

ELECTROMAGNETISMO

MAGNETISMO



El fenómeno del magnetismo era conocido ya por los antiguos griegos desde hace más de 2000 años. Se observaba que ciertos minerales (imanes) podían atraer o repeler pequeños objetos de hierro. De hecho, el nombre de magnetismo proviene de la provincia griega Magnesia, donde se encuentran los yacimientos más importantes de la magnetita (Fe_3O_4), mineral con propiedades magnéticas.

Aunque se tenía conocimiento de este fenómeno de forma experimental no fue hasta mediados del siglo XIX cuando se formularon teóricamente todas las interacciones de tipo eléctrico y magnético, resumidas en las ecuaciones de Maxwell. Hoy día se sabe que toda la materia presenta propiedades magnéticas en determinadas condiciones y existen diferentes tipos de magnetismo y variables magnéticas que lo caracterizan.

IMANES

Los griego uno de los nombres que le dieron a esta piedra misteriosa fue Piedra de Hércules. Otro denominación, Piedra de Magnesia, debido a la abundancia de este mineral en esta zona del Asia menor; para los latinos el nombre utilizado fue magnes de donde se deriva la palabra magnetismo, palabra utilizada hoy para designar la propiedad del imán de atraer a otros materiales y a todo el conocimiento acerca de ella.

Los imanes naturales son piedras de un óxido de hierro llamado Magnetita, que han adquirido la propiedad de atraer a algunos elementos tales como: hierro, cobalto níquel, gadolinium, dysprosium o aleaciones de estos elementos.

A estos materiales se les da el nombre de ferromagnéticos y con ello se diferencian de otros materiales con propiedades magnéticas menos fuertes como son los diamagnéticos y paramagnéticos.

Fue Guillermo Gilbert quien reunió los conocimientos que su época poseía sobre los fenómenos magnéticos, y agregó a los mismos el valioso caudal de sus propios experimentos, determinando las características más interesantes de los imanes.

CARACTERÍSTICAS DE LOS IMANES

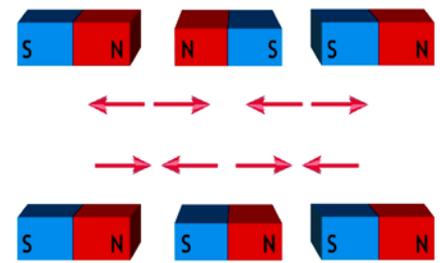
Se orientan en una dirección específica del espacio cuando son suspendidos adecuadamente. Si colgamos cualquier imán en el espacio por medio de un hilo se observa que adquiere una orientación especial: una parte del imán se orienta aproximadamente hacia el norte geográfico y la otra se orienta hacia el Sur. El lado que se orienta hacia el norte se denomina polo norte del imán y el lado que se orienta hacia el sur se denomina polo Sur. Esta característica dio origen a la Brújula, instrumento construido con una pequeña aguja imantada que puede girar alrededor de un eje de rotación que pasa por su centro geométrico

Cualquier tipo de imán, ya sea natural o artificial, posee dos polos perfectamente diferenciados: uno denominado polo norte y el otro denominado polo sur.



Una de las características principales que distingue a los imanes es la fuerza de atracción o repulsión que ejercen sobre otros metales las líneas magnéticas que se forman entre sus polos.

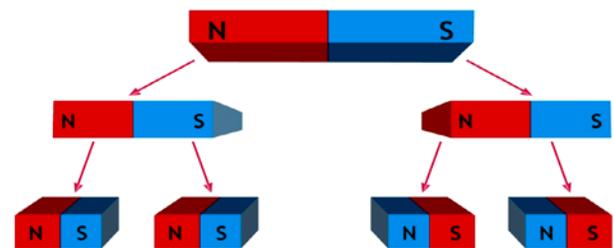
Cuando enfrentamos dos o más imanes independientes y acercamos cada uno de ellos por sus extremos, si los polos que se enfrentan tienen diferente polaridad se atraen (por ejemplo, polo norte con polo sur), pero si las polaridades son las mismas (polo norte con norte, o polo sur con sur), se rechazan.



Cuando aproximamos los polos de dos imanes, de inmediato se establecen un determinado número de líneas de fuerza magnéticas de atracción o de repulsión, que actúan directamente sobre los polos enfrentados.

Las líneas de fuerza de atracción o repulsión que se establecen entre esos polos son invisibles, pero su existencia se puede comprobar visualmente si espolvoreamos limaduras de hierro sobre un papel o cartulina y la colocamos encima de uno o más imanes.

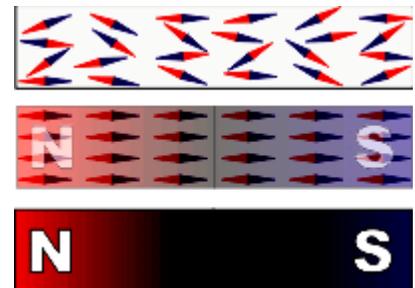
Otra característica de los imanes es que los polos no se pueden separar. Si un imán se rompe en dos partes no se obtienen un polo norte y un polo sur sino que se obtienen dos imanes, cada uno de ellos con un polo norte y un polo sur.



¿Cómo funciona un imán?

Al parecer la materia está formada por muchísimas moléculas con propiedad magnética. Si estas moléculas tienen la capacidad de girar y alinearse (a veces naturalmente y a veces en respuesta a un estímulo) entonces lo hacen y la propiedad magnética se refuerza y aparece a escala macroscópica.

Las barras imantadas pueden perder lentamente su propiedad magnética debido a que sus moléculas van perdiendo la alineación.



Si la barra se calienta (aumentando la agitación de las moléculas) la pérdida será más veloz.



No todas las moléculas del universo tienen propiedad magnética. Esto no resuelve la pregunta de qué es un imán, ya que sólo pospone la pregunta (a un terreno de escala menor). Pero al menos resuelve un par de características muy curiosas: qué pasa cuando un imán se corta en dos.

Si una barra imantada se corta longitudinalmente resultan dos barras imantadas cuyos polos magnéticos conservan la posición que tenían antes del corte.

Si una barra imantada se corta longitudinalmente resultan dos barras imantadas cuyos polos magnéticos conservan la posición que tenían antes del corte.

Una consecuencia de esto es que, inmediatamente después del corte, las barras se rechazarán mutuamente.

¿Qué pasa si el corte es transversal?

Si el corte es transversal (no importa si es justo en el medio) aparecen dos nuevos polos en la zona de corte generando dos imanes independientes.

Una consecuencia de ello es que los trozos cortados se atraerán mutuamente.

Imanes transitorios y permanentes.

Un clavo sin magnetismo se convierte en un imán mientras está tocando un imán verdadero, lo mismo que le ocurre a cualquier otro cuerpo ferroso. Pero al dejar de tocarlo, desaparece su poder magnético. Pero si se mantiene en contacto mucho tiempo, el magnetismo "de prestado" permanece un poco más, aunque finalmente se pierde. A los cuerpos que poseen magnetismo pero que lo pierden en poco tiempo se los llama imanes transitorios.

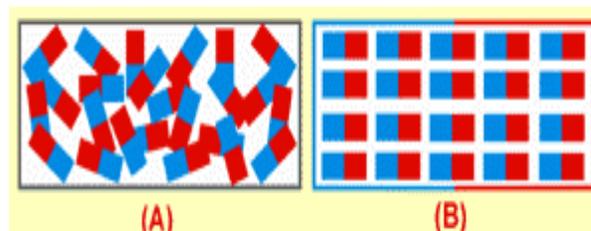
En los imanes comunes -no importa cuánto se los use- su poder magnético disminuye muy poco o nada. Se los llama imanes permanentes.

No hace mucho tiempo se descubrió un material nuevo, el neodimio, con el que se fabrican los llamados imanes de alta potencia. Con este material se fabrican imanes permanentes muy potentes y de formas variadas, como bolitas, cilindros, habanos, que se venden como entretenimiento. El neodimio es, además, muy duro, de modo que al chocar dos imanes debido a su fuerte atracción, chocan y rebotan y vuelven a chocar y a rebotar centenas de veces produciendo un ruido característico casi musical. Por supuesto, la industria también ha elegido el neodimio para todas las aplicaciones en las que es necesario el magnetismo dejando casi en el olvido al viejo imán ferroso.



METALES FERROMAGNÉTICOS

La mayoría de los cuerpos existentes en la naturaleza presentan una estructura molecular en la que reina el más absoluto desorden y no se pueden magnetizar. Sin embargo existen también algunos metales en los que sus átomos pueden actuar esporádicamente como imanes elementales, alineándose como tales si se someten a la influencia de un campo magnético. Cuando eso ocurre se magnetizan, convirtiéndose en un imán temporal, o en un imán permanente.



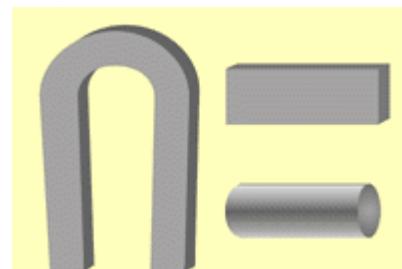
A.- Metal de hierro en estado normal (no magnetizado), cuyos átomos se encuentran desordenados.

B.- El mismo metal de hierro, ahora magnetizado, donde se puede observar que todas sus moléculas se encuentran ordenadas, guardando una misma orientación

Los metales que se magnetizan con facilidad reciben el nombre de "paramagnéticos" y los que no se magnetizan o son difíciles de magnetizar se denominan "diamagnéticos".

Entre los "paramagnéticos" los metales más fáciles de magnetizar se denominan "ferromagnéticos", debido a que fue en el hierro (ferro) el metal en el que se detectó por primera vez esa propiedad. Pero además del hierro se consideran también ferromagnéticos otros metales como el níquel, el cobalto y algunos compuestos especiales.

La fuerza magnética de un electroimán se puede incrementar de varias formas, como por ejemplo: a) añadiendo más espiras de alambre enrollado alrededor del núcleo metálico;



b) incrementando el flujo de corriente; c) elevando la tensión o voltaje aplicado al propio enrollado.

Hay metales que se pueden magnetizar de forma permanente y otros que sólo lo permiten de forma transitoria cuando lo afecta un campo magnético cualquiera, ya sea procedente de un imán permanente o de un electroimán. Los electroimanes generalmente pierden el magnetismo y regresan a su estado original en cuanto se les saca del área de influencia de un campo magnético. No obstante, existen algunos metales que demoran algún tiempo en perder el magnetismo. En esos casos se dice que al metal le queda "magnetismo remanente".

Los núcleos metálicos de los electroimanes pueden tener diferentes tamaños y formas en dependencia del dispositivo donde se vayan a utilizar.

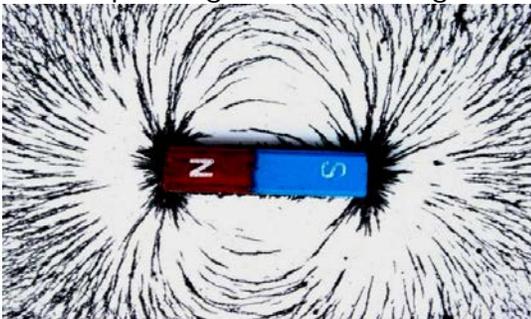
Los electroimanes pueden ser de diferentes tamaños y formas según el uso al que se destinen. Los más pequeños se emplean, por ejemplo, para construir timbres de aviso o alarma, relés para diferentes funciones, interruptores automáticos de corriente, altavoces, cabezales de grabadoras de audio y vídeo, cabezales de lectura-escritura de disquetes, etc. Los de mayor tamaño se emplean en grúas para levantar metales o chatarra.

En Alemania y Japón existen trenes que funcionan por levitación magnética llamados "Maglev". Esos trenes emplean poderosos electroimanes que les permiten levantarse o "levitar" por encima de los rieles, por lo que llegan a desarrollar velocidades de unos 500 kilómetros por hora (aproximadamente 300 millas por hora) pues al no tener casi contacto directo el cuerpo del tren con los rieles, no existe prácticamente pérdidas de energía por fricción.

El electromagnetismo encuentra también aplicación en los transformadores de corriente eléctrica para elevar o disminuir la tensión o voltaje que requieren diferentes los dispositivos eléctricos que empleamos diariamente, tanto en los centros de trabajo como en el hogar.

LÍNEAS DE CAMPO MAGNÉTICO DE UN IMÁN

El campo magnético es la agitación (perturbación) que produce un imán a la región que lo envuelve. Es decir, el espacio que envuelve el imán en donde son apreciables sus efectos magnéticos, aunque sea imperceptible para nuestros sentidos.



Para poder representar un campo magnético utilizamos las llamadas líneas de campo. Estas líneas son cerradas: parten (por convenio) del polo Norte al polo Sur, por el exterior del imán. Sin embargo por el interior circulan a la inversa, de polo Sur a polo Norte.

Las líneas de campo no se cruzan, y se van separando, unas de las otras, en alejarse del imán tangencialmente a la dirección del campo en cada punto.

El recorrido de las líneas de fuerza recibe el nombre de circuito magnético, y el número de líneas de fuerza existentes en un circuito magnético se le conoce como flujo magnético.

Estas líneas nos dan una idea de:

Dirección que tendrá el campo magnético. Las líneas de campo van desde el polo sur al polo norte en el interior del imán y desde el polo norte hasta el polo sur por el exterior.

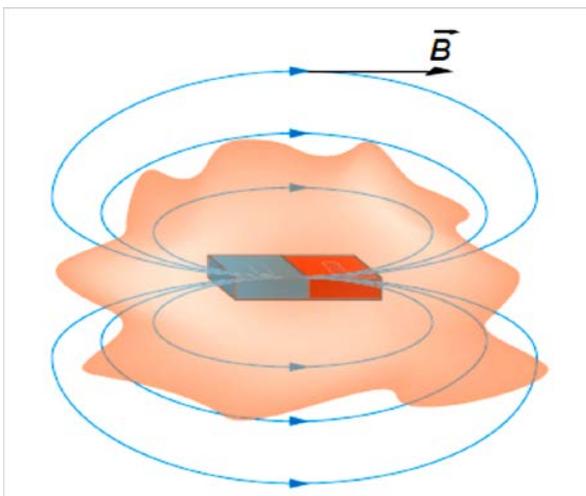
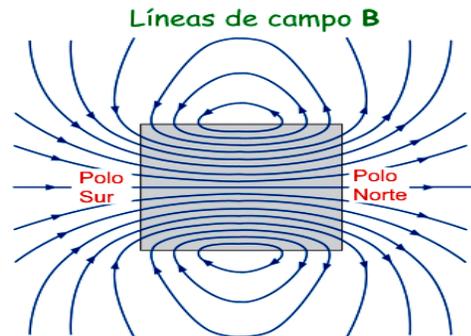
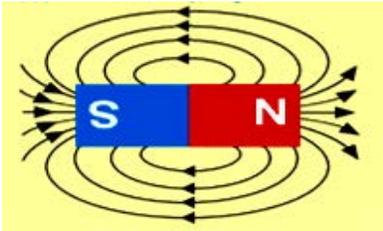
La intensidad del campo magnético, también conocida como intensidad de campo magnético, es inversamente proporcional al espacio entre las líneas (a menos espacio más intensidad).

Las propiedades magnéticas son más acusadas en los extremos del imán, que se denominan polos magnéticos, polo Norte (N) y polo Sur (S). Del mismo modo que cargas

eléctricas del mismo signo se repelen y de distinto se atraen, imanes que se acercan por polos iguales se repelen y si se acercan por polos opuestos se atraen.

De forma análoga al campo eléctrico en magnetismo hablamos en términos de un vector llamado campo magnético B representado por sus líneas de campo de modo que en cada punto del espacio el campo es tangente a dichas líneas.

El hecho de que los polos magnéticos nunca se puedan dar por separado se traduce en que las líneas de campo son siempre cerradas, saliendo del polo Norte y entrando por el polo Sur.



¿Por qué es nulo el flujo magnético a través de una superficie cerrada que rodea a un imán?

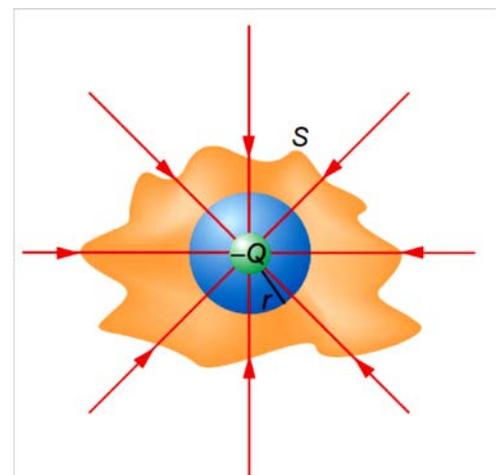
Las líneas de campo magnético son cerradas. En el caso de un imán, estas líneas, por el exterior, salen del polo norte y entran por el polo sur, como se muestra en la siguiente ilustración:

En ella se observa que el número de líneas que salen es igual al de líneas que entran; por tanto, el flujo magnético es cero.

