

## CAMPOS MAGNÉTICOS ORIGINADOS POR CONDUCTORES ESPECIALES



### INDICADORES DE LOGROS

- Reconoce el campo magnético originado por un conductor rectilíneo y aplica su expresión matemática en la solución de ejercicios
- Identifica el campo magnético originado por una espira circular y aplica sus relaciones matemáticas en la solución de problemas
- Reconoce el campo magnético originado por un solenoide y aplica su fórmula matemática y sus conceptos en la solución de problemas y preguntas
- Identifica problemas, causas y consecuencias y establece una definición de éste (SOLUCIÓN DE PROBLEMAS)



- Aporta soluciones y evalúa alternativas
- Ejecuta en la medida de sus posibilidades acciones que contribuyen a la solución
- Hace seguimiento a la solución y retroalimentación
- Soluciona primero problemas personales para luego aportar soluciones para resolver los problemas familiares





## NUNCA FALTAN LOS PROBLEMAS

Si la vida no tuviera problemas, sería muy monótona y aburrida y la felicidad no sería completa. Alguien dijo que la felicidad consiste en resolver todos los problemas que se nos presentan a diario.

Con mis compañeros de subgrupo, discutimos la siguiente información y respondemos las preguntas que se plantean al final, cuyas respuestas serán compartidas con el Profesor.

Estas reflexiones son del filósofo Jean-Paul Sartre.

“Es que en la embriaguez de comprender entra siempre la alegría de sentirnos responsables de las verdades que descubrimos.

Quienquiera que sea el maestro, llega siempre un momento en que el alumno se encuentra completamente solo frente a un **problema**; si no impulsa su mente a captar las relaciones, si no produce por sí mismo las conjeturas y los esquemas, que se aplican como una rejilla a la cifra considerada y que revelarán sus estructuras principales, si no provoca finalmente una iluminación decisiva, las palabras siguen siendo signos muertos y todo se aprende de memoria.



Por lo tanto, puedo sentir, si me examino, que lo aprendido no es el resultado mecánico de un procedimiento pedagógico, sino que tiene por origen sólo mi voluntad de atención, sólo mi aplicación, sólo mi rechazo de la distracción o la precipitación y, finalmente, mi mente entera, con exclusión de todos los actores exteriores”.

1. ¿Qué mensaje nos dejan estas reflexiones?
2. ¿Alguna vez ha tenido que enfrentarse solo a la solución de un problema? Comparta esa experiencia con los compañeros.
3. ¿Siente que lo aprendido es el resultado mecánico de un proceso pedagógico o por el contrario ha trabajado de tal manera que puede enfrentar cualquier problema y resolverlo?



## CAMPO MAGNÉTICO DE UN CONDUCTOR RECTILÍNEO

Un problema muy común entre estudiantes, cuando les asignan la realización de un experimento, es empezar. Es importante tener en cuenta elementos como **contacto**, **cooperación**, **comunicación** y **conciliación** que ayudarán a empezar el trabajo y a resolver los problemas que se presenten.

Con mis compañeros de subgrupo, realizamos el siguiente experimento, considerando los elementos anteriores.

### EXPERIMENTO A

1. Coloque un conductor sobre una brújula, paralelamente a su aguja, y conecte uno de sus extremos a uno de los terminales de una pila.
2. Suponga que el extremo libre del conductor es conectado al otro borne de la pila (no haga esto por ahora). Ahora, responda:

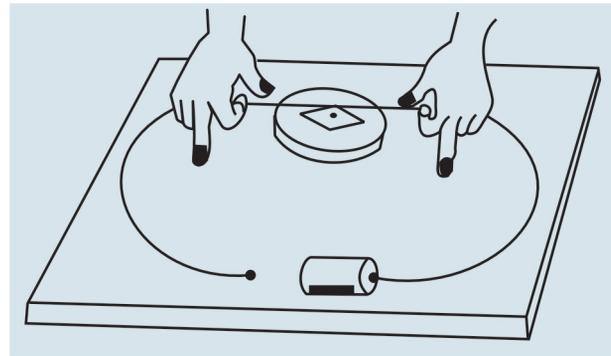


Fig. 1

- a. ¿Cuál sería el sentido del campo magnético producido por la corriente en el conductor, en el lugar donde se encuentra la brújula?
- b. ¿Hacia qué lado se desviará el polo norte de la aguja al cerrar el circuito?

