

BLOQUE 2.2 CAMPO MAGNÉTICO

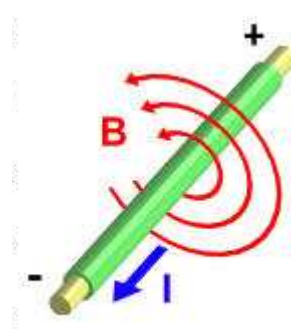


1- MAGNETISMO

Los imanes tienen propiedades sorprendentes. Si acercas dos imanes uno al otro se pegan repentinamente. Si das la vuelta a uno de ellos se repelen. Un imán se pega a la puerta de un frigorífico, pero no a una sartén de aluminio. Hay imanes de muchas formas y tamaños, y son muy utilizados como juguetes, se utilizan como brújulas y son componentes fundamentales de los motores y generadores eléctricos. El magnetismo es muy común en todo lo que ves, porque es un componente esencial de la propia luz.

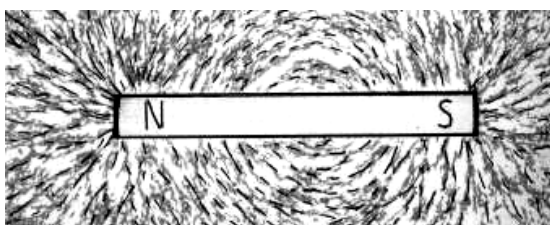
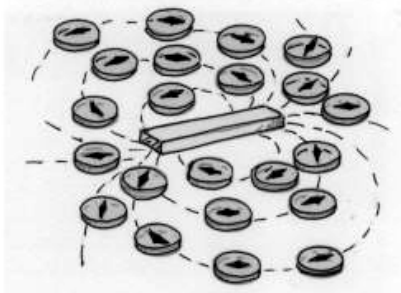
El término magnetismo proviene de ciertas rocas llamadas piedra imán que se encontraron hace más de 2000 años en la región de Magnesia en Grecia. Ahora sabemos que las piedras imán contienen un mineral de hierro al que se le ha dado el nombre de magnetita.

Hasta principios del siglo XIX se pensó que el magnetismo era independiente de la electricidad. Esto cambió en 1820 cuando Christian Oersted descubrió que existía una relación entre ambos fenómenos mientras hacía una demostración de las corrientes eléctricas a un grupo de estudiantes. Al hacer pasar una corriente eléctrica a través de un alambre que estaba cerca de una brújula observaron que se desviaba la aguja de la misma. Esta observación constituyó el eslabón que otros investigadores habían buscado sin éxito. A éste siguieron muy pronto otros descubrimientos.



Al igual que los fenómenos eléctricos pueden estudiarse introduciendo el concepto de campo eléctrico, los fenómenos magnéticos pueden, a su vez, ser estudiados si definimos un campo magnético. De la misma forma que una carga eléctrica crea un campo eléctrico, un imán o una corriente eléctrica crean un campo

magnético en todo el espacio. La presencia de éste puede detectarse colocando en un punto del mismo una aguja imantada. Se observará como la aguja gira y tiende a alinearse en una dirección determinada en el espacio, la dirección del campo magnético. Así, colocando la aguja en distintas posiciones podemos encontrar la dirección del mismo. Otra manera de detectar su presencia es utilizando limaduras de hierro. El



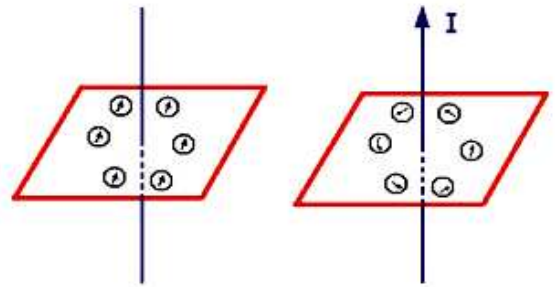
hierro y otros pocos materiales tienen la propiedad de convertirse en imanes en presencia de un imán permanente de manera que estas limaduras se alinearán en la dirección del campo magnético.

2- ¿QUIÉN PUEDE GENERAR UN CAMPO MAGNÉTICO ?

Un campo magnético puede visualizarse mediante líneas de campo magnéticas que son líneas continuas que nos indican en cada punto del espacio la dirección del campo y cuya densidad (número de líneas por unidad de área), es proporcional a la intensidad del campo. La forma de estas líneas dependerá de cual sea la fuente creadora del campo magnético. El vector Intensidad de campo magnético se representa con la letra \vec{B}

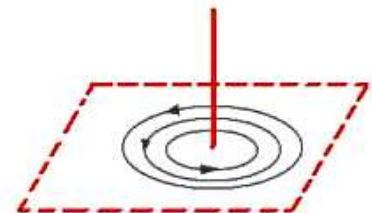
2.1 CORRIENTES ELÉCTRICAS Y CAMPOS MAGNÉTICOS

Una carga eléctrica en movimiento produce un campo magnético. Por lo tanto, muchas cargas eléctricas en movimiento (una corriente eléctrica) también producen un campo magnético. Se puede demostrar la existencia de un campo magnético en torno a un conductor que transporta corriente, colocando un conjunto de brújulas alrededor de él. Observaremos que, cuando no hay corriente en el alambre, las agujas de las brújulas se alinean con el campo magnético terrestre. Cuando se hace pasar corriente a través del alambre, las agujas se alinearán con el campo magnético que genera la corriente y que forma círculos concéntricos alrededor del mismo. Éste es el efecto que Oersted demostró por primera vez ante sus alumnos.



Si colocamos limaduras de hierro alrededor del alambre observaremos que las líneas de campo son círculos concéntricos, es decir, las líneas se cierran sobre sí mismas.