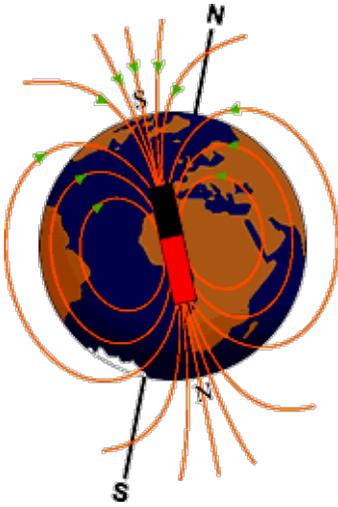
¿Por qué no ocurre lo mismo con cualquier carga eléctrica?

En el caso de una carga eléctrica, el flujo que atraviesa una superficie cerrada no es nulo. Esto es debido a que las líneas del campo eléctrico, a diferencia de las del campo magnético, son abiertas.

En la siguiente figura se aprecia el flujo de campo eléctrico que atraviesa dos superficies cerradas de distinta forma para el caso de una carga negativa:



MAGNETISMO TERRESTRE



La Tierra, se preguntó William Gilbert, ¿no sería un inmenso imán? Gilbert dio los pasos para entender por qué una brújula se orienta en la dirección Norte –Sur. Pensó que la Tierra necesariamente debe comportarse como un imán gigante cuyo polo norte magnético debe atraerse con el polo sur de la brújula y viceversa, el polo sur magnético de la Tierra debe atraer al polo norte de la brújula.

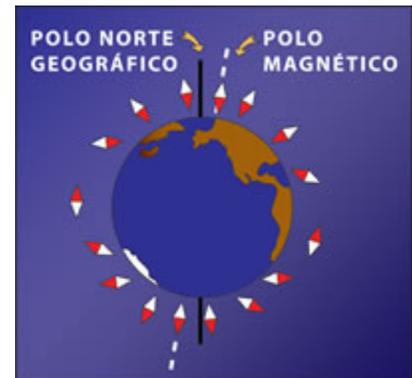
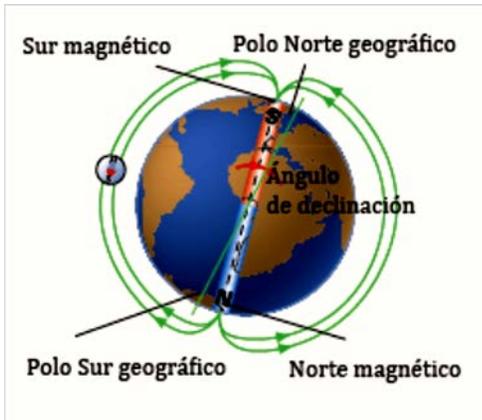
Para verificar esta hipótesis, el incansable experimentador construye un imán esférico, su famosa Microgé (Tierra minúscula), y al aproximar a su imán, una pequeña aguja

magnética móvil en torno de su centro de gravedad, muestra que ésta se comporta igual que una brújula de inclinación (brújula que mide el ángulo de inclinación del campo magnético de la Tierra con respecto a la horizontal) suspendida en el plano de un meridiano de la Tierra.



Gilbert creyó que los polos magnéticos del globo coincidían con los geográficos, sin embargo, La brújula no apunta

siempre hacia el norte geográfico, de esto ya se habían percatado los chinos en el siglo XII antes de Cristo y hoy día se sabe que el polo norte geográfico está en un lugar diferente al polo magnético (polo sur magnético) hacia el que apunta una brújula. El polo norte geográfico está en Groenlandia y el polo magnético está en las Islas Reina



Elizabeth.

No se sabe a ciencia cierta por qué la Tierra es un imán. La configuración del campo magnético terrestre es como la de un potente imán de barra colocado cerca del centro del planeta. Pero la Tierra no es un trozo de hierro magnetizado como el imán de barra. Está demasiado caliente para que los átomos individuales permanezcan alineados.



Las corrientes que fluyen en la región ígnea de la Tierra, bajo la corteza, constituyen una mejor explicación del campo magnético terrestre.

La mayoría de los estudiosos de las ciencias de la Tierra piensan que el campo magnético terrestre se debe al movimiento de partículas cargadas que giran en el interior del planeta. Dado el gran tamaño de la Tierra, la rapidez de las partículas cargadas tendría que ser menor que un milímetro

por segundo para producir el campo.

Otra posible explicación del campo magnético terrestre son las corrientes de convección que se originan debido al calor del núcleo.

El calor de la Tierra se debe a la energía nuclear que se libera en el proceso de decaimiento radiactivo. Tal vez el campo magnético de la Tierra sea producto de la combinación de las corrientes de convección con los efectos de la rotación terrestre. Pero se requieren otros estudios para establecer una explicación más firme.

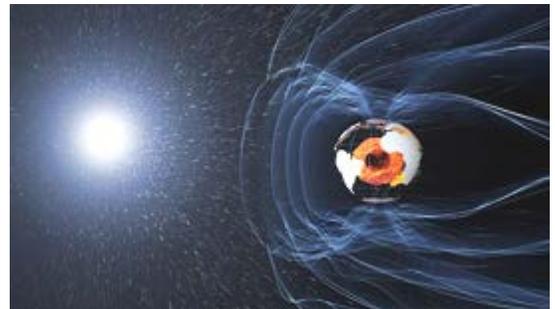
Sea cual sea su causa, el campo magnético de la Tierra no es estable, sino que se desplaza en el curso de las eras geológicas. Las pruebas de este hecho vienen del análisis de las propiedades magnéticas de los estratos rocosos. Los átomos de hierro en estado de fusión tienden a alinearse con el campo magnético terrestre. Cuando el hierro se solidifica la dirección del campo magnético queda registrada en la orientación de los dominios magnéticos de las rocas. Podemos medir el leve magnetismo resultante por medio de instrumentos muy sensibles. Así, midiendo el magnetismo de diversas muestras de roca provenientes de estratos que se han formado en periodos distintos podemos elaborar mapas del campo magnético terrestre en diversas eras. Los rastros que quedan en las rocas muestran que ha habido épocas en que el campo magnético terrestre se ha reducido a cero para luego invertirse.

Durante los últimos 5 millones de años se han efectuado más de veinte inversiones. La más reciente data de hace 700 000 años. Otras inversiones anteriores ocurrieron hace 870 000 y 950 000 años. Los estudios de sedimentos del fondo del océano indican que el campo estuvo prácticamente inactivo durante unos 10 000 o 20 000 años hace poco más de 1 millón de años. Ésta es la época en que surgieron los seres humanos modernos.

No podemos predecir cuándo ocurrirá la siguiente inversión por-que la secuencia no es regular. Pero ciertas mediciones recientes muestran una reducción del 5% en la intensidad del campo magnético de la Tierra en los últimos 100 años. Si el cambio se mantiene es muy posible que el campo vuelva a invertirse en menos de 2000 años."

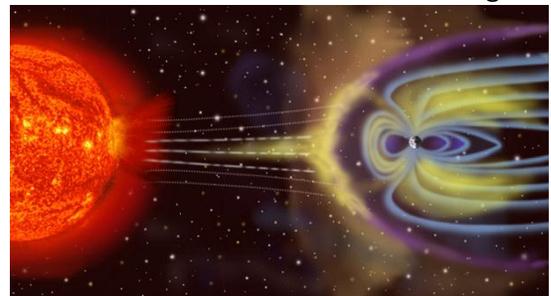
MAGNETOSFERA Y AURORAS BOREALES

El campo magnético terrestre no afecta únicamente al comportamiento de las brújulas. La atmósfera terrestre también tiene una zona denominada magnetosfera, que es una región situada alrededor del planeta en la que el campo magnético de éste desvía la mayor parte del viento solar formando un escudo protector contra las partículas cargadas de alta energía procedentes del Sol, tal y como se muestra en la animación adjunta.



Su existencia permitió el desarrollo de la vida en la Tierra, ya que bloquea las radiaciones más energéticas. Además algunas teorías científicas indican que sin la magnetosfera la Tierra habría perdido la mayoría del agua de la atmósfera y los océanos en el espacio, debido al impacto de partículas energéticas que disociarían los átomos de hidrógeno y oxígeno permitiendo escapar los ligeros átomos de hidrógeno, por lo que el planeta se parecería mucho más a Marte.

Se estima que este pudo ser un factor importante en la pérdida de agua de la atmósfera primitiva marciana. Aunque evita que la mayoría de rayos ultravioletas atraviesen nuestra atmósfera, algunos de ellos llegan a penetrar y conseguir un



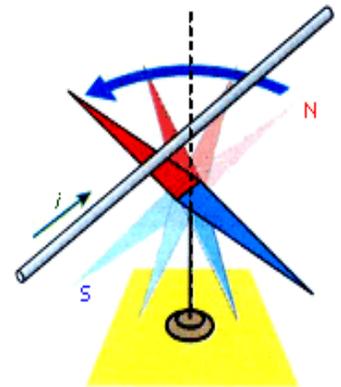
espectáculo denominado aurora boreal en el cielo de los polos norte y sur de la tierra, zonas donde la magnetosfera se anula.

EXPERIENCIA DE CHRISTIAN OERSTED: CAMPO MAGNÉTICO DE UNA CORRIENTE ELÉCTRICA



En 1820 Hans Oersted observó que cuando al mover una brújula cerca de un cable que conducía corriente eléctrica notó que la aguja se deflectaba hasta quedar en una posición perpendicular a la dirección del cable y que volvía a la posición original cuando dejaba de circular la corriente por el circuito.

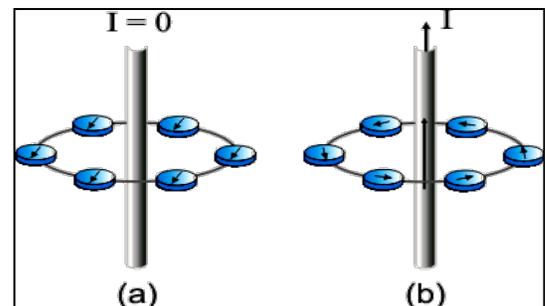
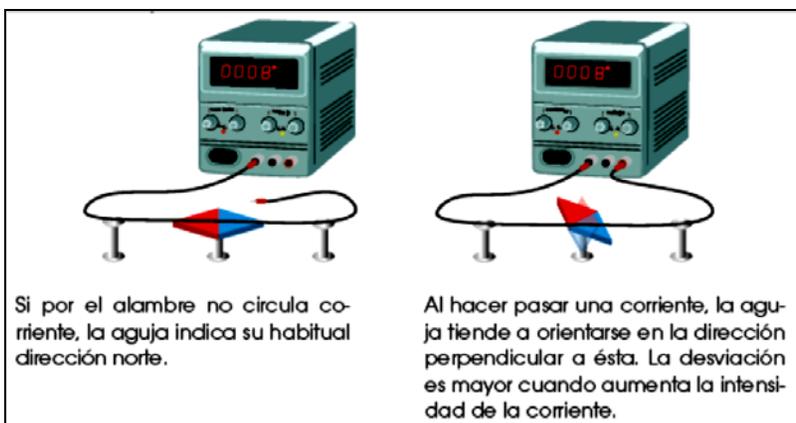
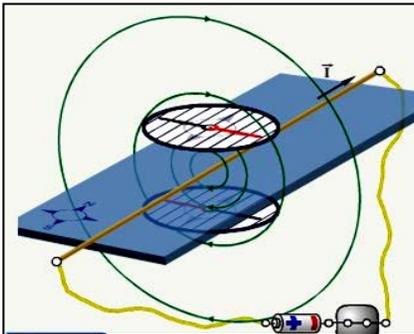
Más tarde repitió el experimento una gran cantidad de veces, confirmando el fenómeno. Por primera vez se había



hallado una conexión entre la electricidad y el magnetismo, en un

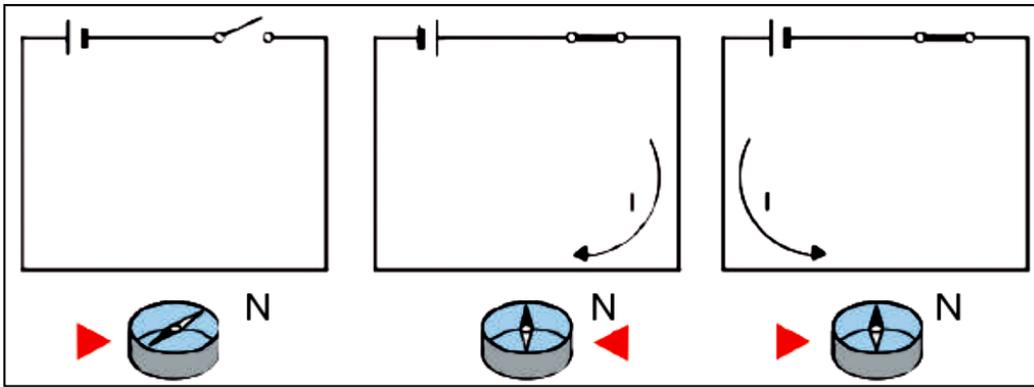
accidente que puede considerarse como el nacimiento del electromagnetismo. De forma casi fortuita, el científico danés Oersted se percató de que una brújula sufría desviaciones al estar cerca de una corriente eléctrica.

Si se disponen varias brújulas en torno a un hilo conductor, se observa que cuando no circula corriente eléctrica, todas ellas apuntan al Norte de la Tierra (a), debido al efecto del campo magnético terrestre. Si se hace circular una corriente, se orientan formando una circunferencia en torno al hilo (b).



Del experimento de Oersted se deduce que:

- Una carga en movimiento crea un campo magnético en el espacio que lo rodea.
- Una corriente eléctrica que circula por un conductor genera a su alrededor un campo magnético cuya intensidad depende de la intensidad de la corriente eléctrica y de la distancia del conductor.
- Una brújula cambia de orientación cerca de una corriente eléctrica: las brújulas son pequeños imanes sujetos a un soporte de forma que puedan girar libremente.
- También comprobó que al cambiar el sentido de la corriente cambiaba el sentido en que se desviaba la aguja.



Según lo anterior, hay dos fuentes de campos magnéticos, los imanes y las corrientes eléctricas. Las líneas de campo magnético las dibujaremos tangentes a la dirección en que se posiciona una brújula en ese punto. Así se encontró una de las "Reglas de juego de la Naturaleza": las cargas en movimiento, una corriente eléctrica, producen un campo magnético capaz de interactuar con los imanes.

Explicación del magnetismo natural

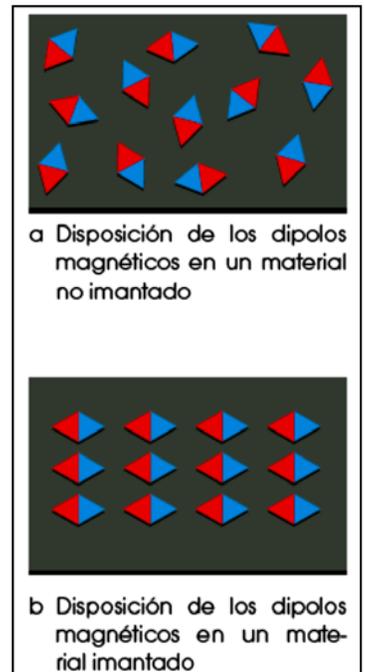
Experiencias posteriores a la de Oersted confirmaron que las corrientes eléctricas producen los mismos efectos que los imanes.

Ampere observó que las corrientes eléctricas se atraían o repelían entre sí y que podían atraer limaduras de hierro. En 1823, sugirió que el magnetismo natural era debido a pequeñas corrientes cerradas en el interior de la materia.

En la actualidad, identificamos esas pequeñas corrientes con el movimiento de los electrones en el interior de los átomos.

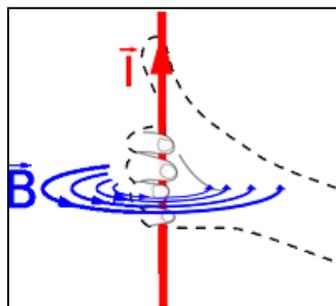
Un electrón que gira alrededor del núcleo equivale a una corriente que produce los mismos efectos magnéticos que un pequeño imán. Por otro lado, los electrones giran sobre sí mismos produciendo efectos magnéticos adicionales.