Cierre el circuito y compruebe si sus pronósticos fueron correctos.

3. Invierta el sentido de la corriente y repita los procedimientos indicados anteriormente. ¿La desviación de la aguja concuerda con sus previsiones?
4. Haga lo mismo colocando en esta ocasión la brújula sobre el conductor. ¿La aguja se desvió en el sentido que usted había previsto?



Compartimos las respuestas con el Profesor y él nos dirá cuáles fueron acertadas.

## EXPERIMENTO B

1. Enrolle un alambre fino (forrado o esmaltado) alrededor de un clavo grande de hierro, a manera de formar una bobina de unas cincuenta espiras. Conecte los extremos del conductor a los polos de una o dos pilas, como se observa en la figura 2. De esta manera, usted habrá construido un electroimán con núcleo de hierro.
2. Aproxime a uno de los extremos del electroimán que acaba de construir, pequeños objetos de hierro o acero (alfileres, tachuelas, clips, etc.). Observe la atracción del clavo imantado sobre tales objetos. Corte la corriente que pasa por el electroimán y **describa lo que sucede con dicha atracción.**
3. Repita el experimento sustituyendo el clavo de hierro (núcleo del electroimán) por un objeto de acero (una pequeña llave de tuercas, por ejemplo) que no se encuentre previamente imantado.

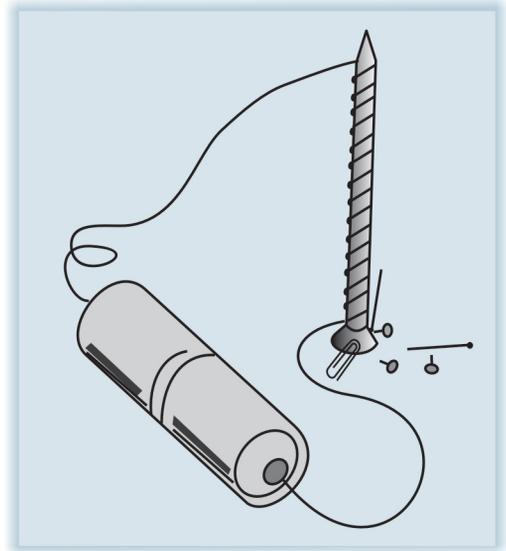


Fig. 2

Tomando en cuenta lo que sucede en cada uno de los casos, cuando se corta la corriente del electroimán, responda: ¿Cuál de los dos materiales (el hierro común o el acero) presenta una histéresis más acentuada?

Compartimos las conclusiones del experimento B con el Profesor o si tenemos algún problema para llevar a cabo la experiencia, consultamos nuestras dudas y reanudamos el experimento.

LA PERSONA CREATIVA NO LE REHUYE A LOS PROBLEMAS, SINO QUE LOS IDENTIFICA Y LOS CONVIERTE EN OPORTUNIDADES DE TRANSFORMACIÓN DE SU ENTORNO.



## CAMPOS MAGNÉTICOS DE CONDUCTORES ESPECIALES

Un tipo de **problema** es el relacionado con la **toma de decisiones**. En muchas oportunidades tenemos todo al alcance de nuestras manos, pero no asumimos el riesgo de dar el primer paso que nos impulse a la acción y queremos siempre que otros lo hagan. Utilicemos todo lo que tenemos a mano; guías, libros, computador, asesoría del Profesor para estudiar el siguiente tema y no esperemos a que el Profesor de la orden.

Con mis compañeros de subgrupo, analizamos el siguiente contenido y consignamos en el cuaderno los conceptos más importantes.

En la guía anterior vimos que el experimento de Oersted llevó a la conclusión de que cargas en movimiento (una corriente eléctrica) crean un campo magnético en el espacio que las rodea.