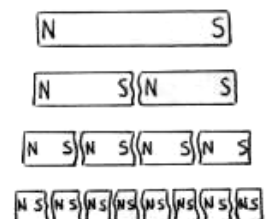
Esta característica es general independientemente de la distribución de corriente y es debido a la no existencia de "cargas magnéticas puntuales" (monopolos magnéticos). Por tanto, las líneas son siempre cerradas.



2.2 CAMPOS MAGNÉTICOS CREADOS POR IMANES

POLOS MAGNÉTICOS

✓ Los imanes se parecen a las cargas eléctricas en cuanto pueden atraer y repeler sin tocarse, según sean los extremos de los imanes que se aproximen. Además la intensidad de su interacción depende de la distancia que los separa. Mientras que las cargas eléctricas producen fuerzas eléctricas, ciertas regiones llamadas polos magnéticos producen fuerzas magnéticas

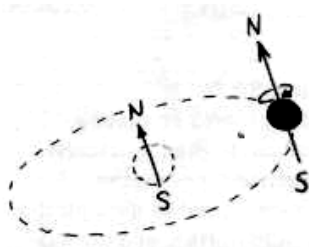


- ✓ Todo imán tiene un polo norte y un polo sur. El imán en herradura no es más que un imán de barra doblado, de modo que sus polos también están en los extremos. El extremo que apunta hacia el norte se llama polo buscador del norte y el que apunta hacia el sur, polo buscados del sur, pero se acostumbra a llamarlos, polo norte y polo sur.
- ✓ Los polos semejantes se repelen y los polos opuestos se atraen

Mientras que las cargas se pueden aislar, no sucede lo mismo con los polos magnéticos. Un polo norte magnético no puede existir sin la presencia de un polo sur, son como las caras de una misma moneda de manera que si partimos un imán de barra por la mitad, cada uno de los fragmentos se comportará como un

imán completo. **NATURALEZA DEL CAMPO MAGNÉTICO CREADO POR UN IMÁN**

Hemos visto que las cargas eléctricas en movimiento son las que producen los campos magnéticos. Entonces, **¿dónde está el movimiento de las cargas en un imán de barra común?**



Aunque un imán en conjunto puede estar inmóvil, está formado por átomos cuyos electrones se mueven constantemente alrededor de los núcleos atómicos. Esta carga en movimiento constituye una pequeña corriente y genera un campo magnético. Pero además, los electrones giran en torno a sus propios ejes como trompos, y este movimiento genera otro campo magnético, que en general, es más intenso que el anterior. Por tanto, todo electrón en movimiento es imán diminuto. Cuando dos electrones giran en el mismo sentido, constituyen un imán más potente. En cambio, si giran en sentidos opuestos los campos magnéticos se anulan.

En casi todos los átomos, los diversos campos se anulan unos a otros porque los electrones giran en sentidos opuestos. En ciertos materiales como el hierro, el níquel y el cobalto los campos no se cancelan del todo. Por tanto, cada átomo de hierro es un imán diminuto. Lo mismo ocurre, en menor grado con el níquel y el cobalto. Cuando a un trozo de alguno de estos materiales le acercamos un imán sucede lo siguiente:

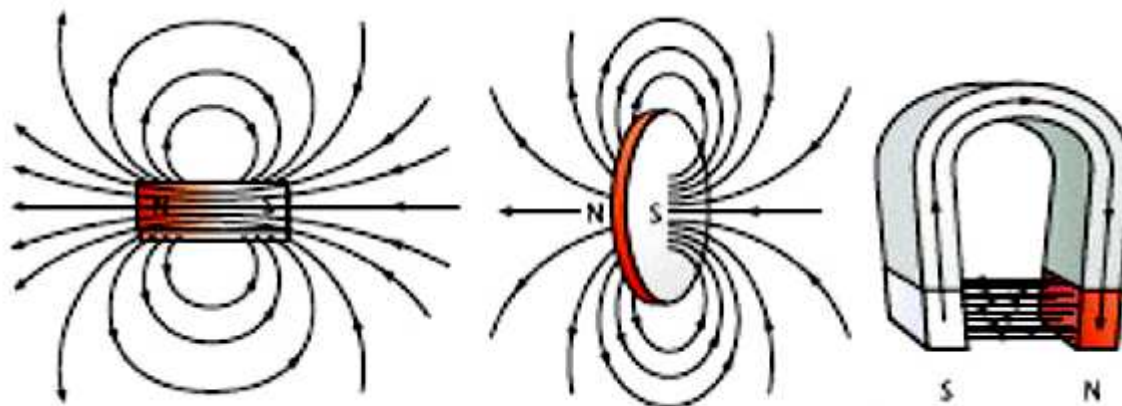


1. En un cristal de hierro existen pequeñas zonas formadas por miles de millones de átomos alineados. Estas zonas se llaman dominios magnéticos y están completamente magnetizados.
2. En un trozo de hierro común los dominios están orientados al azar
3. Cuando lo acercamos a un imán potente los dominios se alinean originando otro imán que interaccionará con el primero. Por eso las limaduras de hierro se alinean en presencia de un imán o una corriente.

¿CÓMO SE FABRICA UN IMÁN PERMANENTE?

Los imanes permanentes se fabrican colocando hierro o aleaciones que contienen hierro, cobalto, níquel y aluminio en diversas proporciones cerca de campos magnéticos muy intensos. Si calentamos un imán permanente los dominios pierden su alineación y el imán se debilita.