Podemos imaginar que en cualquier material existen muchos imanes de tamaño atómico. En la mayoría de los casos, estos pequeños imanes o dipolos magnéticos están orientados al azar y sus efectos se cancelan. Sin embargo, en ciertas sustancias, estos dipolos magnéticos están orientados en el mismo sentido. En tal caso, los efectos de cada dipolo magnético se suman formando un imán natural.

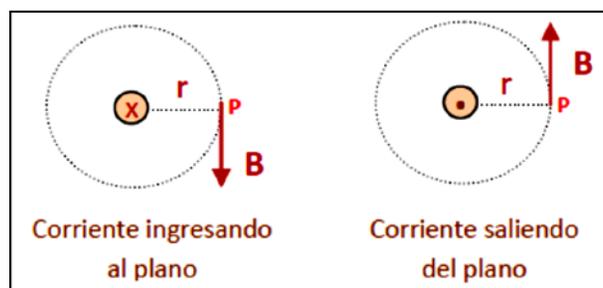
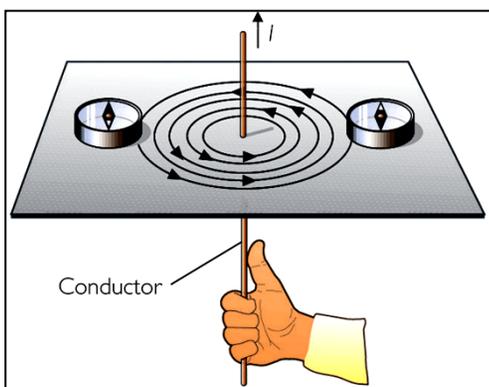


CAMPO MAGNÉTICO PRODUCIDO POR UN CONDUCTOR RECTO

Si ponemos brújulas alrededor de una corriente eléctrica rectilínea observamos cómo se orientan perpendicularmente a dicha corriente, establecemos que una corriente eléctrica rectilínea crea un campo magnético cuyas líneas son círculos concéntricos con la recta que define el conductor, el sentido es tal que lo podemos conocer siguiendo la "regla de la mano derecha",



la mano derecha", situamos el pulgar en la dirección y sentido de la corriente, la posición natural del resto de los dedos nos indicará la dirección y sentido de las líneas del campo magnético.



Para determinar el valor de la inducción magnética o campo magnético \mathbf{B} a una cierta distancia r de un conductor recto por el que circula una intensidad de corriente I , se aplica la siguiente expresión:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Donde:

\mathbf{B} = inducción magnética o densidad de flujo magnético en un punto determinado perpendicular al conductor, se mide en tesla (T)

μ = permeabilidad del medio que rodea al conductor, se expresa en Tm/A

I = intensidad de la corriente que circula por el conductor, su unidad en el S.I. es el amperio (A)

r = distancia perpendicular entre el conductor y el punto considerado, se mide en metros (m)

Cuando el medio que rodea al conductor es no magnético o aire, la permeabilidad se considera como si se tratara del vacío, por lo tanto:

$$\mu = \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$$

De acuerdo con la ecuación anterior se deduce que la intensidad de la corriente es directamente proporcional al campo magnético B y la distancia perpendicular del conductor es inversamente proporcional al campo magnético B .

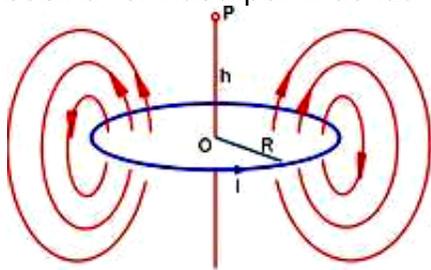
La unidad de campo magnético en el Sistema Internacional es el tesla (T). Un tesla se define como el campo magnético que ejerce una fuerza de 1 N (newton) sobre una carga de 1 C (coulomb) que se mueve a velocidad de 1 m/s dentro del campo y perpendicularmente a las líneas de campo.

El tesla es una unidad muy grande, por lo que a veces se emplea como unidad de campo magnético el gauss (G) que, aunque no pertenece al Sistema Internacional sino al sistema CGS, tiene un valor más acorde con el orden de magnitud de los campos magnéticos que habitualmente se manejan.

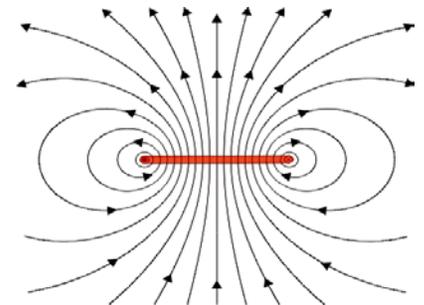
$$1 \text{ T} = 10000 \text{ gauss}$$

CAMPO MAGNÉTICO CREADO POR UNA ESPIRA

En muchos dispositivos que utilizan una corriente para crear un campo magnético, tales como un electroimán o un transformador, el hilo que transporta la corriente está arrollado en forma de bobina formada por muchas espiras.



Para calcular el campo magnético producido por una espira circular en su centro, cálculo que puede realizarse suponiendo que doblamos el conductor rectilíneo hasta formar una espira. Si observas la imagen verás que el campo en el interior de la espira se refuerza, ya que todo el campo creado en esa zona está orientado en la misma dirección, mientras que en el exterior se debilita. Aunque el cálculo es demasiado complejo para tratarlo aquí, el resultado es relativamente sencillo, resultando ser el campo en el centro de la misma de valor:



$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2r}$$

Donde:

B= inducción magnética o densidad de flujo magnético en el centro de la espira circular, se mide en tesla (T)

μ= permeabilidad del medio que rodea al conductor, se expresa en Tm/A

I= intensidad de la corriente que circula por el conductor, su unidad en el S.I. es el ampere (A)

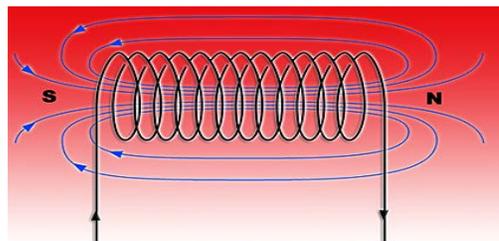
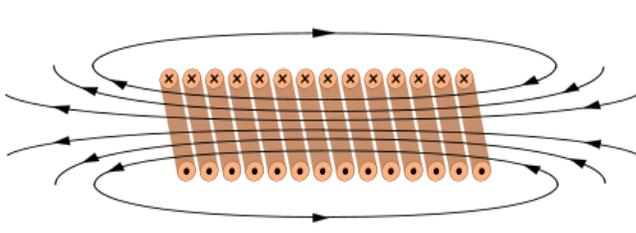
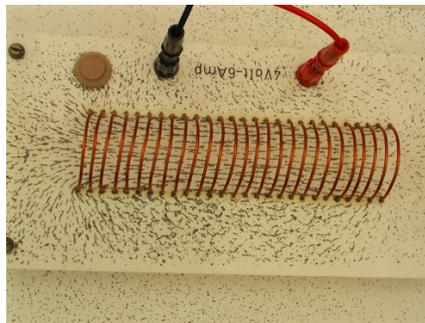
r= radio de la espira, se mide en metros (m)

Al analizar las expresiones de B para conductor rectilíneo y espira, se cumple:

$$B_{\text{Espiras}} = \pi \cdot B_{\text{Cond. Recto}}$$

CAMPO MAGNÉTICO PRODUCIDO POR UN SOLENOIDE

Un solenoide se obtiene al enrollar un alambre en forma helicoidal (acción llamada devanar). Cuando una corriente circula a través del solenoide, las líneas de fuerza del campo magnético generado se asemejan al campo producido por un imán en forma de barra. En su interior las líneas de fuerza son paralelas y el campo magnético es uniforme



Para calcular el valor de la inducción magnética o densidad de flujo B en el interior de un solenoide, se utiliza la expresión matemática:

$$\vec{B} = \frac{N\mu_0 I}{L}$$

Donde:

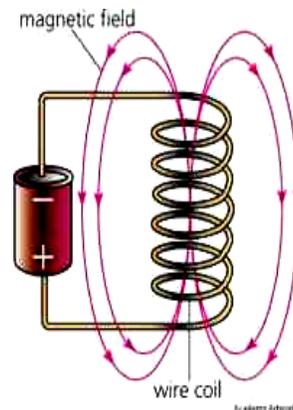
B = inducción magnética en el interior de un solenoide, se mide en teslas (T)

N = número de vueltas o espiras

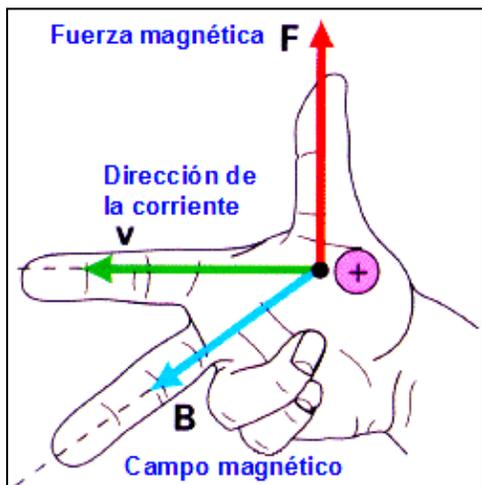
μ = permeabilidad del medio en el interior del solenoide, se expresa en Tm/A

I = intensidad de la corriente calculada en amperes (A)

L = longitud del solenoide medida en metros (m)



FUERZA MAGNÉTICA SOBRE UNA CARGA ELÉCTRICA



Es conocido que un conductor por el que circula una corriente sufre una fuerza en presencia de un campo magnético. Puesto que la corriente está constituida por cargas eléctricas en movimiento, empezaremos por estudiar la fuerza sobre una única carga.

Sobre una carga eléctrica en movimiento que atraviese un campo magnético aparece una fuerza denominada Fuerza Magnética. Ésta modifica la dirección de la velocidad, sin modificar su módulo.

El sentido se calcula por la **regla de la mano derecha**, donde:

Dedo índice = velocidad

Dedo del medio = campo

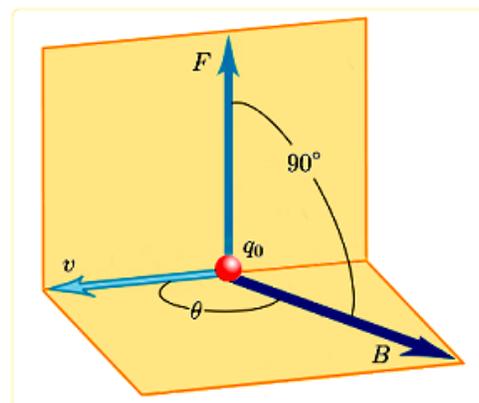
Dedo pulgar = fuerza

Formando 90 grados entre la Fuerza con la corriente y el campo magnético. El sentido de la fuerza es para cargas positivas. Si las cargas son negativas el sentido es el opuesto al obtenido con la regla de la mano derecha. En este caso se puede aplicar la mano izquierda.

FUERZA DE LORENTZ

Al observar experimentalmente cómo es la fuerza que un campo B ejerce sobre una carga eléctrica q se cumple que:

- Si la carga está en reposo, el campo B no ejerce ninguna fuerza sobre ella.
- La fuerza es máxima cuando la velocidad de la carga v y el campo B son perpendiculares y es nula cuando son paralelos.
- La fuerza es perpendicular al plano formado por v y B .
- La fuerza es proporcional al valor de la carga q y a la velocidad v .
- Si la carga cambia de signo, la fuerza cambia de sentido.



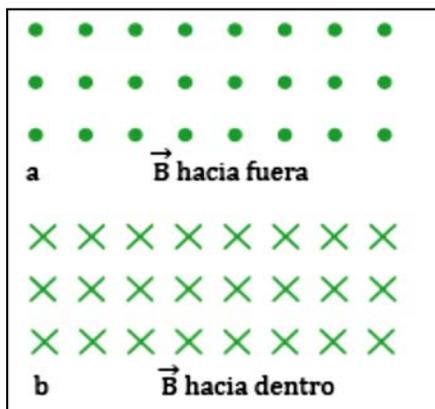
Resumiendo todos estos hechos, se concluye que la fuerza F que un campo B ejerce sobre una carga eléctrica q que se mueve con una velocidad v viene dada por la expresión:

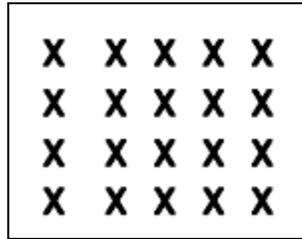
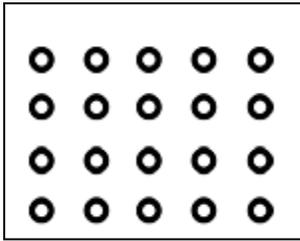
$$\vec{F}_{\text{Magnética}} = q \cdot \vec{v} \cdot \vec{B} \cdot \text{sen } \alpha$$

Para el campo magnético se cumple que:

La fuerza magnética es perpendicular a las líneas de campo B

Dado que la fuerza de Lorentz implica el uso de una representación tridimensional para visualizar las direcciones de los vectores que en ella intervienen, es necesario definir una convención simbólica para representar las líneas de los vectores que inciden sobre la superficie sobre la que escribimos. Para ello se representa los vectores salientes del plano, con círculos (punta de una flecha) y los entrantes con cruces (colas de flecha), tal y como se muestra en la figura.



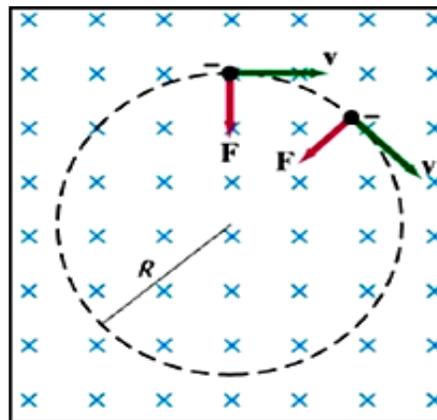
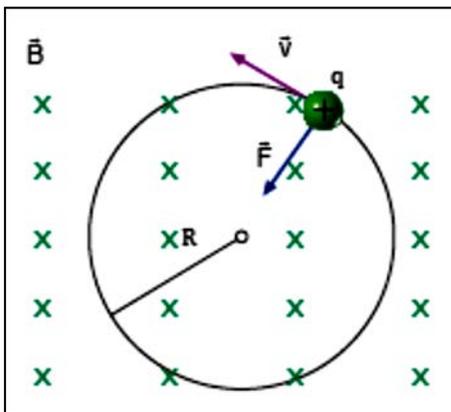


Una regla mnemotécnica para recordar esta convención es imaginarse estos vectores como flechas que atraviesan el papel.

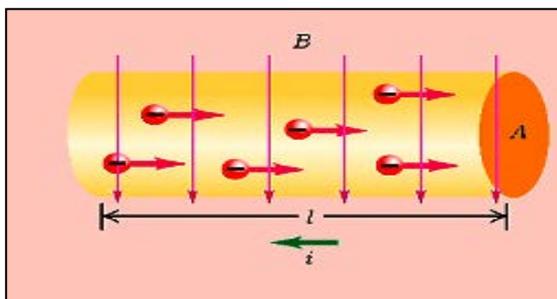
Cuando la partícula cargada penetra perpendicularmente en un campo magnético uniforme con una velocidad \mathbf{v} , el ángulo entre ambos vectores es de 90° , y como $\sin 90^\circ = 1$, entonces la fuerza que actúa sobre ella es máxima y de módulo constante, dirigida siempre en la dirección perpendicular a \mathbf{v} y a \mathbf{B} .

El movimiento correspondiente a este tipo de fuerzas centrales es un movimiento circular uniforme, con la fuerza de Lorentz actuando como fuerza centrípeta.

Si el campo magnético entra al plano, una carga positiva describirá una circunferencia en sentido anti horario; en el caso que sea una carga negativa, el sentido del movimiento será horario.



FUERZA MAGNÉTICA SOBRE UN CONDUCTOR RECTILÍNEO



En nuestra sociedad gran parte del consumo energético tiene lugar como electricidad. En ella la carga se desplaza a lo largo de los cables, que podemos asimilar idealmente a hilos conductores.

Dado que son cargas eléctricas moviéndose y un campo magnético ejerce fuerza sobre cargas móviles, cabe preguntarse por la fuerza ejercida sobre un hilo conductor rectilíneo al verse afectado por un campo magnético.