En esta guía estudiaremos los campos magnéticos establecidos por algunos tipos particulares de conductores, cuando circula por ellos una corriente. Inicialmente analizaremos el campo originado por un conductor rectilíneo, luego el campo establecido en el centro de una espira circular, y por último, el campo existente en el interior de un agrupamiento cilíndrico de espiras llamado **solenoid**.

### **CAMPO MAGNÉTICO ( $\vec{B}$ ) DE UN CONDUCTOR RECTILÍNEO.**

**Dirección y sentido del vector  $\vec{B}$ .** Consideremos un conductor rectilíneo AC por el que pasa una corriente, como muestra la figura 3. Alrededor de dicho conductor existirá un campo magnético  $\vec{B}$ . Imaginemos una aguja magnética en diversas posiciones en torno de AC. La orientación de la aguja indicará la dirección y el sentido del campo magnético existente en cada punto.

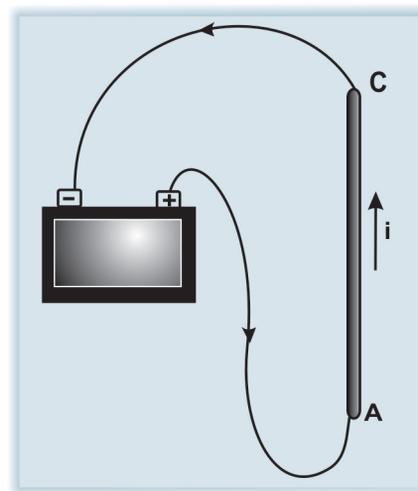


Fig. 3

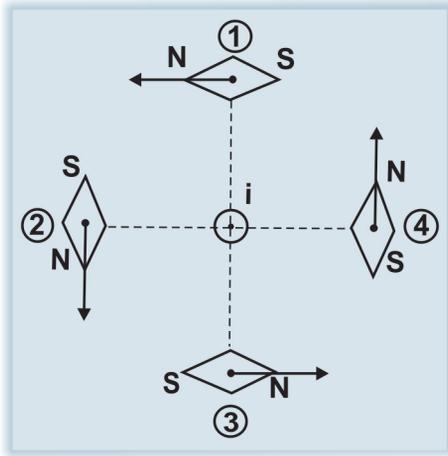


Fig. 4

En la figura 4 se tiene una vista de frente del conductor AC, con la corriente  $i$  que lo recorre "saliendo" del plano de esta página, y las agujas magnéticas colocadas en algunos puntos cercanos al conductor. Si observamos la orientación que la aguja toma en cada punto, será posible trazar el vector  $\vec{B}$  que representa el campo magnético originado por el conductor en dichos puntos (Fig. 4).

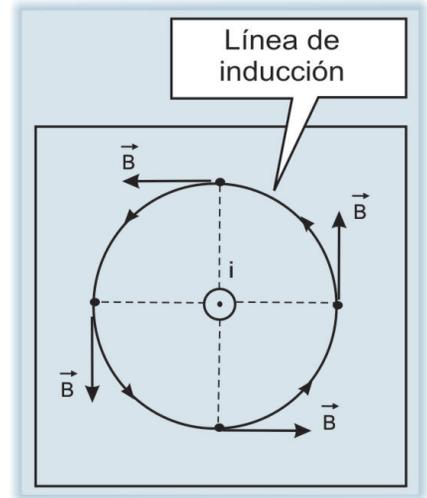


Fig. 5

El experimento revela que la corriente en el conductor produce un campo magnético cuyas líneas de inducción "envuelven" al conductor, siendo entonces de configuración circular, con centro en la sección transversal del mismo (Fig. 5).

Es fácil advertir que podemos trazar varias líneas de inducción para representar el campo magnético a diversas distancias del conductor (Fig. 6).