LÍNEAS DE CAMPO (IMANES)



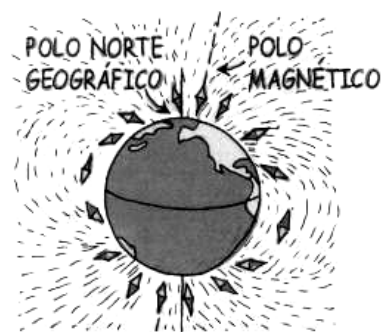
En el caso de los imanes las limaduras de hierro se alinean entre los polos del imán y aparentemente las líneas van de un polo a otro del imán (desde el polo norte al sur) de forma análoga a como se estableció el campo eléctrico en el que iban de la carga positiva a la negativa.

En un imán, las líneas se cerrarán en su interior, aunque aparentemente parecen ir del polo norte al sur.

2.3 EL CAMPO MAGNÉTICO DE LA TIERRA

Una brújula apunta hacia el norte porque la Tierra misma es un enorme imán. La brújula se alinea con el campo magnético terrestre, sin embargo, los polos magnéticos terrestres no coinciden con los polos geográficos, por esto las brújulas no apuntan al norte verdadero.

No se sabe a ciencia cierta por qué la Tierra es un imán ya que aunque la composición del interior es parecida a la de un potente imán de barra, nuestro planeta está demasiado caliente como para que los átomos estén alineados. Una posible explicación son las corrientes de convección que se generan en el interior fundido (magma). La combinación de las corrientes de convección con los efectos de la rotación terrestre son posiblemente los responsables de este fenómeno. De todas formas son necesarios más estudios para una explicación más firme.



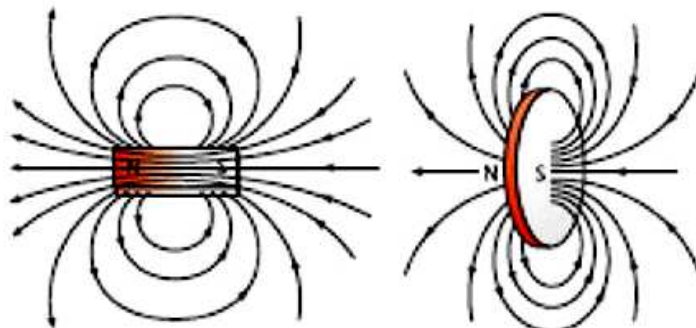
3- INTENSIDAD DEL CAMPO MAGNÉTICO

3.1 CAMPO MAGNÉTICO CREADO POR IMANES

✓ Las líneas de campo que surgen en los imanes son siempre líneas de campo cerradas que parecen ir del polo norte al polo sur.

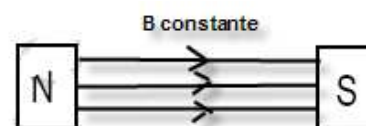
✓ La intensidad del campo creado por un imán no es constante en el espacio. En las proximidades de los polos, las líneas están más próximas entre sí y por lo tanto, el campo será más intenso que en las zonas más alejadas.

✓ Además, con el paso del tiempo, la intensidad del campo se va debilitando puesto que los dominios van perdiendo su alineación, del mismo modo, si calentamos un imán permanente los dominios también pierden su alineación y el imán se debilita.



Si quisiéramos obtener un CAMPO MAGNÉTICO UNIFORME en una determinada región del espacio, podemos conseguirlo de dos formas:

1. Enfrentando el polo norte y el polo sur de dos imanes iguales. En la región del espacio situada entre ellos el campo magnético es uniforme.

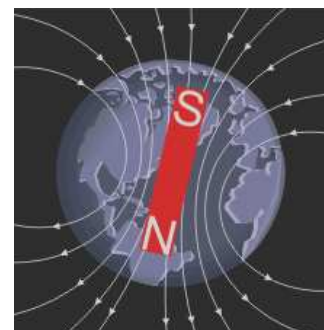


2. En un imán en herradura, la zona intermedia es también una zona de campo magnético constante.



3.2 CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE

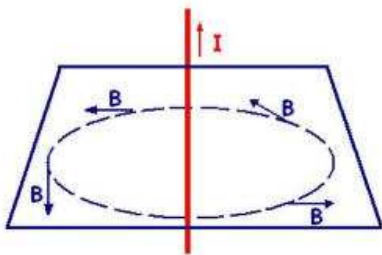
El *campo magnético* de la Tierra ha variado en el curso de las eras geológicas según se ha comprobado por análisis de los estratos al considerar que los átomos de hierro contenidos tienden a alinearse con el campo magnético terrestre. Estas mediciones demuestran que ha habido épocas en que el campo magnético terrestre se ha reducido a cero para luego invertirse. La inversión más reciente sucedió hace 700.000 años. No se puede predecir cuándo ocurrirá la siguiente porque la secuencia no es regular. Ciertas mediciones recientes muestran una reducción del 5% en la intensidad del campo magnético en los últimos 100 años. Si se mantiene este ritmo el campo volverá a invertirse dentro de unos 2.002 años.



3.3 CAMPO MAGNÉTICO CREADO POR CORRIENTES ELÉCTRICAS

A) CONDUCTOR RECTILÍNEO

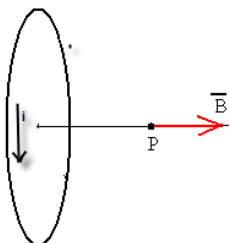
El campo magnético creado por una corriente rectilínea tiene las siguientes características:



1. Las líneas de campo son círculos concéntricos situados en planos perpendiculares al hilo conductor.
2. La dirección de campo en cada punto es perpendicular al plano que contiene al hilo conductor y al punto y el sentido lo encontramos aplicando la regla de la mano derecha. Si sujetamos al hilo conductor con la mano derecha de manera que el pulgar apunte en el sentido de la corriente, los demás dedos curvados nos dan el sentido del campo magnético

3. El módulo del campo en cada punto vendrá dado por:
$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r} \quad (\text{Teslas})$$
 donde **I** es la intensidad de la corriente que circula por el hilo, medida en **Amperios**, **r** es la distancia en metros medida desde el hilo conductor al punto en el que queremos determinar el campo, y μ_0 es una constante que indica la mayor o menor facilidad de un medio para transmitir la interacción magnética.