Según su definición, la intensidad de una corriente eléctrica es el número de cargas que pasan por unidad de tiempo por una determinada sección del hilo:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad \Delta q = I \cdot \Delta t$$

Suponiendo que todas las cargas se desplazan a la misma velocidad, entonces el número de cargas que pasan por la sección será proporcional a esta velocidad, concretamente para un hilo de longitud L el número total de partículas que pasarán por la sección serán:

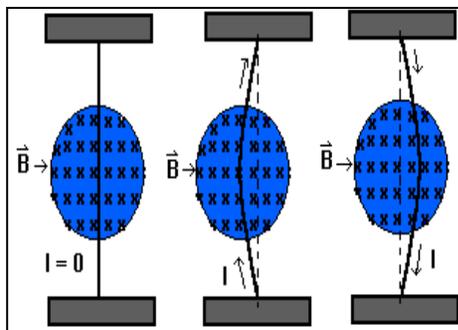
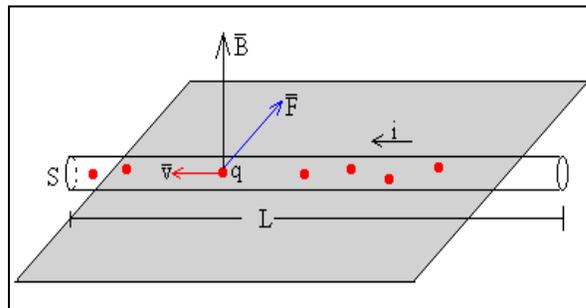
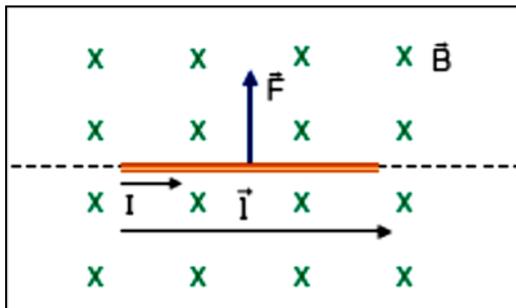
$$v = \frac{L}{\Delta t} \quad L = v \cdot \Delta t$$

Según la expresión de la fuerza de Lorentz, sobre la carga Δq actuará una fuerza:

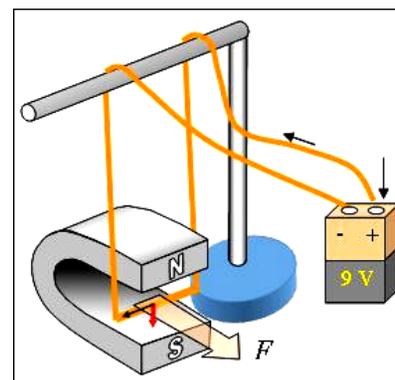
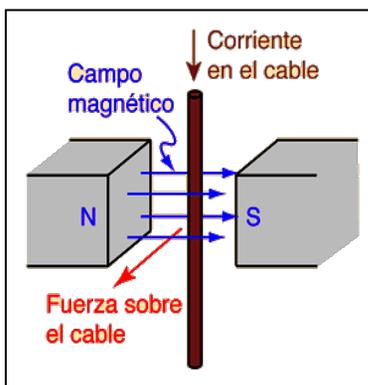
$$F = \Delta q \cdot v \cdot B = I \cdot \Delta t \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}\alpha = I \cdot L \cdot B \cdot \text{sen}\alpha$$

donde se ha hecho uso de las expresiones calculadas anteriormente para Δq y L .

El sentido de la fuerza también se puede obtener por la regla de la mano derecha, considerando a la velocidad de las cargas positivas en la misma dirección del conductor.

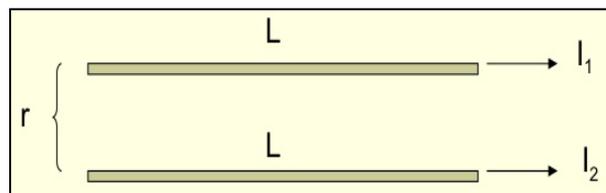
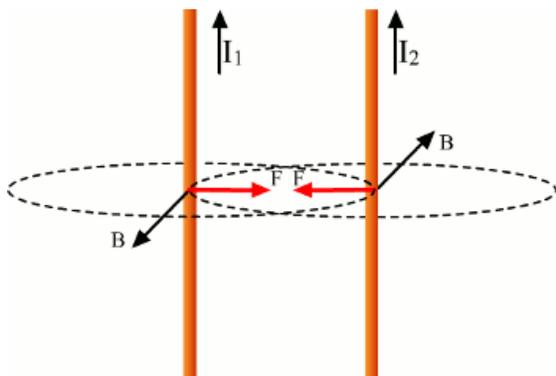


Si el conductor es paralelo al campo magnético, la fuerza es 0.

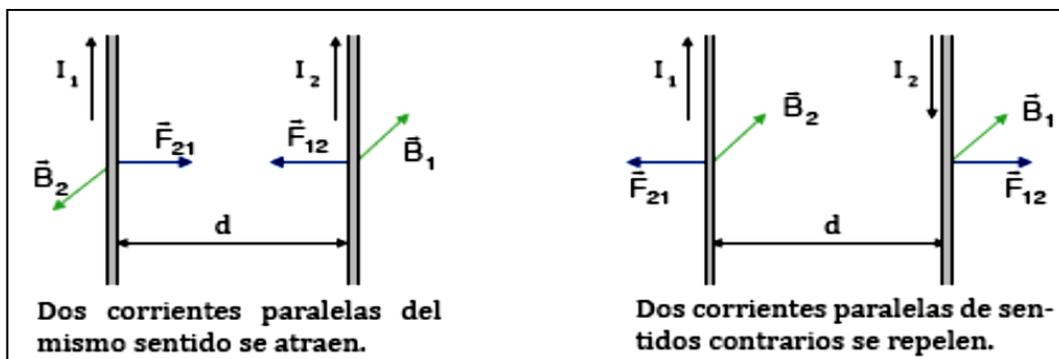


FUERZA MAGNÉTICA ENTRE DOS CONDUCTORES DE CORRIENTES PARALELAS

Hasta ahora se ha visto el campo magnético producido por una corriente en un conductor, pero ¿qué ocurre si existe más de un circuito? Ampere descubrió que dos corrientes eléctricas circulando en paralelo podían repelerse o atraerse con fuerzas magnéticas directamente proporcionales a las intensidades de cada una de ellas. Esto es fácilmente demostrable a partir de la ley de Biot y Savart.



Si se tienen dos conductores rectilíneos paralelos por los que circulan dos corrientes eléctricas del mismo sentido I_1 e I_2 . Tal y como muestra la figura ambos conductores generarán un campo magnético uno sobre el otro, dando lugar a una fuerza entre ellos.



El vector B_1 es perpendicular al conductor 2. Por tanto, la fuerza que ejerce el conductor 1 sobre el conductor 2 es:

$$F_{12} = I_2 l B_1$$

La fuerza ejercida por el conductor 2 sobre el conductor 1, F_{2-1} , tiene el mismo modulo y dirección, pero sentido contrario, pues estas fuerzas cumplen el principio de acción y reacción:

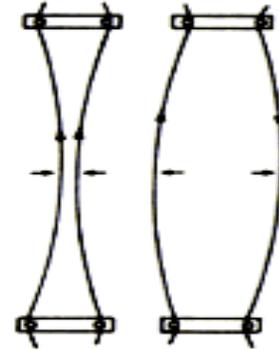
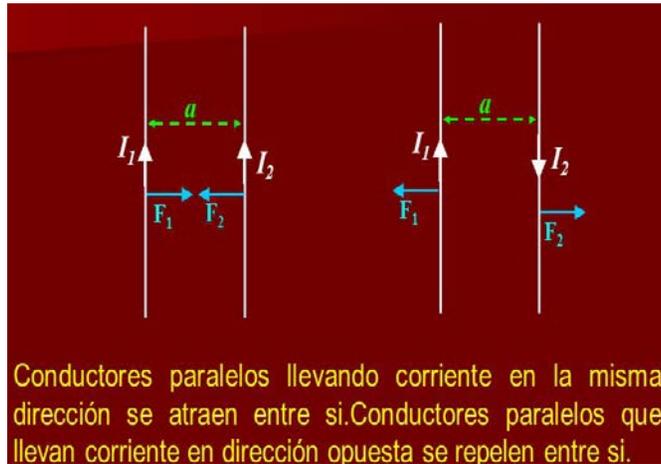
$$F_{1-2} = -F_{2-1}$$

La fuerza que experimentan los conductores es:

$$F = \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot L}{2 \cdot \pi \cdot d}$$

Por tanto ambas fuerzas son del mismo módulo y dirección, están contenidas en el mismo plano y su dirección es perpendicular a ambos (observa la imagen). El sentido depende de la dirección de la corriente, si ambas tienen el mismo sentido su producto será siempre positivo y apuntarán de un cable hacia el otro atrayéndolos, mientras que si tienen sentidos contrarios, el producto será negativo y se dirigirán hacia afuera, tendiendo a separar los conductores.

Esta fuerza es atractiva cuando las corrientes tienen el mismo sentido y repulsiva si el sentido es opuesto.



INDUCCIÓN MAGNÉTICA

En la experiencia de Oesterd se mostró que una corriente eléctrica crea un campo magnético. Podríamos preguntarnos si es posible el proceso inverso, esto es: crear una corriente eléctrica a partir de un campo magnético.

Michael Faraday (1791-1867) y Joseph Henry (1797-1878) llevaron a cabo diversos experimentos (hacia 1830) que permitieron dar respuesta a esta pregunta.

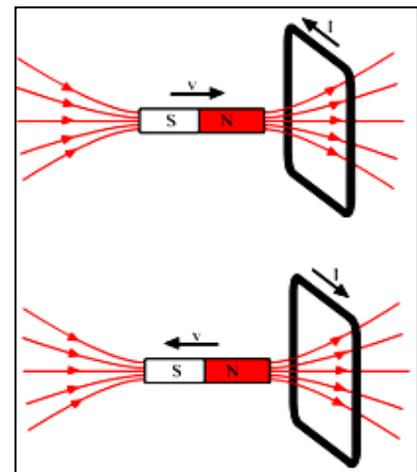
Experiencia de Faraday

Fue Faraday en 1831 quien comprobó que al acercar un imán a una espira en ésta se origina una corriente que invierte su sentido cuando el imán se aleja.

Un dato importante es que la corriente aparece sólo cuando el imán está en movimiento respecto de la espira (puede moverse el imán o la espira, es igual) y cesa una vez que cesa el movimiento.

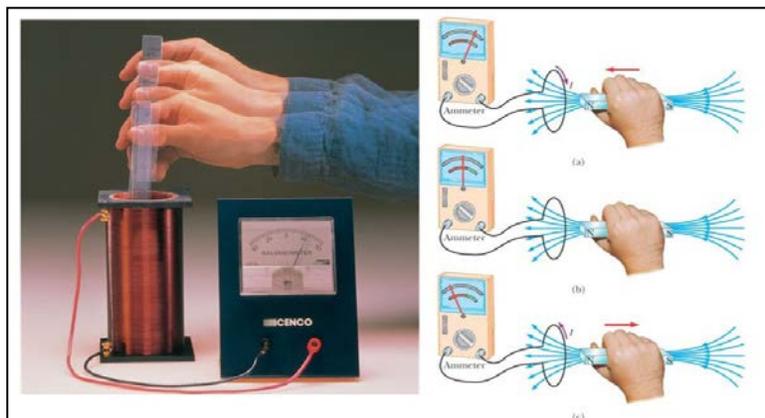
El origen de la corriente eléctrica, por tanto, no es la presencia de un campo magnético, sino la variación del campo que atraviesa la espira.

Como se puede ver en la figura las líneas de fuerza del campo del imán están más juntas cerca de los polos (mayor intensidad), y más separadas (menor intensidad) a medida que nos alejamos de ellos, con lo que al acercar o separar el imán de la espira se produce una variación del campo magnético que la atraviesa.



Otro dato experimental importante es que la intensidad de la corriente inducida depende de lo rápido que se mueva el imán respecto de la espira. Esto indica una dependencia con la rapidez de variación del campo magnético.

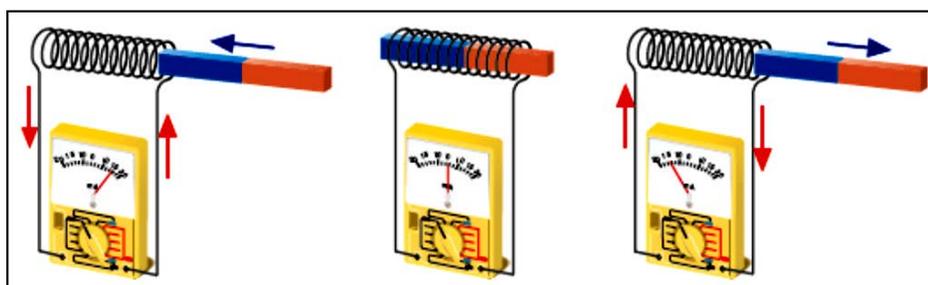
Primera experiencia: movimiento de un imán en el interior de una bobina



Conectó los extremos de la bobina a un galvanómetro para poder medir la corriente inducida al introducir y extraer el imán.

Resultados:

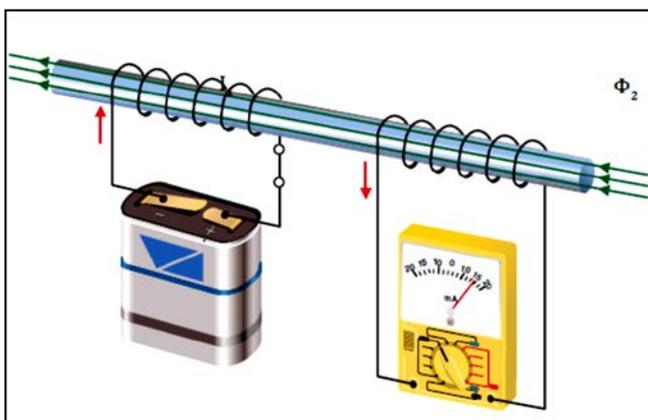
- a. Si se acerca el imán a la bobina, aparece una corriente inducida durante el movimiento del imán.
- b. El sentido de la corriente inducida en la bobina se invierte si se aleja el imán.
- c. Con la bobina y el imán fijos no se observa corriente inducida alguna.



Se obtienen los mismos resultados si mantenemos fijo el imán y se mueve la bobina.

En esta experiencia, la intensidad de la corriente inducida depende de la velocidad con la que se mueva el imán (o la bobina), de la intensidad del campo magnético del imán y del número de espiras de la bobina.

Faraday interpretó que para inducir una corriente eléctrica en un circuito es necesario variar el número de líneas de inducción magnética que lo atraviesan.

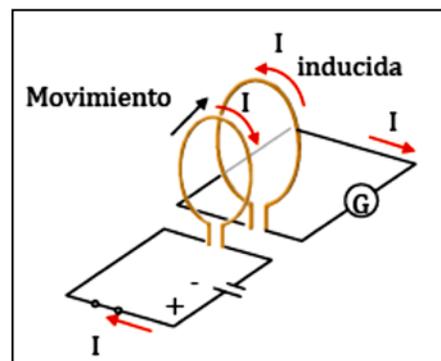


Segunda experiencia:

Se enrollan las dos bobinas alrededor de una barra de hierro. La primera bobina se conecta a la batería con un interruptor. La segunda bobina se conecta a un galvanómetro para medir la corriente inducida al cerrar y abrir el interruptor.

Resultados:

- a. Al conectar el interruptor se induce una corriente eléctrica en la segunda bobina. Las corrientes en las dos bobinas circulan en sentidos contrarios.
- b. Al desconectar el interruptor se induce de nuevo una corriente eléctrica en la segunda bobina. Ahora la corriente inducida tiene sentido opuesto a la del caso anterior.



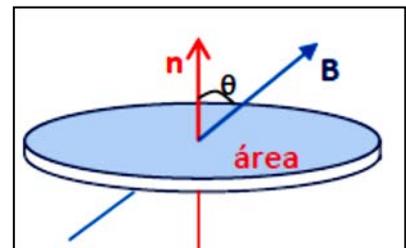
c. Se induce corriente en la segunda bobina mientras aumenta o disminuye la intensidad de corriente en la primera bobina, pero no mientras se mantiene constante. Esto demuestra que la inducción de corriente eléctrica en un circuito es debida a campos magnéticos variables.