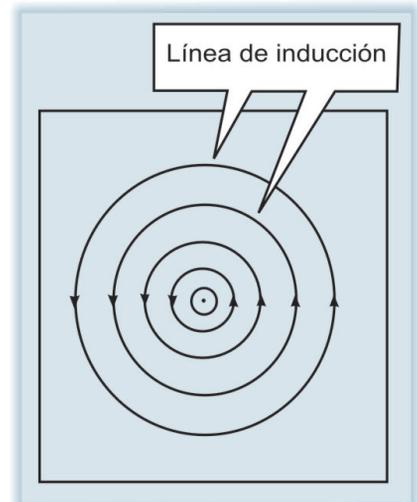


Fig. 6

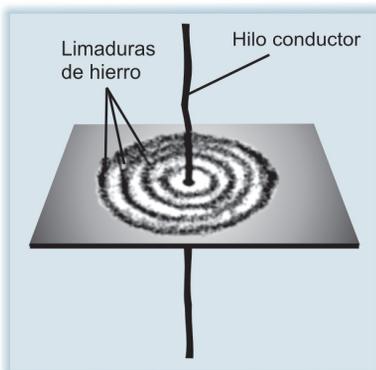


Fig. 7

Para "materializar" estas líneas de inducción podremos emplear limaduras de hierro. La figura 7 muestra una foto de la configuración de las líneas de inducción del campo creado por un conductor recto.

La figura 8 señala lo que sucede cuando se invierte el sentido de la corriente en el conductor, que ahora es "entrante" en el plano de esta página. Podemos observar que en estas condiciones, las líneas de inducción conservan la misma forma, no obstante que el sentido del vector  $\vec{B}$  ha sido cambiado. Compare la figura 5 con la 8.

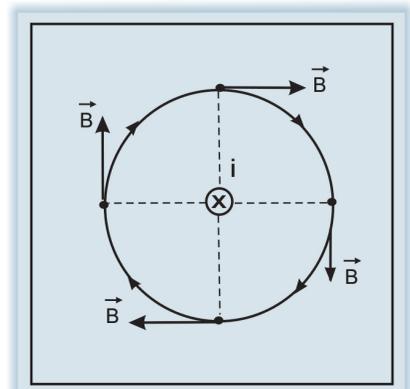


Fig. 8

## Regla práctica para determinar el sentido del vector $\vec{B}$

Las líneas de inducción alrededor de un conductor rectilíneo siempre son circulares, pero su orientación (y por lo tanto, la de  $\vec{B}$ ) depende del sentido de la corriente en el conductor. La figura 9(a) ilustra la **regla de Ampère**, cuyo enunciado dice: "Si se sitúa el dedo pulgar de la **mano derecha** paralelamente al conductor y apuntando en el sentido de la corriente, y los demás dedos rodeando al mismo, estos últimos apuntarán en el sentido de las líneas de inducción". ¿Qué está ilustrando la figura 9(b)?

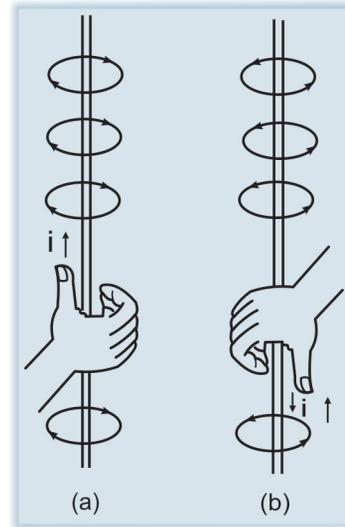


Fig. 9

## Factores que influyen en el valor de $\vec{B}$

La intensidad del campo magnético  $B$  producido por la corriente  $i$  que circula por un conductor rectilíneo en un punto situado a una distancia  $r$  del conductor, es directamente proporcional a la corriente  $i$  e inversamente proporcional a la distancia  $r$  entre el punto y el conductor (Fig. 10).