B) CONDUCTOR CIRCULAR

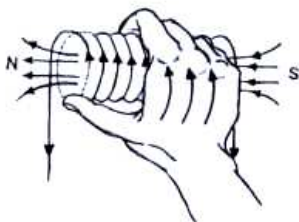


1. La dirección y el sentido del campo magnético en su interior, dependerá del sentido de circulación de la corriente y se obtiene aplicando la regla de la mano derecha. Colocamos todos los dedos de la mano excepto el pulgar en el sentido de la corriente y la dirección del pulgar nos indica la dirección y el sentido del campo.

2. En el centro de la espira:
$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot r}$$
 (donde **r** es el radio de la espira)

C) SOLENOIDE O BOBINA

Un solenoide está formado por una serie de espiras iguales colocadas paralelamente unas a otras y por tanto, por ellas circulará la misma corriente y en el mismo sentido.



1. Un solenoide se comporta como un imán ya que posee un polo norte en uno de sus extremos y un polo sur en el otro. Para saber en qué extremo está el norte se aplica se coge el solenoide con la mano derecha, de modo que los dedos indiquen el sentido de la corriente y el dedo pulgar señalará el polo norte del imán.
2. El campo magnético en el interior del solenoide viene dado por:
$$B = \mu_0 \cdot I \cdot \frac{N}{L}$$
 , siendo **N** el número de espiras, **I** la intensidad de la corriente en Amperios y **L** la longitud del solenoide

Tal y como hemos visto, existen muchos tipos de campos magnéticos según quién los genere. Cada uno de ellos tendrá unas líneas de campo o fuerza determinadas y una intensidad diferente aunque existen características comunes entre todos ellos:

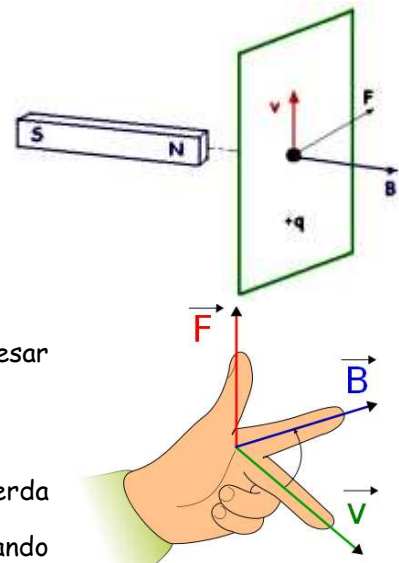
1. LOS CAMPOS MAGNÉTICOS SE PRODUCEN SIEMPRE POR CARGAS ELÉCTRICAS EN MOVIMIENTO
2. LAS LÍNEAS DE CAMPO SON SIEMPRE CERRADAS AUNQUE EN EL CASO DE LOS CAMPOS CREADOS POR IMANES PARECEN IR DESDE EL POLO NORTE AL SUR
3. EL CAMPO MAGNÉTICO NO ES CONSERVATIVO, A DIFERENCIA DEL CAMPO ELÉCTRICO Y EL GRAVITATORIO
4. LA INTENSIDAD DEL CAMPO MAGNÉTICO SE MIDE EN TESLAS (T)

4.- EFECTOS DEL CAMPO MAGNÉTICO SOBRE CARGAS EN MOVIMIENTO

FUERZA MAGNÉTICA SOBRE UNA CARGA ELÉCTRICA

Los experimentos demuestran que una carga eléctrica en el seno de un campo magnético se ve sometida a una fuerza: es decir, es acelerada por el campo. Vamos a considerar un campo magnético creado por el imán y una partícula con carga eléctrica que se mueve con velocidad v . Realizando distintos experimentos con diferentes cargas variando la dirección del movimiento y la intensidad del campo (acercando o alejando el imán), se obtienen las siguientes conclusiones:

1. La fuerza experimentada por la partícula es proporcional a la carga q y la intensidad del campo.
2. Si la velocidad es perpendicular al campo, la fuerza es proporcional al módulo de v , pero si es paralela es nula.
3. Además, la fuerza es perpendicular a la dirección de B y de v .
4. Todas estas condiciones anteriores se pueden expresar matemáticamente como:
$$\vec{F} = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$
5. El sentido de la fuerza nos la indica la regla de la mano izquierda (dedo índice marcando la dirección del campo, dedo corazón indicando la velocidad y el pulgar señalará la dirección de la fuerza).



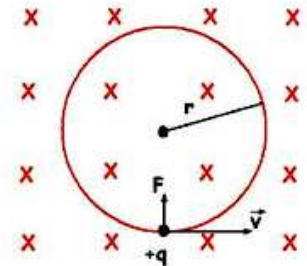
IMPORTANTE: la regla de la mano izquierda es válida para partículas con carga positiva, con carga negativa se hace igual pero se considera que la dirección de la fuerza experimentada por la partícula es justo la opuesta a la obtenida con esta regla

6. Por consiguiente, la dirección de la fuerza es perpendicular al plano definido por los vectores, y su módulo viene dado por $F = q \cdot v \cdot B \cdot \text{sen} \alpha$ donde α es el ángulo formado por v y B . Es siempre perpendicular a la velocidad de la partícula. Por tanto no realiza trabajo sobre ella lo que implica que su E_c es constante y por tanto el módulo de su velocidad permanece constante.

¿CÓMO ES EL MOVIMIENTO DE LA CARGA EN EL SENO DE UN CAMPO MAGNÉTICO?