Las dos experiencias descritas nos permiten comprender el fenómeno de la inducción electromagnética.

La inducción electromagnética consiste en la aparición de una corriente eléctrica en un circuito cuando varía el número de líneas de inducción magnética que lo atraviesan.

FLUJO MAGNÉTICO, ϕ

Faraday explicó de forma cualitativa el fenómeno de la inducción electromagnética. La ley matemática que explica este proceso físico, a la que se da el nombre de ley de Faraday, se expresa en función de una magnitud llamada flujo magnético.



El flujo magnético, Φ , a través de una superficie es una medida del número de líneas de inducción que atraviesan dicha superficie.

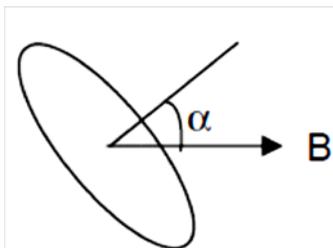
Por convenio la intensidad del campo magnético se hace igual al número de líneas de campo que atraviesan la unidad de superficie colocada perpendicularmente a ellas.

Si queremos saber el número de líneas que atraviesan la superficie S, perpendicular a las líneas de campo, bastará multiplicar la intensidad por la superficie.

Esta magnitud recibe el nombre de flujo del campo magnético (ϕ_B):

$$\phi_B = B \cdot S$$

· Si la superficie no está colocada perpendicularmente a las líneas de campo, sino que forma con ellas cierto ángulo, el flujo magnético a través de esa superficie viene dado por:



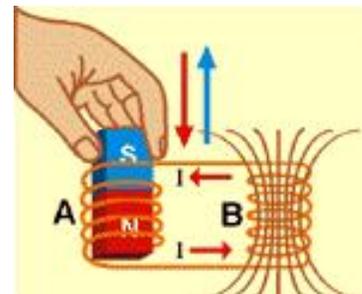
$$\phi_B = B \cdot S \cdot \cos \alpha$$

El ángulo es el formado **por el vector campo magnético y la perpendicular a la superficie.**

· La unidad S.I. de flujo magnético es el tesla por metro cuadrado ($T \cdot m^2$) y recibe el nombre de weber (Wb) en honor de Wilhem Weber (1804-1891)

LEY DE FARADAY

Está basada en los experimentos que hizo Michael Faraday en 1831 y establece que el voltaje (fuerza electromotriz inducida: fem) inducido en una bobina es directamente proporcional a la rapidez de cambio del flujo magnético por unidad de tiempo. Sabemos que un campo magnético variable induce una corriente eléctrica en un circuito. Este fenómeno, conocido como inducción electromagnética, puede ser formulado mediante una ley matemática, la ley de Faraday.



Para enunciar esta ley es preciso cuantificar la corriente inducida mediante una magnitud física. Esta magnitud podría ser la intensidad de corriente, pero depende de la resistencia del material que forma el circuito. Por ello, es preferible utilizar la fuerza electromotriz inducida o fem inducida.

Experimentalmente observamos que la fuerza electromotriz inducida es proporcional a la variación de flujo magnético, $\Delta\Phi$, e inversamente proporcional al tiempo invertido en dicha variación, Δt .

La fuerza electromotriz inducida media vale:

$$\varepsilon = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

El signo negativo nos indica que la fuerza electromotriz inducida se opone a la variación del flujo magnético (ley de Lenz).

La fuerza electromotriz inducida en un circuito es igual a la velocidad con que varía el flujo magnético a través de dicho circuito, cambiada de signo.

En forma general, considerando número de espiras (N):

$$\varepsilon_{in} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Donde:

N: número de espiras

$\Delta\Phi$: variación de flujo magnético (weber: Wb)

Δt : intervalo de tiempo (s)

ε_{in} : fem inducida (volt: V)

(-): El signo negativo se debe a que el voltaje inducido tiene un sentido tal que establece una corriente que se opone al cambio de flujo magnético

EXPERIENCIA DE HENRY

Henry realizó, de forma simultánea con Faraday, una experiencia que permitió una mejor comprensión del fenómeno de la inducción de una corriente eléctrica a partir de un campo magnético.

La experiencia de Henry consistió en deslizar un conductor móvil sobre otro doblado en forma de U (ver figura), situado en el seno de un campo magnético constante y perpendicular a la dirección del movimiento.

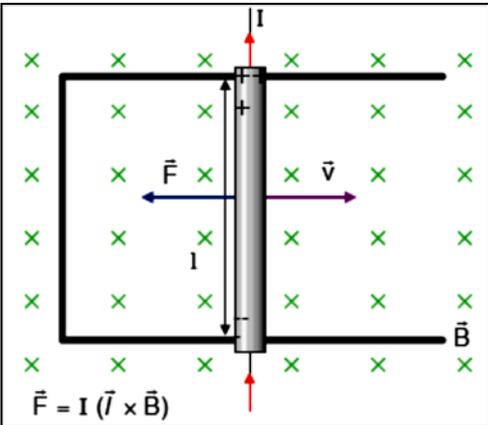
En el caso del experimento de Henry, suponiendo que el conductor se desplaza con una velocidad constante, v , la variación de flujo podría calcularse de la forma siguiente:

$$\phi_1 = B S_1$$

$$\phi_2 = B S_2 = B [S_1 - L (v t)]$$

$$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1 = B [S_1 - L (v t)] - B S_1 = - B L (v t)$$

$$\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = - \frac{B L (v t)}{t} = - B L v$$

$$\varepsilon = - \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = B L v$$


Como consecuencia del movimiento (y de la presencia del campo magnético) aparece una fuerza de Lorentz sobre las cargas libres del conductor (electrones). Por tanto, las cargas negativas se desplazan hacia el extremo derecho del conductor móvil, mientras que en el izquierdo se acumularán las positivas creándose una diferencia de potencial entre ambos extremos que hará que comience a circular una corriente por el circuito.

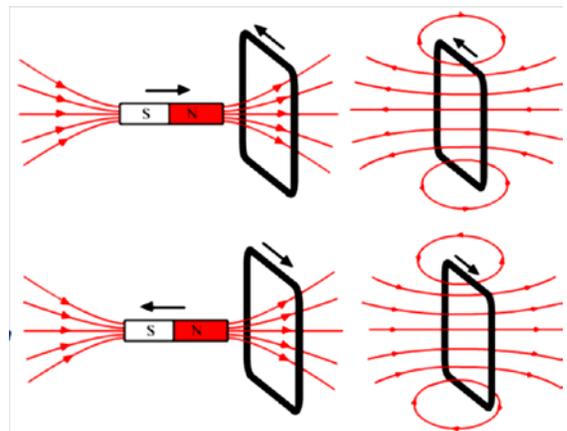
En la experiencia de Henry se induce una corriente de forma un tanto diferente a la de Faraday. Ahora el campo magnético es uniforme y lo que varía es el tamaño de "la espira" que forma el circuito.

Comparando ambas experiencias podemos llegar a la conclusión de que lo que varía en ambas es la cantidad de líneas de campo que atraviesa el circuito en el que se induce la corriente.

LEY DE LENZ

En 1833 Heinrich Lenz (1804-1865) hizo una nueva contribución para la comprensión del fenómeno al descubrir la regla (Ley de Lenz) que permite establecer el sentido de la corriente inducida.

El sentido de la corriente inducida es tal que se opone a la causa que la origina.



En la experiencia de Faraday la causa que produce la corriente inducida cuando se acerca el imán es el aumento de la intensidad del campo magnético.

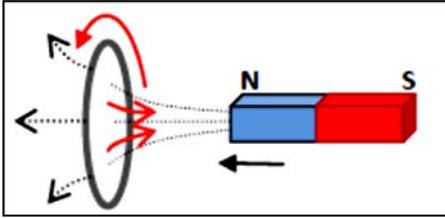
En este caso la corriente inducida es tal que tiende a crear un campo magnético contrario, que hace que disminuya el campo inductor. Cuando alejamos el imán se produce una disminución en la intensidad del campo. La corriente que se induce tiene un sentido tal que origina un campo que refuerza al campo inductor.

La Ley de Lenz puede reformularse, teniendo en cuenta el concepto de flujo, en la forma siguiente:

El sentido de la corriente inducida es tal que siempre se opone a la variación del flujo que la produce.

Esto es:

- Si la corriente se induce debido a un aumento del flujo magnético, el sentido de la corriente será el que genere un campo magnético opuesto al campo inductor (produciendo de esta manera un campo más pequeño y una disminución del flujo). Al acercarse el imán a la espira, aumentará el flujo magnético que atraviesa la espira; por lo tanto la corriente inducida "i" generará líneas que se oponen al aumento.

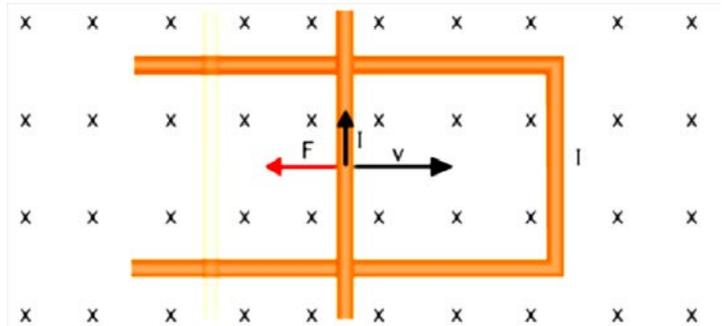


Por lo tanto, el sentido de la corriente inducida "i" es "antihorario"

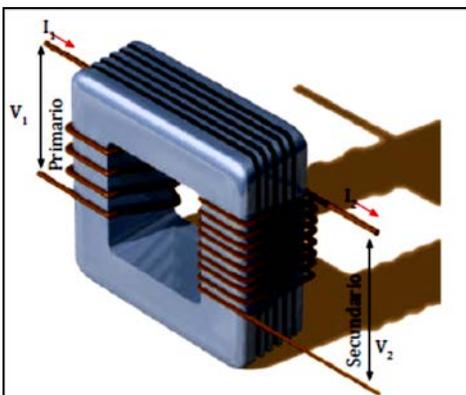
- Si la corriente se induce debido a una disminución del flujo magnético, el sentido de la corriente será el que genere un campo magnético del mismo sentido que el campo inductor (produciendo de esta manera un reforzamiento del campo y un aumento del flujo).

La fuerza electromotriz inducida es igual, y de signo contrario, a la rapidez con que varía el flujo magnético.

En la experiencia de Henry la causa que produce la corriente inducida es el desplazamiento del conductor (hacia la derecha en la figura). En este caso la corriente inducida es tal que el campo magnético ejerce sobre las cargas que circulan por el conductor móvil una fuerza que tiene a dificultar su desplazamiento (hacia la izquierda en la figura)



TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS



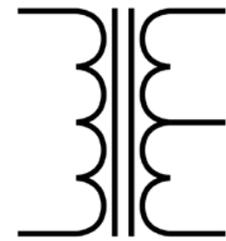
Se

denomina **transformador** a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño y tamaño, entre otros factores.



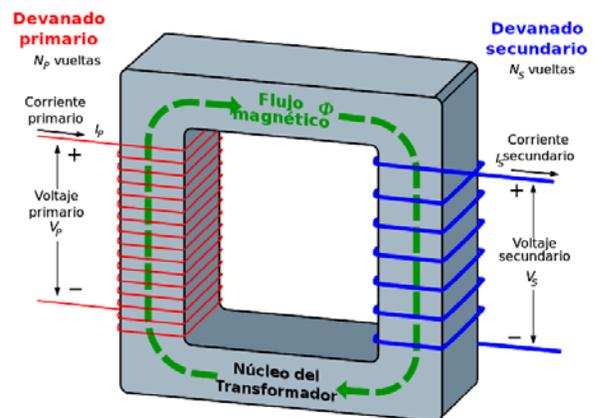
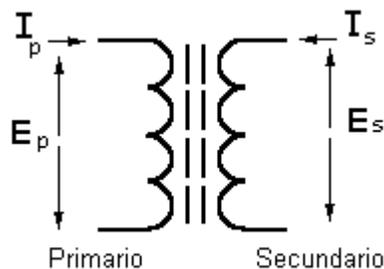
El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética. Está constituido por dos bobinas de material conductor, devanadas sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético, pero aisladas entre sí eléctricamente. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común

que se establece en el núcleo. El núcleo, generalmente, es fabricado bien sea de hierro o de láminas apiladas de acero eléctrico, aleación apropiada para optimizar el flujo magnético. Las bobinas o devanados se denominan primarios y secundarios, según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente. También existen transformadores con más devanados; en este caso, puede existir un devanado "terciario", de menor tensión que el secundario.



Este elemento eléctrico se basa en el fenómeno de la inducción electromagnética, ya que si aplicamos una fuerza electromotriz alterna en el devanado primario, debido a la variación de la intensidad y sentido de la corriente alterna, se produce la inducción de un flujo magnético variable en el núcleo de hierro.

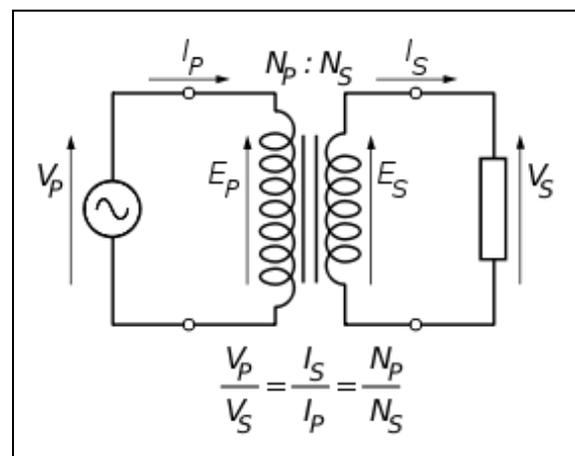
Este flujo originará, por inducción electromagnética, la aparición de una fuerza electromotriz en el devanado secundario. La tensión en el devanado secundario dependerá directamente del número de espiras que tengan los devanados y de la tensión del devanado primario.



La relación de transformación indica el aumento o decremento que sufre el valor de la tensión de salida con respecto a la tensión de entrada, esto quiere decir, la relación entre la tensión de salida y la de entrada.

La relación entre la fuerza electromotriz inductora (V_p), la aplicada al devanado primario y la fuerza electromotriz inducida (V_s), la obtenida en el secundario, es directamente proporcional al número de espiras de los devanados primario (N_p) y secundario (N_s), según la ecuación:

$$\frac{V_p}{N_p} = \frac{V_s}{N_s}$$



La relación entre la corriente en el primario (I_p), la aplicada al devanado primario y la corriente de salida (I_s), la obtenida en el secundario, es inversamente proporcional al número de espiras de los devanados primario (N_p) y secundario (N_s), según la ecuación:

$$I_p \cdot N_p = I_s \cdot N_s$$

Esta particularidad se utiliza en la red de transporte de energía eléctrica: al poder efectuar el transporte a altas tensiones y pequeñas intensidades, se disminuyen las pérdidas por el efecto Joule y se minimiza el costo de los conductores.

Así, si el número de espiras (vueltas) del secundario es 100 veces mayor que el del primario, al aplicar una tensión alterna de 230 voltios en el primario, se obtienen 23000 volt en el secundario (una relación 100 veces superior, como lo es la relación de espiras). A la relación entre el número de vueltas o espiras del primario y las del secundario se le llama *relación de vueltas del transformador* o *relación de transformación*.

Ahora bien, como la potencia eléctrica aplicada en el primario, en caso de un transformador ideal, debe ser igual a la obtenida en el secundario:

$$P_1 = P_2$$

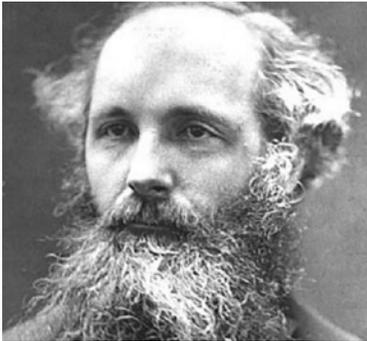
$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

El producto de la diferencia de potencial por la intensidad (potencia) debe ser constante, con lo que en el caso del ejemplo, si la intensidad circulante por el primario es de 10 ampere, la del secundario será de solo 0,1 ampere (una centésima parte).

SÍNTESIS ELECTROMAGNÉTICA

Las investigaciones de Oersted, Ampere y Faraday pusieron de manifiesto la estrecha relación existente entre campos eléctricos y magnéticos. Oersted y Ampere demostraron que una corriente eléctrica crea un campo magnético, y Faraday demostró que un campo magnético variable induce una corriente eléctrica en un circuito.