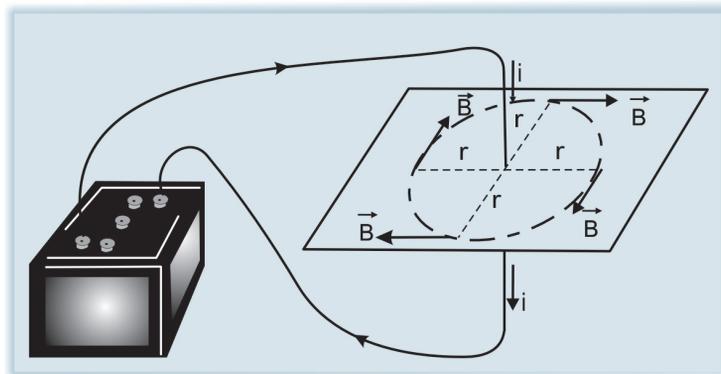


Fig. 10

Matemáticamente se expresa así:

$$B = \frac{2ki}{r}, \text{ donde } k \text{ es una constante cuyo valor}$$

numérico en el vacío es  $10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$ .

Con mis compañeros de subgrupo, analizamos el siguiente ejemplo y resolvemos los ejercicios propuestos.

**EJEMPLO.** Un conductor rectilíneo lleva una corriente  $i$  cuyo sentido es el que se indica en la figura 11.

a. Señale en el croquis, la dirección y el sentido del

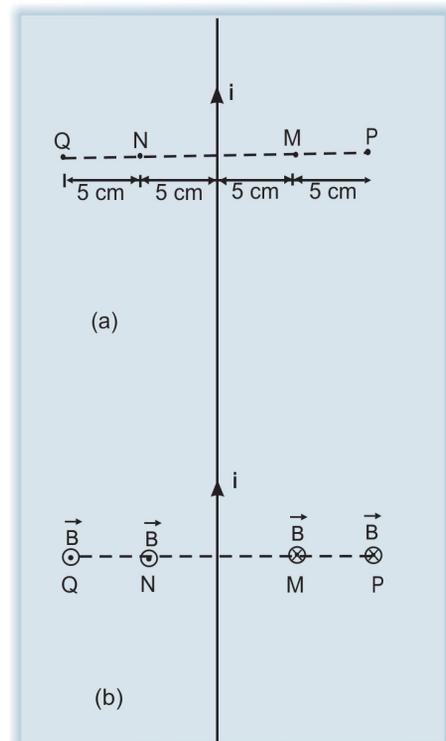


Fig. 11



campo magnético creado por la corriente del conductor, en los puntos **M** y **N**. Aplicando la regla de Ampère, concluimos fácilmente que en M tenemos un campo magnético perpendicular al plano de esta página y entrante en ella (Fig. 11b). Vemos así mismo que en el punto N el vector  $\vec{B}$  es saliente del plano de esta página (Fig. 11b).

- b. Si el valor del campo magnético en los puntos M y N es  $B = 4.0 \times 10^{-4} \text{ T}$ , ¿Cuál será la magnitud, la dirección y el sentido del campo magnético en los puntos P y Q?

La misma regla de Ampère indica que en P y Q tendremos el vector  $\vec{B}$  con las orientaciones indicadas en la figura 11b.

Observemos que los puntos P y Q se encuentran situados a una distancia doble del conductor que los puntos M y N. Como  $B$  es inversamente proporcional a  $r$ , concluimos que en P y Q la magnitud de  $\vec{B}$  será la mitad que en M y N. Por lo tanto,  $B = 2.0 \times 10^{-4} \text{ T}$  en los puntos P y Q.

### EJERCICIOS

1. En la figura 12, el valor del campo magnético en M es  $B_M = 6.0 \times 10^{-4} \text{ T}$ .

- a. Indique la dirección y el sentido del campo magnético producido por la corriente en el conductor AC en los puntos P, Q, M y R.

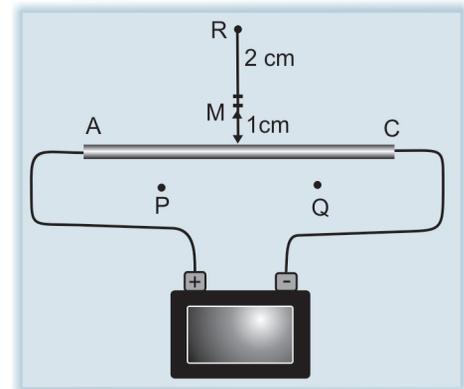


Fig. 12

- b. Si la intensidad de la corriente en el conductor AC se duplica, ¿Cuál será el valor del campo magnético en M y R?