1º Cuando una partícula penetra en una región del espacio y su vector velocidad es paralelo al campo magnético, no experimentará ninguna fuerza y continuará con movimiento rectilíneo uniforme

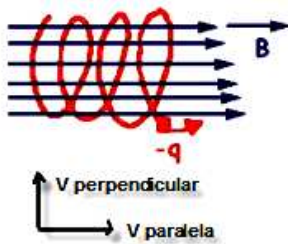
2º Si la partícula posee una velocidad perpendicular a un campo magnético uniforme, se moverá describiendo una órbita circular. La fuerza magnética proporciona la fuerza centrípeta necesaria para describir un movimiento circular de radio r:



$$F_{MAGNETICA} = F_{NORMAL}$$

$$q \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{r} \Rightarrow r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$$

3º Cuando una partícula penetra en un campo magnético uniforme y su velocidad no es perpendicular a \vec{B} , la velocidad se descompondrá en dos componentes: V_{\perp} y V_{\parallel} . La fuerza ejercida por el campo debido a cada una de ellas será:



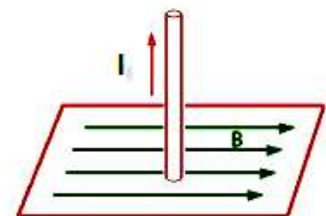
$$|\vec{F}_{\parallel}| = q \cdot (\vec{V}_{\parallel} \times \vec{B}) = 0 \rightarrow \text{movimiento en línea recta}$$

$$|\vec{F}_{\perp}| = q \cdot (\vec{V}_{\perp} \times \vec{B}) = q \cdot v_{\perp} \cdot B \rightarrow \text{movimiento circular}$$

En la dirección perpendicular al campo, la partícula se acelera $a = \frac{q \cdot v_{\perp} \cdot B}{m}$ produciendo en la partícula una trayectoria en forma de hélice con su eje paralelo al campo.

4.2 FUERZA SOBRE UNA CORRIENTE ELÉCTRICA

Puesto que una corriente eléctrica no es más que un conjunto de cargas que se mueven. La fuerza experimentada por el conductor cuando se encuentra inmerso en un campo magnético será la suma de todas las fuerzas que experimentan cada una de las cargas que circulan por el mismo.



El valor depende de la geometría del conductor y del campo magnético. Para un conductor rectilíneo de longitud infinita:

$$\vec{F} = I \cdot (\vec{L} \times \vec{B})$$

Donde I es la intensidad de la corriente que circula y L la longitud del conductor

4.3 FUERZA DE LORENTZ

Experimentalmente también se encuentra que una carga sometida a un campo magnético y un campo eléctrico simultáneamente responde de forma independiente a ambos. De esta manera, la fuerza que experimenta una carga q que se mueve con velocidad \vec{v} en el seno de un campo eléctrico \vec{E} y magnético \vec{B} es conocida como FUERZA DE LORENTZ y viene dada por:

$$\vec{F} = \vec{F}_{ELECTRICA} + \vec{F}_{MAGNETICA}$$

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E} + q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$

$$\vec{F} = q \cdot \left[\vec{E} + (\vec{v} \times \vec{B}) \right]$$

5. - FUERZA ENTRE CORRIENTES

Estudiaremos el caso de dos conductores rectilíneos por los que circulan unas corrientes I_1 y I_2 respectivamente. Vamos a suponer que la distancia R entre los conductores es lo suficientemente pequeña con respecto a su longitud, como para considerar que los conductores son infinitos.

Llamaremos \vec{B}_2 al campo magnético creado por la corriente I_2 que circula por el conductor y vendrá dado

por $B_2 = \frac{\mu_0 \cdot I_2}{2 \cdot \pi \cdot R}$. La fuerza que este campo ejerce sobre un hilo conductor de longitud L del conductor

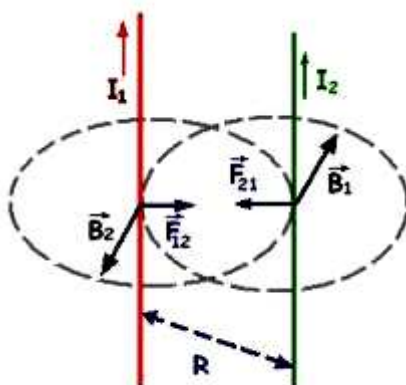
por el que circula la corriente I_1 será: $F_{12} = I_1 \cdot L \cdot B_2 \Rightarrow F_{12} = \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2}{2 \cdot \pi \cdot R} \cdot L$

Procediendo de forma análoga podemos encontrar que la fuerza que ejerce el campo magnético creado por

I_1 también sobre conductor de longitud L por el que pasa la corriente I_2 también viene dada por la expresión anterior pero con dirección opuesta.

Luego la fuerza de atracción que experimenta un trozo de longitud L de cualquiera de los dos conductores debido al campo magnético creado por el otro será:

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



Si los sentidos de las corrientes fueran opuestas, entonces las fuerzas entre los conductores serían repulsivas.

6- APLICACIONES A DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS

6.1 SELECTOR DE VELOCIDADES

La fuerza que experimenta una partícula cargada en el seno de una región del espacio en la que existe un campo eléctrico y un campo magnético viene dada por la fuerza de Lorentz.

$$\vec{F} = q \cdot \left[\vec{E} + (\vec{v} \times \vec{B}) \right]$$

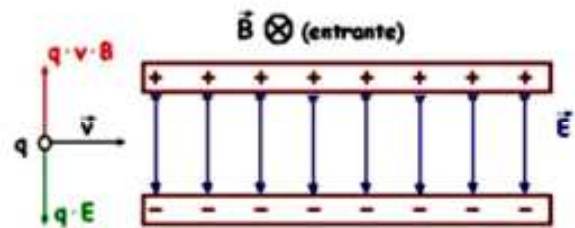
Esta fuerza neta sobre la partícula cargada será cero si ambos campos son iguales y de sentidos opuestos; es decir $\vec{E} = -(\vec{v} \times \vec{B})$. Por tanto, para que esto suceda han de ser perpendiculares entre sí y \vec{v} también ha de ser perpendicular a \vec{E} . En la siguiente figura se muestra una configuración de este tipo denominada de campos cruzados.