Hacia 1860, el desarrollo matemático de estas ideas condujo al físico escocés J. C. Maxwell a una descripción unificada de los fenómenos eléctricos, magnéticos y ópticos: la teoría electromagnética.



El trabajo de Maxwell supuso un paso muy importante en la comprensión de los fenómenos electromagnéticos.

Maxwell predijo que un campo eléctrico variable genera un campo magnético y, a su vez, un campo magnético variable genera un campo eléctrico. Postuló que las variaciones de los campos eléctricos y magnéticos se propagan por el espacio en forma de radiaciones electromagnéticas, a una velocidad dada por:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad \text{Donde:}$$

ϵ_0 (constante dieléctrica del vacío) = $8,854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$
 μ_0 (permeabilidad magnética del vacío) = $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m}/\text{A}$

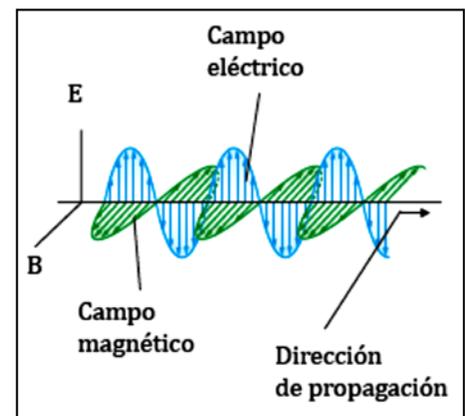
Si se sustituyen estos valores en la expresión dada, se comprueba que $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Esta velocidad es justamente la velocidad de la luz. Maxwell no creyó que esto fuera una coincidencia y, en 1865, sugirió que la luz es una onda electromagnética. Además, afirmó que la luz visible era solo una pequeña parte de todo un espectro de radiaciones electromagnéticas.

Las predicciones teóricas de Maxwell fueron confirmadas en 1887 por el físico alemán H. Hertz, quien demostró experimentalmente que circuitos oscilantes emiten ondas electromagnéticas.

Como vimos en la unidad dedicada a la luz, las ondas electromagnéticas se caracterizan por la frecuencia de oscilación de sus campos eléctrico y magnético. Cuanto más alta es esta frecuencia, más energética es la radiación electromagnética.

El espectro electromagnético está formado por la secuencia de todas las ondas electromagnéticas conocidas, ordenadas según su longitud de onda o su frecuencia.





I. PROBLEMAS DE SELECCIÓN MÚLTIPLE

1. Cuando dividimos un imán en partes muy pequeñas se comprueba que:

- A) Los polos magnéticos se pueden separar
- B) Existe un campo magnético sólo en una de las partes
- C) Todos los trozos obtenidos son imanes independientes
- D) Un imán se puede compactar
- E) Ninguna de las anteriores

2. El espectro del campo magnético producido experimentalmente en el laboratorio muestra que las líneas de fuerza magnética en un imán de barra son:

- A) Trayectorias cerradas que salen del polo norte y entran por el polo sur
- B) Rectas que salen por el polo sur y se dirigen al polo norte
- C) Trayectorias cerradas que salen del polo sur y entran al polo norte
- D) Rectas que salen del polo norte hacia el polo sur
- E) Ninguna de las anteriores

3. Si la intensidad de corriente que circula por una espira circular, se duplica y el radio de la espira es reducido a la mitad. La inducción magnética a en su centro

- A) No varía
- B) Se duplica
- C) Se cuadruplica
- D) Se reduce a la mitad
- E) Se reduce al 25%

4. Respecto a un imán de barra, como el que se muestra en la figura, se afirma que

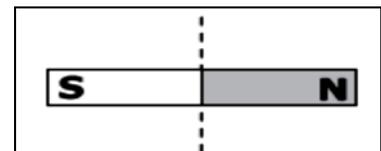
I) al partirlo en dos, repetidas veces, en la dirección indicada por la línea segmentada es posible crear un imán de barra unipolar.

II) el imán está rodeado por un campo magnético.

III) en este tipo de imanes no es posible hacer que pierda sus propiedades magnéticas.

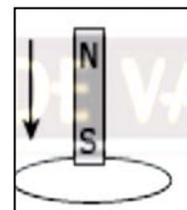
Es (son) verdadera(s)

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



5. Al acercar un imán a una espira, tal como se aprecia en la figura, hará que la espira

- A) lo atraiga hacia ella.
- B) conduzca corriente eléctrica con sentido horario.
- C) cambie la polaridad del imán.
- D) repela al imán una vez que éste haya pasado por la espira.
- E) comience a girar.



6. El campo magnético puede ser representado por líneas de fuerza o líneas de campo, las cuales se caracterizan

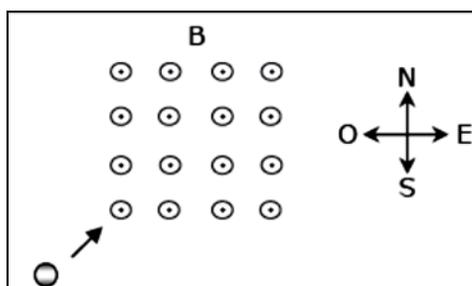
- I) porque salen desde el polo norte magnético y se dirigen al polo sur magnético.
- II) por ser líneas cerradas.
- III) de tal modo que cuando hay una mayor concentración de ellas, indica un campo magnético más intenso.

Es (son) verdadera(s)

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

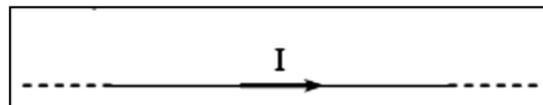
7. Al entrar un electrón, en una región del espacio donde existe un campo magnético, B , tal como se observa en la figura, es correcto afirmar que sobre este electrón el campo ejercerá una fuerza hacia el

- A) norte.
- B) sureste.
- C) este.
- D) noroeste.
- E) oeste.



8. La figura muestra un conductor rectilíneo en posición horizontal, a través de él circula una intensidad de corriente constante, I , hacia la derecha de la página. En base a lo anterior es correcto asegurar que

- A) en este caso no se crea ningún campo magnético.
- B) se crea un campo magnético que tiene el sentido de la corriente eléctrica.
- C) se crea un campo magnético cuyo polo sur está sobre el conductor.
- D) se crea un campo magnético alrededor del conductor y concéntrico quedando el conductor justo en el centro.
- E) se crea un campo magnético uniforme en torno al conductor de modo que a distintas distancias respecto al conductor el campo mide lo mismo.



9. Por una espira circular se establece una corriente eléctrica I , con sentido horario. Al respecto es correcto decir que

- A) al interior del círculo no hay campo magnético.
- B) solo existe un campo magnético fuera del círculo.
- C) solo si varía la intensidad de corriente en la espira se creará un campo magnético.
- D) se crea un campo magnético de tal forma que la cara superior del círculo es un polo sur.
- E) solo si se introduce un imán en la espira aparecerá un campo magnético.



10. La figura muestra un conductor largo y rectilíneo por el cual circula una corriente eléctrica I . Además un campo magnético uniforme se muestra en torno a él, al respecto se afirma que

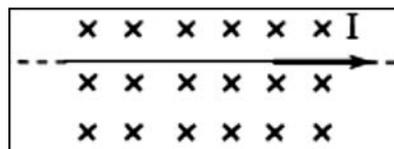
I) el campo que se muestra es creado por la intensidad de corriente que circula por el conductor.

II) al circular una corriente por el conductor hacia la derecha de la página, hará que el campo sea más débil sobre el conductor y más intenso bajo este.

III) al circular una corriente por el conductor hacia la derecha de la página, hará que el campo externo se anule.

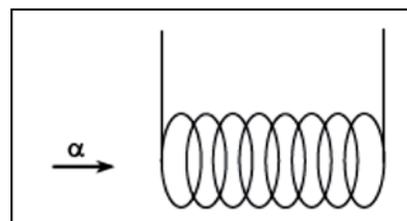
Es (son) verdadera(s)

- A) solo I.
- B) solo II.
- C) solo III.
- D) solo I y II.
- E) solo I y III.



11. Una partícula α es lanzada con velocidad V_0 hacia una bobina, y entra perpendicular justo por el centro de la bobina, como lo muestra la figura. Si el campo B vale 6 [Weber/m²] y la rapidez vale 10 [m/s]. Por lo tanto, ¿cuánto vale la magnitud de la fuerza magnética sobre la carga en movimiento?

- A) Falta conocer el sentido del campo.
- B) Falta conocer el sentido y la dirección del vector B
- C) Cero
- D) $1,9 \times 10^{-17}$ [N]
- E) $1,9 \times 10^{-17}$ [N]



12. La figura muestra un campo magnético uniforme, B , dirigido hacia la derecha, se dirigen a este campo 4 partículas, dos entran paralelas y las otras dos entran perpendicular al campo. Todas viajan con igual rapidez, dos de las partículas son protones q_p y las otras dos son electrones q_e , luego se afirma que

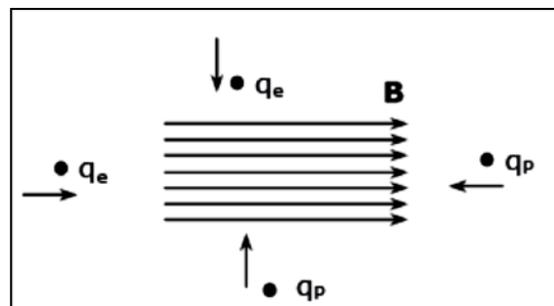
I) al entrar al campo los dos protones tendrán la misma energía cinética.

II) solo uno de los electrones experimentará una fuerza debido al campo magnético.

III) uno de los protones tendrá movimiento rectilíneo uniforme y el otro movimiento circular uniforme.

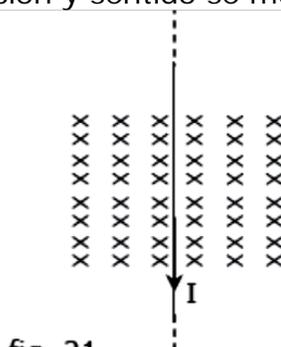
Es (son) verdadera(s)

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



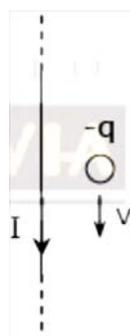
13. Un conductor largo y rectilíneo que transporta una corriente eléctrica I , es colocado en una región donde existe un campo magnético que entra perpendicular al plano de la página, entonces este conductor sentirá una fuerza cuya dirección y sentido se muestra en

- A) \rightarrow
- B) \downarrow
- C) \searrow
- D) \bullet
- E) \otimes



14. Un conductor recto y largo, lleva una corriente uniforme I . Cerca de él viaja una carga $-q$ con velocidad v paralela al hilo conductor, como lo muestra la figura, ¿cuál es la dirección y el sentido que, aproximadamente, tiene la fuerza magnética sobre la carga?

- A) \rightarrow
- B) \uparrow
- C) \leftarrow
- D) \downarrow
- E) \nearrow



15. La inducción magnética en el centro de una espira circular de radio " R " cm, es " B " si el radio aumenta en 1 cm la inducción aumenta en un 50% luego

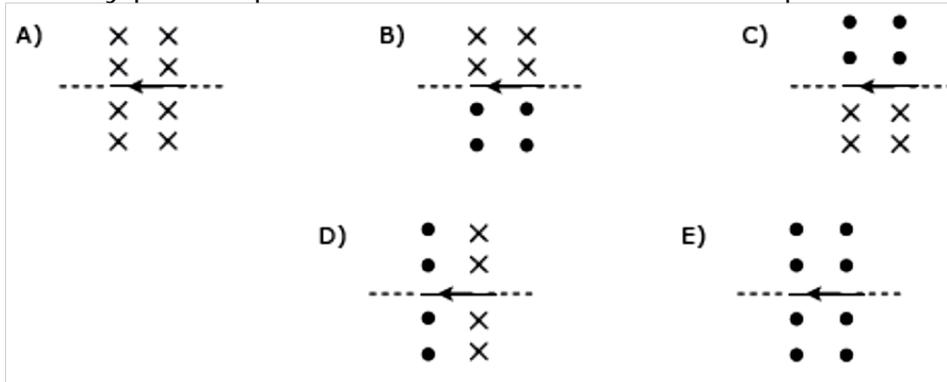
- A) $R=0,5$ cm
- B) $R=1$ cm
- C) $R=1,5$ cm
- D) $R=2$ cm
- E) $R=2,5$ cm

16. Dos conductores paralelos y rectilíneos P y Q, tienen dirección perpendicular a la página. En P la corriente eléctrica entra y en Q sale. Es correcto asegurar que el conductor Q siente una fuerza, debido al campo magnético creado por P, cuya dirección y sentido se muestra en

- A) \downarrow
- B) \leftarrow
- C) \uparrow
- D) \rightarrow
- E) no siente fuerza ya que el campo es nulo.



17. Por un conductor rectilíneo, contenido en el plano de esta página, circula una corriente eléctrica con sentido hacia la izquierda de la página. ¿En cuál de las configuraciones de cruces y puntos que rodean al conductor está bien representado el campo magnético?

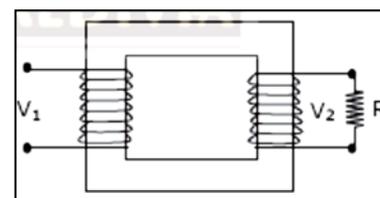


18. Una espira rectangular está entrando en una región donde existe un campo magnético uniforme. El campo es perpendicular al plano de esta página y está entrando en ella. La fuerza resultante sobre la espira, es hacia



19. La figura representa un transformador, que en el primario tiene 1.000 vueltas de espira y en el secundario tiene 500 vueltas. Si en el primario se le aplican 220 V, entonces la intensidad de corriente eléctrica que circula por la resistencia eléctrica R, cuyo valor es de 22 ohm debe ser

- A) 1 A
- B) 2 A
- C) 3 A
- D) 4 A
- E) 5 A



20. Un transformador de 550 W funciona a 110 V. La razón entre el número de espiras entre el primario y el secundario es $N_P / N_S = 5/1$. Considerando que no hay pérdidas de energía, ¿cuál es el valor aproximado de la intensidad en el secundario?

- A) 5,0 A
- B) 15,0 A
- C) 25,0 A
- D) 50,0 A
- E) 100,0 A

21. Una carga "q" es impulsada con una velocidad "V" en el interior de un campo magnético de inducción "B". Si la velocidad es paralela al campo. La fuerza que experimenta la carga es

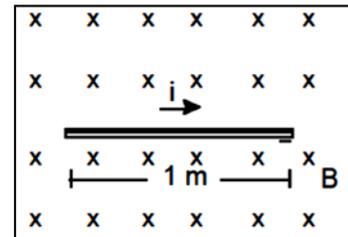
- A) cero
- B) qVB
- C) $-qVB$
- D) qB/V
- E) qV/B

22. Un solenoide de 10 cm de longitud al paso de una corriente de 5 A genera un campo magnético de $4\pi \cdot 10^{-4}$ T en su centro. Calcular el número de espiras del solenoide

- A) 10
- B) 20
- C) 100
- D) 50
- E) 200

23. Para el alambre mostrado, determinar la magnitud de la fuerza que experimenta el alambre, si $i=50$ A y la intensidad del campo uniforme de $B=0,2$ T.

- A) 10 N
- B) 15 N
- C) 20 N
- D) 30 N
- E) 25 N

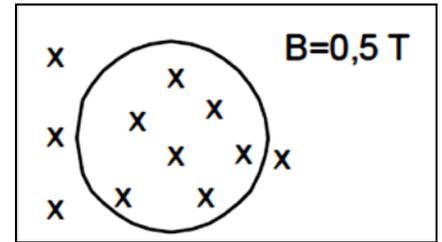


24. Una carga eléctrica q ingresa a un campo magnético uniforme B con una velocidad de $6 \cdot 10^9$ m/s actuando sobre ella una fuerza magnética F_1 , luego vuelve a ingresar otra carga idéntica al campo en la misma dirección con una velocidad de $18 \cdot 10^9$ m/s actuando en ella una fuerza F_2 . Determinar la relación de las fuerzas F_1 y F_2 .