2. En la figura 13, los conductores rectilíneos horizontales 1 y 2, vistos de frente, llevan las corrientes  $i_1 = 30 \text{ A}$  e  $i_2 = 15 \text{ A}$ , con los sentidos indicados.

- a. Indique la dirección y el sentido de cada uno de los campos magnéticos  $\vec{B}_1$  y  $\vec{B}_2$  producidos por los conductores 1 y 2 en el punto P.

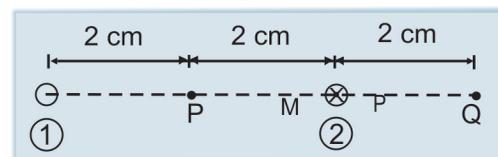


Fig. 13



- b. Si  $\vec{B}_1 = 3.0 \times 10^{-4} \text{ T}$ , ¿Cuál será el valor de  $\vec{B}_2$  ?
  - c. Determine la magnitud, la dirección y el sentido del campo magnético resultante  $\vec{B}$ , establecido por los dos conductores en el punto **P**.
  - d. Las mismas preguntas para el punto **Q**.
3. ¿Cuál es la magnitud del campo magnético producido por un conductor en un punto situado, en el vacío, a una distancia de 4 cm. del conductor, sabiendo que la intensidad de la corriente es de 40 A?

Compartimos las respuestas con el Profesor y discutimos los problemas que tuvimos para resolverlos y cómo los solucionamos. Aportar soluciones es importante para evaluar y adoptar otras alternativas para beneficio de todo el grupo.

Continuamos analizando el siguiente tema:

### CAMPO MAGNÉTICO EN EL CENTRO DE UNA ESPIRA CIRCULAR

Consideremos un conductor al cual se le dio una forma de circunferencia, constituyendo lo que suele denominarse una **espira circular**. Si por esta espira pasa una corriente eléctrica, se establece un campo magnético en el espacio que rodea a la espira. Analizaremos el campo magnético  $\vec{B}$  existente en su centro.

Coloquemos una aguja magnética en el centro de la espira. Observando la orientación de esta aguja, comprobamos que el vector  $\vec{B}$  en este punto es perpendicular al plano de la espira y tiene el sentido que se indica en la figura 14.

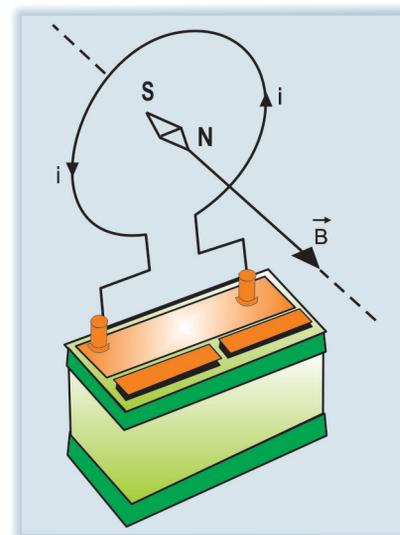


Fig. 14

Si invertimos el sentido de la corriente comprobaremos que el vector  $\vec{B}$  sigue perpendicular al plano de la espira, aunque ahora su sentido es el contrario. Aunque también puede usarse la regla de Ampère para determinar el sentido del campo magnético. En la figura 15 se ve que esta regla proporciona correctamente el sentido del vector  $\vec{B}$ .





La magnitud de  $\vec{B}$  es proporcional a la corriente  $i$  e inversamente proporcional al radio  $R$  de la espira. Entonces:

$$B \propto \frac{i}{R}$$

Hasta ahora, siempre se ha presentado un ejemplo antes de proponer los ejercicios. Ahora tendrá el **problema** de no tener ejemplos. Ponga a trabajar la creatividad y la toma de decisiones para resolver los siguientes ejercicios. Recuerde que en la vida real no siempre tendrá un ejemplo para solucionar un problema.