✓ Si una partícula q de carga positiva incide en esta región, las fuerzas eléctricas y magnéticas tienen sentidos contrarios.

✓ El módulo de ambas será igual siempre que la velocidad de la partícula sea $v = \frac{E}{B}$. En consecuencia, cualquier

partícula con esta velocidad atravesará la región de

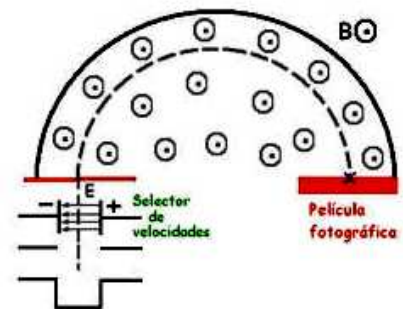
los campos eléctricos y magnéticos sin desviarse independientemente de su masa y su carga. Por esta razón a un dispositivo de campos cruzados se le denomina selector de velocidades.



Las partículas con velocidad inferior, se desviarán en la dirección del campo eléctrico y las partículas con velocidades mayores lo harán en la dirección contraria.

6.2 ESPECTRÓMETRO DE MASAS

Es un dispositivo que sirve para detectar la existencia de isótopos y medir sus masas. Para analizar cualquier elemento, en primer lugar se ioniza de manera que los átomos adquieran una carga neta y por tanto puedan desviarse al atravesar una región de campo eléctrico o magnético. Una vez ionizados se hacen pasar a través de un selector de velocidades. Aquellos con velocidad adecuada pasarán por una rendija que da acceso a una región en donde existe un campo magnético uniforme (en la figura perpendicular al papel y hacia afuera). En esta región, los iones describirán trayectorias



circulares, cuyo radio dependerá de su masa y será igual a $R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$. Por tanto, los iones de igual carga y

distinta masa (isótopos) golpearán sobre una placa fotográfica, situada a tal efecto en distintas posiciones

y podremos averiguar su masa empleando la fórmula: $m = \frac{q \cdot R \cdot B}{v}$

PROBLEMAS

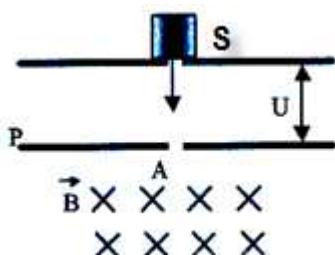
1. Una carga $q=30 \text{ m C}$, penetra en una zona de campo magnético constante, cuya intensidad es $B=0,05 \text{ T}$, con una velocidad de 4000 m/s que forma un ángulo de 30° con el campo:
 - a. Calcular la fuerza que actúa sobre la carga y la trayectoria que seguirá
 - b. La misma carga que antes, y con la misma velocidad, incide ahora perpendicularmente al campo B. calcular el campo eléctrico necesario para que la fuerza total sobre la carga sea nula (representa gráficamente los vectores \vec{E} \vec{B} \vec{v} \vec{F}_e \vec{F}_m)

2. Un electrón se acelera desde el reposo mediante una diferencia de potencial de 1000 V . Después se introduce en una región del espacio con un campo magnético uniforme B de dirección perpendicular a la velocidad del electrón y de módulo $0,5 \text{ T}$. Calcular:
 - a. La velocidad que adquiere el electrón
 - b. El radio de la trayectoria que describe

Datos: carga del electrón $e=-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$; masa del electrón $m_e=9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

3. Dos hilos paralelos muy largos con corrientes eléctricas I e I' estacionarias y de sentidos contrarios situados a una distancia r: a) Se atraen entre sí; b) Se repelen entre sí; c) No interaccionan

4. Una fuente puntual de iones positivos emite un haz muy fino de partículas de masa m_1 y m_2 y cargas q_1 y q_2 , respectivamente, con velocidad inicial despreciable. Dichas partículas se acelerarán por medio de una diferencia de potencial U hacia el orificio A de una placa P (ver figura). Una vez atraviesan A, se encuentran un campo magnético perpendicular al plano del papel que desvía su trayectoria.

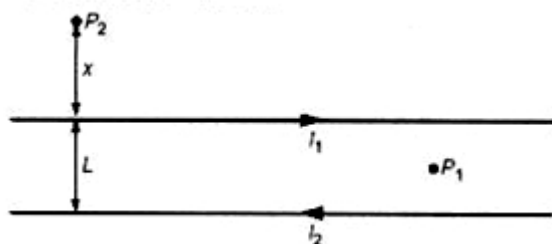


- a. ¿Dónde será el potencial eléctrico mayor, a la salida de la fuente S o a la altura del orificio A?
- b. ¿Qué velocidad tendrá cada tipo de partículas al alcanzar el orificio A?
- c. Describe analíticamente la trayectoria que describirán los dos tipos de partículas una vez atravesado el orificio A

Datos: $B=0,2 \text{ T}$, $m_1=3,2 \times 10^{-25} \text{ kg}$, $m_2=3,232 \times 10^{-25} \text{ kg}$, $q_1=q_2=1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$, $U=2000 \text{ V}$

5. Se dispone de un hilo recto recorrido por una corriente eléctrica I. Una carga eléctrica +q próxima al hilo moviéndose paralelamente a él y en el mismo sentido de la corriente: a) será atraída; b) será repelida; c) no experimentará ninguna fuerza. **Razona la respuesta**

6. Por dos largos conductores paralelos y rectilíneos, separados una distancia $L=0,5 \text{ m}$, circula una corriente $I_1=2 \text{ A}$ e $I_2=4 \text{ A}$ en sentidos opuestos:



- a. Calcula el campo magnético (módulo, dirección y sentido) en un punto como el P_1 , equidistante de ambos conductores y situado en su mismo plano.
- b. Considera un punto P_2 , donde el campo magnético total es nulo. Razona por qué este punto ha de estar encima de ambas corrientes y en su mismo plano, como se

indica en la figura.