- A) $1/3$
- B) $1/2$
- C) $2/3$
- D) $4/5$
- E) $1/8$

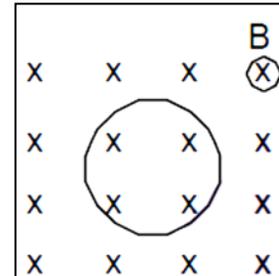
25. Hallar el flujo que atraviesa la espira de 7 cm de radio si el campo magnético es constante y de intensidad 0,5 T ($n = 22/7$)

- A) 0,5 Wb
- B) 0,0077 Wb
- C) 3,1 Wb
- D) 1 Wb
- E) 3 Wb



26. En la figura mostrada se tiene un campo magnético B que aumenta al transcurrir el tiempo. Luego se puede afirmar que:

- A) La corriente inducida es en sentido horario
- B) La corriente inducida es en sentido antihorario
- C) No hay corriente inducida
- D) Depende del valor de B para que exista corriente inducida
- E) No se sabe



27. Un conductor recto de 3 m experimenta una fuerza magnética de 0,9 N por acción de un campo magnético perpendicular y uniforme de 0.08 T cuando por él circula una corriente de

- A) 1,50 A
- B) 2,50 A
- C) 3,25 A
- D) 3,75 A
- E) 6,50 A

28. Una partícula cargada eléctricamente penetra en un campo magnético creado por un enorme imán. El ángulo que forman el campo magnético y la fuerza máxima de Lorentz

- A) siempre es 0° .
- B) es 0° solo si la partícula es positiva.
- C) depende de la velocidad de la partícula.
- D) es 0° solo si la partícula es negativa.
- E) siempre es 90° .

29. "Siempre que una corriente eléctrica circula por un conductor, se produce a su alrededor un campo magnético perpendicular al conductor". Esto lo descubrió:

- A) Ampere
- B) Faraday
- C) Oersted
- D) Lenz
- E) Ninguna de las anteriores

30. Se tiene dos espiras **A** y **B** del mismo material, en que el diámetro de A es mayor que el de B para la misma extensión de las espiras. Al circular la misma intensidad de corriente, se puede afirmar que:

- I. A producirá un mayor campo magnético.
- II. B producirá un mayor campo magnético.
- III. no habrá diferencia.

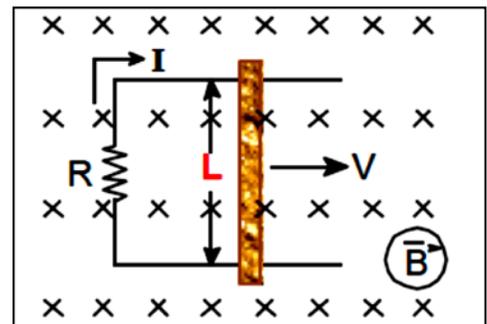
- A) solo I.
- B) solo II.
- C) solo III.
- D) solo I y II.
- E) solo I y III.

31. Un alambre recto conduce una corriente eléctrica en sentido sur-norte. Una brújula se encuentra encima del conductor. La brújula apunta hacia él:

- A) Norte
- B) sur
- C) Este
- D) Oeste
- E) Noreste

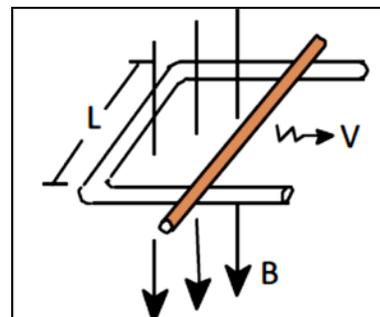
32. En el siguiente circuito se tiene que: $R=6\text{ ohm}$; $L=1,2\text{ m}$ y un campo magnético $B=2,5\text{ T}$. Si la corriente $I=0,5\text{ A}$, la velocidad "V" de la barra es

- A) 1 m/s
- B) 1,5 m/s
- C) 0,75 m/s
- D) 0,5 m/s
- E) 1,2 m/s



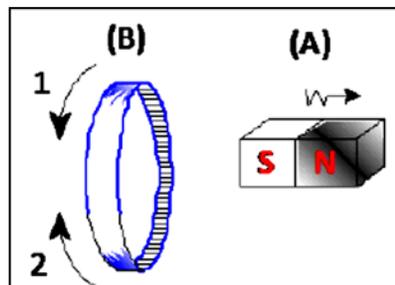
33. Determinar la f.e.m inducida, cuando la varilla de longitud "L" que se desplaza con velocidad "V" ($V=10\text{ m/s}$; $B=5\text{ T}$; $L=50\text{ cm}$)

- A) 2 500 V
- B) 250 V
- C) 500 V
- D) 50 V
- E) 25 V B V L



34. En la figura: "A" es un imán, "B" una espira. Si el imán se está alejando de la espira según la Ley de Inducción podemos afirmar que:

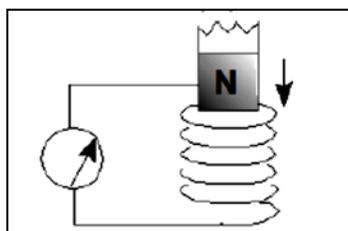
- A) No existe corriente inducida
- B) El sentido de la corriente inducida es según (1)
- C) El sentido de la corriente inducida, es según (2)
- D) Se induce una fuerza de repulsión sobre el imán
- E) Se induce una corriente en el imán



35. De la figura mostrada, indicar si las afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F)

- I. Mientras el imán permanece quieto dentro de la bobina hay corriente en ella
- II. La corriente inducida en la bobina es inversamente proporcional a la velocidad del imán
- III. La corriente inducida en la bobina es directamente proporcional al número de espiras en la bobina.

- A) FFF
- B) FFV
- C) VVF
- D) VVV
- E) VFV



36. El flujo magnético de una bobina cambia uniformemente desde el valor de 0 hasta 0,6 weber en 0,5 segundos. La magnitud de la fuerza electromotriz inducida es

- A) 0,03 V
- B) 0,3 V
- C) 1,2 V
- D) 0,12 V
- E) 0,14 V

37. Una bobina de 75 espiras tarda 0,20 s en pasar entre los polos de un imán desde un lugar en que el flujo magnético es de $41 \cdot 10^{-5}$ Weber a otro en el que éste vale $11 \cdot 10^{-5}$ Weber. Determine el valor medio de la fem inducida

- A) 0,225 V
- B) 0,125 V
- C) 1,225 V
- D) 2,25 V
- E) 0,25 V

38. Un transformador tiene 100 espiras en el primario y 1000 espiras en el secundario. El voltaje del primario es 220 V. ¿Cuál será el voltaje en el secundario?

- A) 2 200 V
- B) 22 000 V
- C) 220 000 V
- D) 11 000 V
- E) 22 V

39. En un transformador, elevador de voltaje, en el primario existen 100 espiras y en el secundario 150 espiras. Si la tensión en el primario del transformador es de 220 V, calcular el voltaje en el secundario

- A) 330 V
- B) 110 V
- C) 165 V
- D) 270 V
- E) 300 V

40. Una partícula de carga negativa y de masa despreciable se desplaza horizontalmente hacia la derecha, de pronto comienza a describir una trayectoria circular hacia abajo, como indica la figura. Se puede afirmar que esto se debe a la acción de

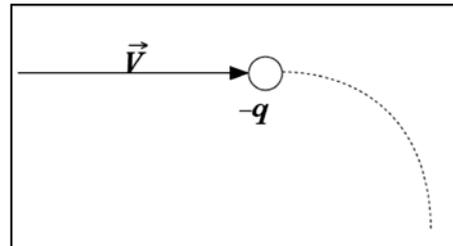
I) un campo magnético hacia fuera del plano de esta página.

II) un campo magnético hacia dentro del plano de esta página.

III) una fuerza magnética variable en módulo.

Es (son) correcta(s)

- A) solo I.
- B) solo II.
- C) solo III.
- D) solo I y III.
- E) solo II y III.



esta

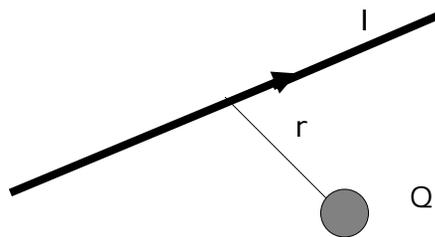
41. Un conductor recto de 3 m experimenta una fuerza magnética de 0,9 N por acción de un campo magnético perpendicular y uniforme de 300 G cuando por él circula una corriente de

- A) 0,1 A
- B) 0,9 A
- C) 1,0 A
- D) 9,0 A
- E) 10,0 A

42. Hallar la inducción magnética en un punto situado a 10 cm de un conductor rectilíneo por el cual circula 5 amperes

- A) 10^2 T
- B) 10^{-3} T
- C) 10^5 T
- D) 10^{-5} T
- E) 10^{-2} T

43. Por un conductor recto circula una corriente eléctrica de intensidad I . La distancia del conductor al punto Q es r , y la intensidad del campo magnético en Q es B .



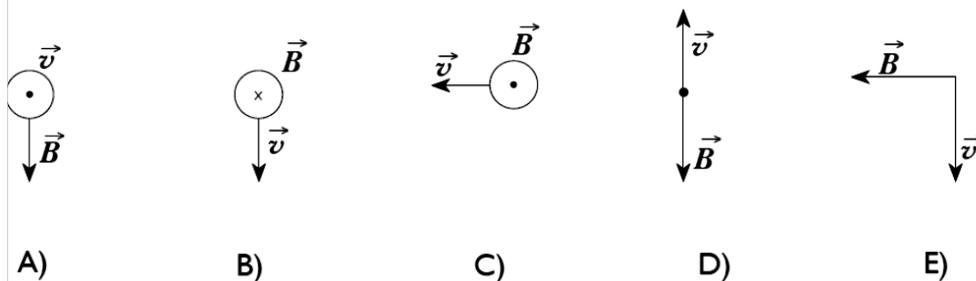
Si la intensidad de la corriente aumenta a $2I$, y la distancia del conductor al punto Q disminuye a $\frac{r}{2}$ entonces la intensidad del campo magnético en el punto Q es:

- A) $\frac{B}{4}$
- B) $\frac{B}{2}$
- C) B
- D) $2B$
- E) $4B$

44. Por un conductor horizontal de un metro de largo circulan 25 A hacia la derecha. Un segundo conductor, también horizontal se encuentra suspendido a 20 cm debajo de él debido a la acción de la fuerza magnética de $0,05\text{ N}$ entre ellos. Entonces la magnitud y sentido de la corriente eléctrica en el segundo cable es

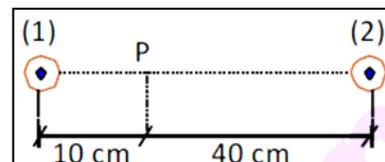
- A) $2 \cdot 10^3\text{ A}$ hacia la izquierda.
- B) $4 \cdot 10^3\text{ A}$ hacia la izquierda.
- C) $2 \cdot 10^3\text{ A}$ hacia la derecha.
- D) $4 \cdot 10^3\text{ A}$ hacia la derecha.
- E) $8 \cdot 10^3\text{ A}$ hacia la derecha.

45. Las figuras muestran una carga positiva viajando a velocidad v sometida a la acción de un campo magnético B . ¿En qué caso la fuerza magnética es nula?



46. Dos alambres de longitud infinita están tal como se muestra. Por "1" pasan 2A y por "2" pasan 5A. Hallar la inducción magnética resultante en "P"

- A) 10^{-7} T
- B) $3 \cdot 10^{-7}$ T
- C) $5 \cdot 10^{-7}$ T
- D) $7 \cdot 10^{-7}$ T
- E) $9 \cdot 10^{-7}$ T



47. Una partícula cargada eléctricamente y en reposo en una región donde exista un campo magnético y un campo eléctrico:

- A) Manifiesta el efecto de una fuerza magnética
- B) Modifica el campo magnético
- C) Manifiesta el efecto de una fuerza eléctrica
- D) Permanece inalterable
- E) Ninguna de las anteriores

48. Se tienen dos conductores paralelos de largo L y separados a una distancia r , por los cuales circulan corrientes iguales en módulo y sentido. Si en uno de ellos duplicamos el módulo de la corriente y mantenemos su sentido, la longitud del conductor y su separación, entonces, la fuerza magnética

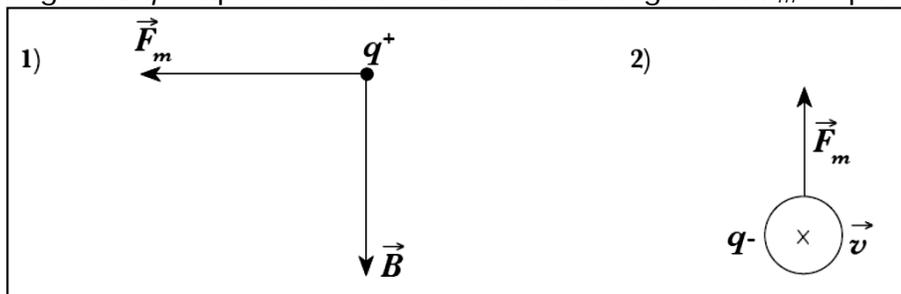
- I) se duplica.
 - II) es repulsiva entre ellos.
 - III) es atractiva entre ellos.
- Es (son) correcta(s)

- A) solo I.
- B) solo II.
- C) solo III.
- D) solo I y II.
- E) solo I y III.

49. Un conductor con corriente eléctrica en posición perpendicular a un campo magnético, experimentará una fuerza:

- A) Paralela al campo magnético
- B) Inversamente proporcional a la intensidad de corriente
- C) Inversamente proporcional a la inducción magnética
- D) Perpendicular al campo magnético
- E) Ninguna de las anteriores

50. Para la acción de un campo magnético B sobre una partícula de carga positiva q^+ y otra negativa q^- experimentando una fuerza magnética F_m se puede afirmar que



- I) en 1 la velocidad de la partícula es hacia fuera de la página.
- II) en 2 el campo magnético apunta hacia la derecha.
- III) en ambos casos la velocidad apunta hacia dentro de la página.

Es (son) correcta(s)

- A) solo I.
- B) solo II.
- C) solo III.
- D) solo I y II.
- E) solo II y III.

51. La fuerza entre dos conductores paralelos con corriente eléctrica separados un metro y con una intensidad de corriente constante, disminuye cuando:

- A) Aumenta su separación
- B) Se cambia el sentido de la corriente eléctrica
- C) Se usan conductores de grueso calibre
- D) Disminuye su separación
- E) Ninguna de las anteriores

52. El experimento de Oersted demostró que:

- A) No hay relación entre el magnetismo y la electricidad
- B) El campo magnético es producido por imanes
- C) El campo magnético desaparece con la corriente
- D) La circulación de corriente produce un campo magnético
- E) Ninguna de las anteriores

53. La unidad correspondiente a la densidad de flujo magnético en el sistema internacional es:

- A) Maxwell
- B) Weber
- C) Ampere
- D) Tesla
- E) Newton

54. Las unidades equivalentes para el tesla son:

- A) Wb/ m
- B) Wb m
- C) Wb/ m²
- D) Wb m²
- E) Ninguna de las anteriores

55. La facilidad que presentan los materiales para permitir el paso de las líneas de un campo magnético se llama:

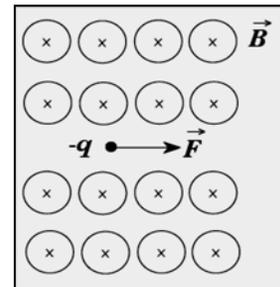
- A) Permeabilidad magnética
- B) Permeabilidad del vacío
- C) Permeabilidad relativa
- D) Permeabilidad específica
- E) Ninguna de las anteriores

56.- Si a 10^{-7} m de un conductor rectilíneo se percibe un campo magnético de 3 G, ¿cuál es la intensidad de corriente que circula por dicho conductor?

- A) $1,5 \cdot 10^{-4}$ A
- B) $3 \cdot 10^{-4}$ A
- C) $5 \cdot 10^{-4}$ A
- D) $6 \cdot 10^{-4}$ A
- E) $15 \cdot 10^{-4}$ A

57. Una carga negativa q^- ingresa a un campo magnético como muestra la figura. Si la fuerza magnética es máxima, la carga describirá una trayectoria

- A) circular en sentido de las manecillas del reloj.
- B) lineal.
- C) circular en sentido contrario a las manecillas del reloj.
- D) hacia arriba.
- E) hacia abajo.



58. En una espira, se tiene que el flujo magnético es ϕ , producto de un campo magnético B , actuando perpendicularmente sobre un área A . Si se triplica el campo magnético y el área disminuye en un tercio, entonces, el flujo magnético

- A) se mantiene.
- B) disminuye a la mitad.
- C) se triplica.
- D) se duplica.
- E) disminuye en un tercio.

59. Cierta transformador de televisión reduce corriente alterna de 220 V a 12 V. Si la bobina secundaria contiene 30 vueltas, ¿cuál será el número de vueltas de la bobina primaria?

