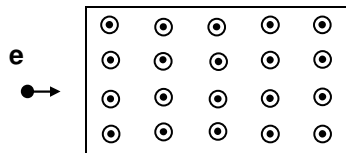


Fig. 14

- A) desviado hacia fuera del plano del papel.  
 B) desviado hacia dentro del plano del papel.  
 C) desviado hacia abajo.  
 D) desviado hacia arriba.  
 E) no desviado de su trayectoria.

### **Solución ejemplo 1**

Los átomos en un material están agrupados en microscópicas regiones magnéticas conocidas como dominios. Si un gran número de dominios se orientan en la misma dirección, el material mostrará propiedades magnéticas.

**La alternativa correcta es E**

### **Solución ejemplo 2**

- I) V, siempre son perpendiculares.
- II) V, siempre son perpendiculares.
- III) F, depende de la situación que se quiera analizar.

**La alternativa correcta es A**

### **Solución ejemplo 3**

La corriente es un conjunto de muchas partículas con carga en movimiento; por tanto, la fuerza resultante sobre el alambre se debe a la suma de las fuerzas individuales que se ejercen sobre las partículas con carga.

**La alternativa correcta es D**

### **Solución ejemplo 4**

Faraday, en su ley plantea que cuando existe una variación del flujo en un circuito, se induce una corriente.

Lenz, en su ley plantea que la corriente inducida en un circuito, se opone a la causa que la genera.

**La alternativa correcta es E**

**DSIFC19**

**Puedes complementar los contenidos de esta guía visitando nuestra web.**

<http://pedrovaldivia.cl/>