- c. Calcula la distancia x de P_2 a I_1 .

7. Un protón y una partícula alfa, previamente acelerados desde el reposo mediante diferencias de potencial distintas, penetran en una zona del espacio donde existe un campo magnético uniforme B perpendicular a sus velocidades. Ambas describen trayectorias circulares del mismo radio. Sabiendo que la velocidad que alcanza el protón es de $v_p=10^7$ m/s, se pide:

- Cociente entre las velocidades $\left(\frac{v_\alpha}{v_p}\right)$ de las partículas
- Diferencia de potencial con la que se ha acelerado cada una de las partículas

Datos: $q_p=1,6 \times 10^{-19}$ C, $q_\alpha=2q_p$, $m_p=1,67 \times 10^{-27}$ kg, $m_\alpha=6,65 \times 10^{-27}$ kg

8. Un electrón con velocidad de 10^4 m/s en el sentido positivo del eje X penetra en una región en la que existe un campo magnético de 0,5 T en el sentido positivo del eje Z. Calcular:

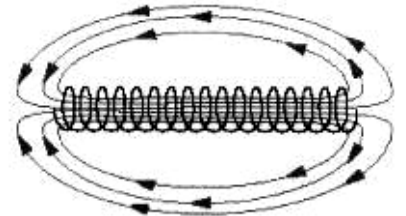
- La diferencia ddp necesaria para que el electrón adquiriera la Energía cinética inicial
- Campo eléctrico que hay que aplicar para que el electrón mantenga rectilínea su trayectoria

Datos: carga del electrón $e=-1,6 \times 10^{-19}$ C; masa del electrón $m_e=9,1 \times 10^{-31}$ kg

9. Una carga positiva de 5mC se mueve con una velocidad dada por la expresión $\vec{v} = 5\vec{i} - 5\vec{k}$ en el interior de un campo magnético $B = \vec{i} + 2\vec{j} - \vec{k}$. Deducir la fuerza que actúa sobre dicha carga.

10. Un solenoide está construido enrollando uniformemente 600 vueltas de un fino hilo conductor sobre un cilindro hueco de 30 cm. de longitud. Por el bobinado se hace circular una corriente $I= 2$ A. Se pide:

- Calcular el campo magnético en el interior del solenoide y representa gráficamente, de forma aproximada, las líneas de campo magnético dentro y fuera del solenoide
- Una partícula cargada entra en el solenoide moviéndose con velocidad V a lo largo de su eje. Debido a la existencia del campo magnético, ¿Se curvará en algún sentido su trayectoria? Razona tu respuesta



11. En un mismo punto de un campo magnético dejamos en libertad un protón y un electrón, dotados con la misma velocidad perpendicular a las líneas de campo. Deducir la relación que existe:

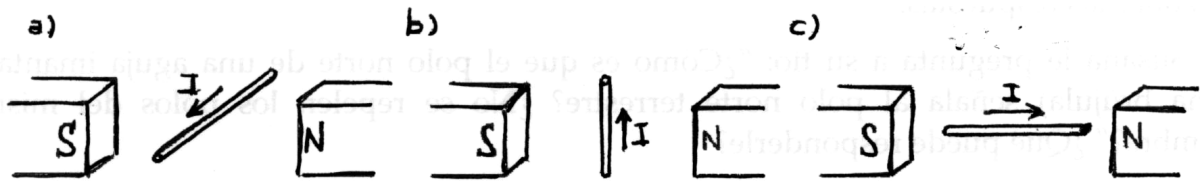
- Entre los radios de las órbitas que describen
- Entre los periodos de las mismas

Datos: carga del electrón $e=-1,6 \times 10^{-19}$ C; masa del electrón $m_e=9,1 \times 10^{-31}$ kg

$q_p=1,6 \times 10^{-19}$ C, $m_p=1,67 \times 10^{-27}$ kg

12. A lo largo de dos conductores rectilíneos y paralelos separados 3m, circulan las intensidades $I_1=2 \times 10^{-2}$ A e $I_2= 4 \times 10^{-2}$ A con la misma dirección y sentido ¿A que distancia del conductor 1 el campo magnético vale 0?

13. Dibuja razonadamente la fuerza que actúa sobre el hilo en cada caso y las líneas de campo:



14. Una partícula cargada se mueve siguiendo una trayectoria circular bajo la acción de una fuerza magnética ¿Varía la energía cinética de la partícula a lo largo de una vuelta completa? Razona la respuesta

15. Un electrón entra con velocidad constante $v = 10^6 \text{ m/s}$ en una región del espacio en la que existe un campo eléctrico uniforme $E = 20 \text{ k N/C}$ y un campo magnético uniforme $B = B_0 i T$. Se pide:

- Dibujar las fuerzas que actúan sobre el electrón (dirección y sentido), en el instante en que entra en la región en que existen los campos eléctrico y magnético
- Calcular el valor de B_0 para que el movimiento del electrón sea rectilíneo y uniforme

Nota: despreciar el campo gravitatorio

(Selectividad Junio 2000)