- A) 150
- B) 350
- C) 550
- D) 650
- E) 700

60. Una espira cuadrada de 10 cm de lado está orientada originalmente de manera perpendicular a un campo magnético de 1,5 T. Si se gira de modo que su plano quede paralelo a la dirección del flujo en un tiempo de 0,25 s, ¿cuál será la fem inducida en la espira?

- A) 6 mV
- B) 12 mV
- C) 30 mV
- D) 60 mV
- E) 120 mV

61. Se inserta un imán en una bobina con N espiras, induciendo un voltaje V . Se vuelve a insertar el imán, pero ahora se duplica el número de espiras, entonces, el voltaje

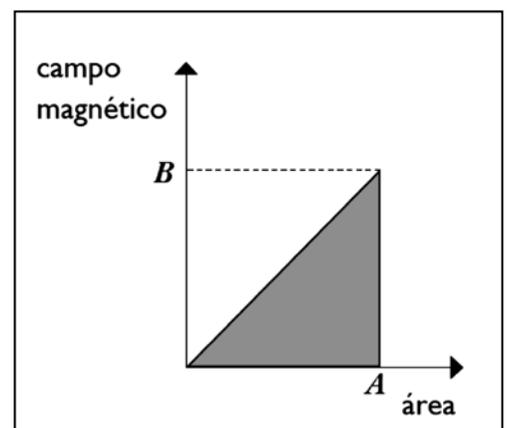
- A) disminuye a la mitad.
- B) se mantiene.
- C) se duplica.
- D) se cuadruplica.
- E) se triplica.

62. En un transformador, la bobina primaria recibe un voltaje igual a 3V [volt], teniendo N vueltas. Si se sabe que la bobina secundaria tiene $12N$ vueltas, ¿cuánto voltaje entrega la bobina secundaria?

- A) V volt
- B) 3V volt
- C) 6V volt
- D) 12V volt
- E) 36V volt

63. El gráfico muestra la magnitud de un campo magnético versus el área perpendicular que éste atravesó. Luego, su flujo fue

- A) $A \cdot B$
- B) $2 A \cdot B$
- C) $4 A \cdot B$
- D) $A \cdot B/4$
- E) $A \cdot B/2$



64. Se tienen los siguientes casos de flujo magnético ϕ :

I) El vector campo magnético de un imán atraviesa una espira formando un ángulo de 90° con el vector normal a la superficie de la espira.

II) La espira gira formando un ángulo de 0° entre el vector campo magnético y el vector normal a la superficie de la espira.

III) La espira vuelve a girar formando un ángulo de 45° entre el vector campo magnético y el vector normal a la superficie de la espira.

De los casos anteriores, ¿cuál es el orden correcto de mayor a menor flujo magnético?

- A) $\phi_I > \phi_{II} > \phi_{III}$
- B) $\phi_I > \phi_{III} > \phi_{II}$
- C) $\phi_{II} > \phi_{III} > \phi_I$
- D) $\phi_{II} > \phi_I > \phi_{III}$
- E) $\phi_{III} > \phi_{II} > \phi_I$

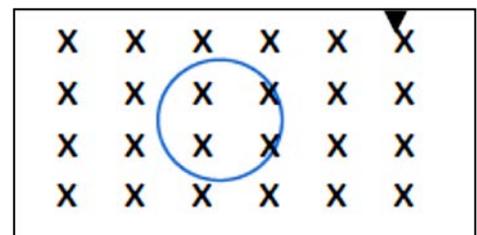
65. Al acercar el polo norte del imán a una espira se produce una variación de flujo magnético igual a 5 Wb en $0,1$ segundo. ¿Cuál es el valor de la f.e.m. inducida?

- A) $0,1$ volt
- B) $2,5$ volt
- C) $5,0$ volt
- D) $10,0$ volt
- E) $50,0$ volt

66. Respecto a la pregunta anterior, si se cuadruplica el número de espiras, la f.e.m. inducida será

- A) $0,1$ volt
- B) $2,5$ volt
- C) $50,0$ volt
- D) $100,0$ volt
- E) $200,0$ volt

67. Un anillo conductor se encuentra en una zona donde se aplica un campo magnético B uniforme en la dirección que se indica en la figura. Indique la veracidad (V) o falsedad (F) de las siguientes afirmaciones.



- Si B aumenta en el tiempo se induce una corriente en el anillo en sentido antihorario.
- Si B disminuye en el tiempo, se induce una corriente en el anillo en sentido horario.
- Si B invierte rápidamente su sentido, se induce una corriente en el anillo en sentido horario.

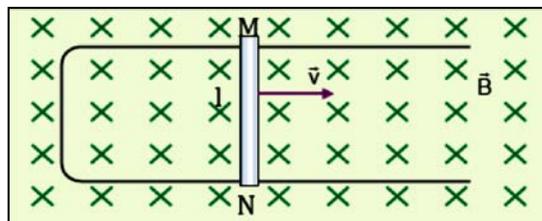
- A) FFV
- B) VVF
- C) VVV
- D) FFF
- E) FVF

II. PROBLEMAS DE DESARROLLO

1. Sobre el circuito de la figura actúa un campo magnético uniforme de 0,4 T, perpendicular al plano del circuito y hacia el interior del papel. La barra M N tiene una longitud de 1 m, una resistencia de 15Ω y se desplaza con una velocidad de 2 m/s perpendicular a su eje.

Determinar:

a. la fem inducida

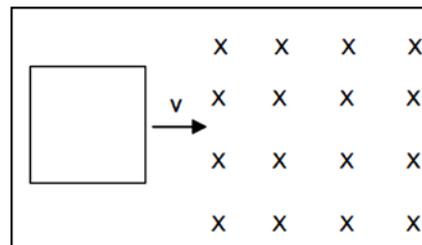


b. el sentido y la intensidad de la corriente inducida

c. la fuerza que actúa sobre la barra.

2. Una espira cuadrada se desplaza hacia una zona donde hay un campo magnético uniforme perpendicular al plano de la espira (ver figura). ¿Cuál será el sentido de la corriente inducida en la espira:

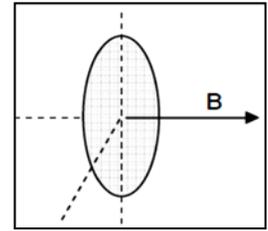
a) Si entra en la zona donde está el campo magnético.



b) Si sale de la zona donde está el campo magnético

3. Un anillo conductor se coloca perpendicularmente a un campo magnético uniforme B ¿En qué caso será mayor la fuerza electromotriz inducida en el anillo?

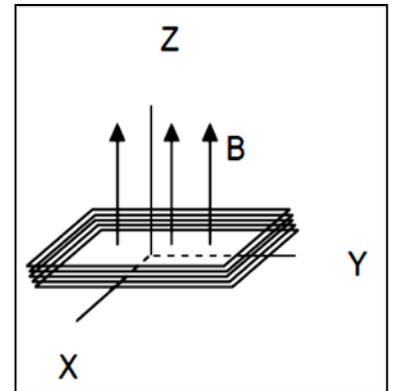
a) Si B disminuye linealmente con el tiempo pasando de $0,5 \text{ T}$ a 0 T en 1 ms



b) Si B aumenta linealmente con el tiempo pasando de $1,0 \text{ T}$ a $1,2 \text{ T}$ en 1 ms

4. Una bobina cuadrada y plana ($S= 25 \text{ cm}^2$) consta de cinco espiras y se encuentra situada en el plano XY (ver figura)

a) Calcular la f.e.m. inducida si se aplica un campo magnético en la dirección del eje Z que varía desde $0,5 \text{ T}$ a $0,2 \text{ T}$ en $0,1 \text{ s}$.

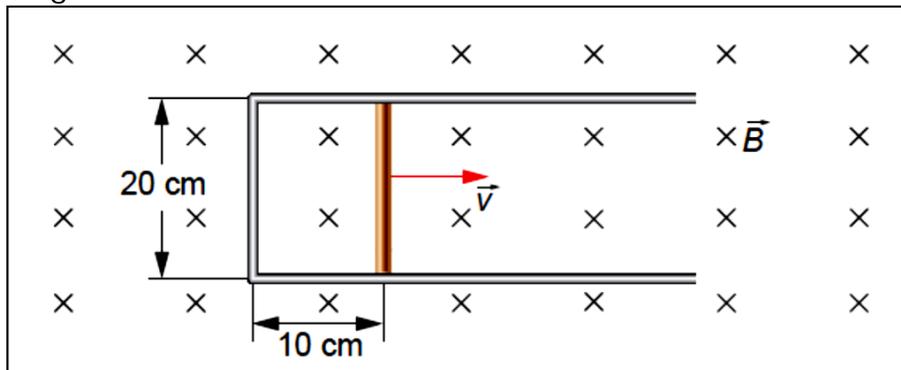


b) Calcular la f.e.m. media inducida si el campo tiene ahora un valor constante de $0,5 \text{ T}$ y la bobina gira hasta colocarse en el plano XZ en $0,1 \text{ s}$.

5. Alrededor de una barra de hierro se arrollan dos bobinas con distinto número de espiras. Una de ellas se conecta a un generador de corriente alterna de 24 V y la otra se conecta a una bombilla, actuando el dispositivo como si fuese un transformador.

La bombilla se ilumina correctamente cuando la d.d.p. entre sus bornes es 12 V , consumiendo, en ese caso, 24 W . Suponiendo que el transformador formado por las bobinas y la barra de hierro es 100% eficiente, calcular la intensidad de corriente que circula.

6. Una espira rectangular posee un lado móvil que se desplaza en el seno de un campo magnético uniforme de 5 T con una velocidad constante de $5 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$:



Calcular:

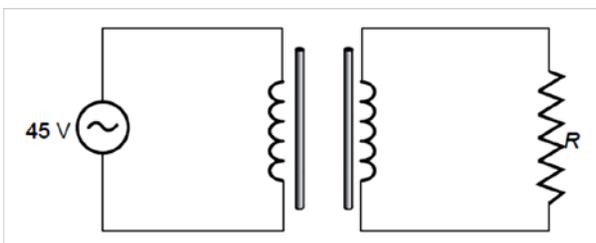
- La f.e.m. inducida en la espira en función del tiempo.
- La intensidad que recorre la espira si su resistencia eléctrica es de $0,5 \Omega$.
- La fuerza que debemos ejercer sobre el lado móvil de la espira para mantener constante la velocidad con que esta se mueve.
- Señala el sentido de la corriente inducida.

7. En la actividad anterior se mide la intensidad de corriente que circula por el generador y se obtiene un valor de $1,5 \text{ A}$. Calcular la potencia eléctrica que se pierde en el proceso de transformación. Señalar algún argumento que explique la forma en que se pierde energía en el transformador.

8. Disponemos de una barra de acero y un rollo de hilo de cobre. Indica cómo puedes construir un transformador cuya relación de transformación sea 5.

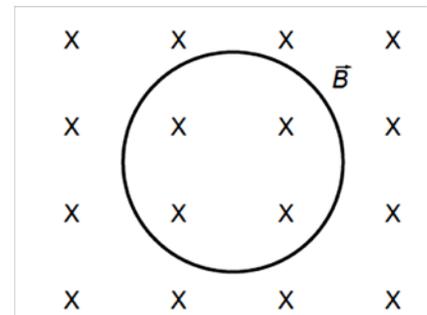
9. Un transformador tiene 120 vueltas en el primario y 40 vueltas en el secundario. El secundario está conectado a una resistencia de 10 ohm y la d.d.p. aplicada en el primario es 45 V, siendo la corriente alterna.

Despreciando las pérdidas energéticas que se producen en el transformador, calcular la intensidad de corriente que circulará por el secundario.



10. Razonar qué sentido tendrá la corriente inducida en una espira cuando:

a) Acercamos al plano de la espira el polo norte de un imán.



b) El plano de la espira se aleja del polo norte de un imán.

11. Una corriente eléctrica que circula por un hilo crea un campo magnético. Un campo magnético, ¿crea siempre una corriente eléctrica en un hilo que lo atraviesa? Razona la respuesta.

12. Consideramos una espira conductora, cuadrada y horizontal, de 10 m de lado. Un campo magnético uniforme, de 10^{-7} T, atraviesa la espira de abajo hacia arriba formando un ángulo de 30° con la vertical ascendente. A continuación, invertimos el sentido de este campo, empleando 0,1 s en tal proceso.

Calcular:

a) El flujo magnético del campo inicial.

b) La fuerza electromotriz inducida generada por la inversión.

13. Una bobina cuadrada, plana, con 100 espiras, de lado $L = 5$ cm, está situada en el plano XY. Si aplicamos un campo magnético dirigido a lo largo del eje Z que varía entre 0,5 T y 0,2 T en el intervalo de 0,1 s:

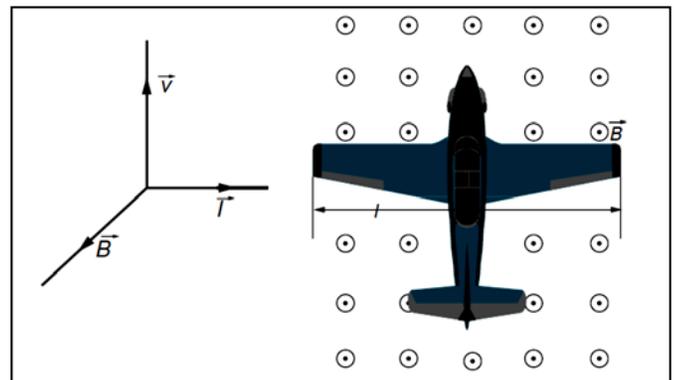
a) ¿Qué fuerza electromotriz (f.e.m.) se inducirá en la bobina?

b) Si ahora el campo permanece constante de valor 0,5 T y la bobina gira en 1 segundo hasta colocarse sobre el plano XZ, ¿cuál será la f.e.m. inducida en este caso?

c) Si en el caso anterior la bobina se desplaza a lo largo del eje Z sin girar, ¿cuál será la f.e.m. inducida?

14. Un avión vuela horizontalmente a 200 m/s en una región donde la componente vertical del campo magnético terrestre tiene una intensidad de $36 \mu\text{T}$.

En esas condiciones, la f.e.m. inducida entre los extremos de las alas del avión es 0,20 V. Con esos datos, calcular la distancia que separa los extremos de las alas del avión.

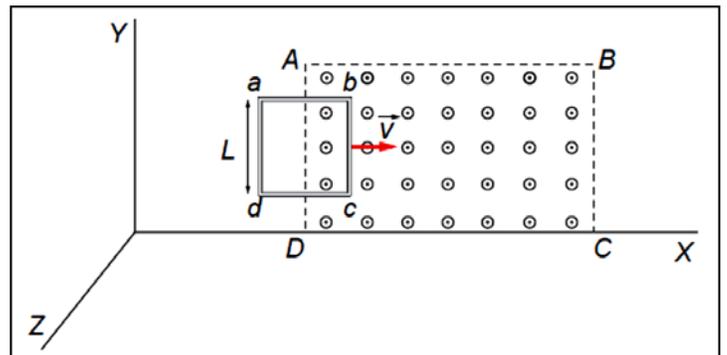


15. Los rieles de una vía férrea están separados un metro y se encuentran aislados eléctricamente uno del otro. Un tren, que pasa sobre los rieles a 100 km/h, establece una conexión eléctrica entre ellos. Si el campo magnético terrestre tiene una componente vertical de 0,20 gauss, calcular la d.d.p. que existe entre las ruedas del tren que conectan los dos rieles.

16. Una espira cuadrada de lado $L = 10\text{ cm}$ designada en la figura por los vértices $abcd$ se introduce a velocidad constante, $v = 1\text{ m/s}$ en una zona del espacio ($ABCD$ en la figura), donde existe un campo magnético uniforme dirigido a lo largo del eje Z y de valor $B = 0,25\text{ T}$.

Si en el instante inicial, $t = 0$, el lado bc de la espira coincide con AD :

a) ¿Cuánto valdrá el flujo magnético que atraviesa la espira en un tiempo t , en el que la espira ha penetrado horizontalmente en $ABCD$ una distancia $x = 3\text{ cm}$?



b) ¿Cuánto valdrá la f.e.m. inducida?

c) ¿Cuál será el sentido de la corriente inducida?

17. ¿Qué campo magnético, de los tres que se representan en las figuras, deberemos aplicar a una espira cuadrada que descansa en el plano XY , para que se induzca en esta una f.e.m. constante?

¿Qué sentido tendrá la corriente inducida en la espira?

El campo magnético está dirigido a lo largo del eje OZ .