16. ¿Puede ser cero la fuerza magnética que se ejerce sobre una partícula cargada que se mueve en el seno de un campo magnético? ¿Puede ser cero la fuerza eléctrica sobre una partícula cargada que se mueve en el seno de un campo eléctrico? Justifica las respuestas

(Selectividad Septiembre 2000)

17. Un hilo conductor rectilíneo y de longitud infinita está ubicado sobre el eje OZ, y por él circula una corriente continua de intensidad I, en sentido positivo de dicho eje. Una partícula con carga positiva Q, se desplaza con velocidad v sobre el eje OX, en sentido positivo del mismo. Determinar la dirección y sentido de la fuerza magnética que actúa sobre la partícula

(Selectividad Junio 2001)

18. En un acelerador lineal de partículas existe un campo eléctrico uniforme, de intensidad 20 N/C, a lo largo de 50m. ¿Qué energía adquiere un electrón, partiendo del reposo, a lo largo de este recorrido? ¿Es posible construir un acelerador lineal de partículas con un campo magnético constante? Razona la respuesta.

Dato: carga del electrón: $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

(Selectividad Junio 2002)

19. Un electrón se encuentra situado en el seno de un campo magnético uniforme B . Si se comunica al electrón una velocidad inicial, determina cuál es la trayectoria que sigue el electrón cuando:

- La velocidad inicial es perpendicular al campo magnético
- La velocidad inicial es paralela al campo magnético

(Selectividad Septiembre 2002)

20. Considérese un conductor rectilíneo de longitud infinita por el que circula una corriente eléctrica. En las proximidades del conductor se mueve una carga eléctrica positiva cuyo vector velocidad tiene la misma dirección y sentido que la corriente sobre el conductor. Indica, mediante un dibujo, la dirección y el sentido de la fuerza magnética que actúa sobre la partícula (Selectividad Junio 2004)

21. Una carga $q = -2 \times 10^{-8} \text{ C}$, que se desplaza con velocidad constante a lo largo del eje Y, entra en una región del espacio donde existe un campo magnético $B = 0,5 i T$. Si sobre la carga aparece una fuerza $F = 10^{-2} j N$, determina el módulo y el sentido de la velocidad. Razona la respuesta. (Selectividad Septiembre 2004)

22. Se lanzan partículas con carga $-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ dentro de una región donde hay un campo magnético y otro eléctrico, constantes y perpendiculares entre sí. El campo magnético aplicado es $\vec{B} = 0,1 \vec{k} \text{ T}$.
- El campo eléctrico uniforme, con la dirección y el sentido del vector \vec{j} , se genera aplicando una diferencia de potencial de 300 V entre dos placas paralelas separadas 2 cm. Calcula el valor del campo eléctrico
 - Si la velocidad de las partículas incidentes es $\vec{v} = 10^6 \vec{i} \text{ m/s}$, determina la fuerza de Lorentz que actúa sobre una de estas partículas
 - ¿Qué velocidad deberían llevar las partículas para que atravesaran la región de las placas sin desviarse? **(Selectividad Junio 2005)**
23. Una partícula de $3,2 \times 10^{-27} \text{ kg}$ de masa y carga positiva, pero de valor desconocido, es acelerada por una diferencia de potencial de 10^4 V . Seguidamente, penetra en una región donde existe un campo magnético uniforme de 0,2 T perpendicular al movimiento de la partícula. Si la partícula describe una trayectoria circular de 10 cm de radio, calcula:
- La carga de la partícula y el módulo de su velocidad
 - El módulo de la fuerza magnética que actúa sobre la partícula
- (Selectividad Septiembre 2005)**
24. Concepto de línea de campo. Diferencias entre las líneas del campo electrostático y del campo magnético. Proponer un ejemplo para cada uno de ellos **(Selectividad Septiembre 2000)**
25. Un haz de electrones pasa sin ser desviado de su trayectoria rectilínea a través de dos campos, uno eléctrico y otro magnético, mutuamente perpendiculares. El haz incide perpendicularmente a ambos campos. El campo eléctrico, que suponemos constante, está generado por dos placas cargadas paralelas separadas 1 cm., entre las que existe una diferencia de potencial de 80 V. El campo magnético también es constante, siendo su módulo de $2 \times 10^{-3} \text{ T}$. A la salida de las placas, sobre el haz actúa únicamente el campo magnético, describiendo los electrones una trayectoria circular de 1,14 cm de radio.
- Calcula el campo eléctrico generado por las placas
 - Calcula la velocidad del haz de electrones
 - Deduce, a partir de los datos anteriores, la relación carga/masa del electrón
- (Selectividad Septiembre 2006)**
26. Una partícula con velocidad constante \vec{v} , masa m y carga q entra en una región donde existe un campo magnético uniforme \vec{B} , perpendicular a su velocidad. Realiza un dibujo de la trayectoria que seguirá la partícula, ¿Cómo se ve afectada la trayectoria si en las mismas condiciones cambiamos únicamente el signo de la carga? **(Selectividad Junio 2007)**
27. En una línea de alta tensión se tienen dos cables conductores paralelos y horizontales, separados entre sí 2m. Los dos cables transportan una corriente de 1 kA ¿Cuál será la intensidad del campo magnético generado por esos dos cables en un punto P situado entre los dos cables, equidistante de ambos y a su misma altura cuando, cuando el sentido de la corriente es el mismo en ambos? ¿Y cuando el sentido de la corriente es opuesto en un cable respecto al otro cable?
- En este último caso, cuando las corrientes tienen sentidos opuestos, calcular la fuerza (módulo, dirección y sentido) que ejerce un cable por unidad de longitud del segundo cable)
- Dato: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$ **(Selectividad Septiembre 2007)**