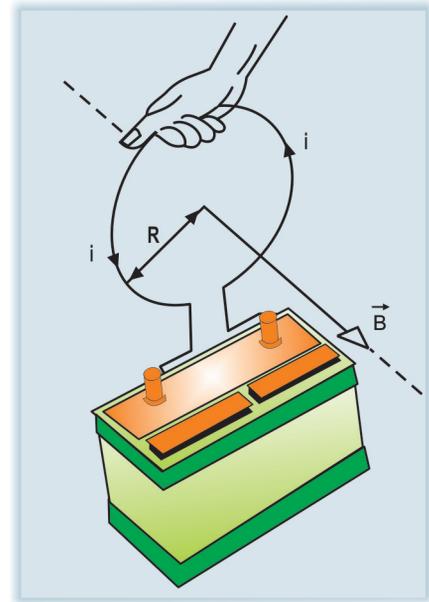


Fig. 15

## EJERCICIOS

1. La magnitud de un campo magnético en el centro de una espira es:  $B = 2.0 \times 10^{-4}$  T. ¿Cuál sería el valor del campo si la intensidad de la corriente se duplicara y el radio de la espira se redujera a la mitad?

2. Dos espiras circulares, con el mismo centro C, poseen radios  $R_1 = 4.0$  cm y  $R_2 = 12$  cm (Fig. 16). La espira de radio  $R_2$  es recorrida por una corriente  $i_2 = 30$  A con el sentido que se observa en la figura.

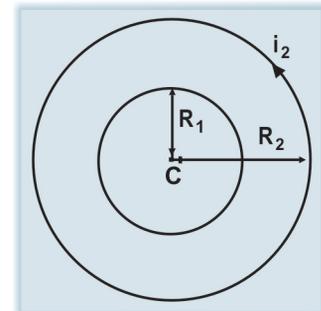


Fig. 16

a. ¿Cuál debe ser la intensidad y el sentido de la corriente  $i_1$  que deberá recorrer la espira de radio  $R_1$ , para que el campo magnético resultante, creado por ambas espiras en el punto C, sea nulo?

b. Si  $B_2 = 1.6 \times 10^{-4}$  T y el sentido de la corriente  $i_2$  es el mismo de la corriente  $i_1$ , ¿Cuál será la magnitud, la dirección y el sentido del campo magnético resultante establecido por ambas espiras en el punto C ?

Compartimos con el Profesor la satisfacción de haber resuelto los problemas anteriores sin ayuda de un ejemplo. Continuamos analizando el último tema de esta guía.

## CAMPO MAGNÉTICO CREADO POR UN SOLENOIDE

Se denomina **solenoid** a un conductor largo enrollado en forma de espiral, cuyas **espiras**, dispuestas una a continuación de la otra, están muy apretadas. Un solenoide es importante porque, cuando por él circula una corriente, se produce en su interior un campo magnético cuya intensidad permanece constante y cuyas líneas de fuerza son paralelas, es decir, forman un **campo magnético uniforme** (Fig. 17).

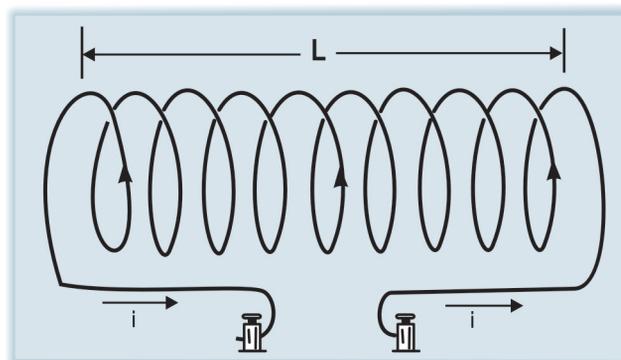


Fig. 17

El valor de la intensidad del campo magnético producido por un solenoide de  $n$  vueltas por unidad de longitud, por el que circula una corriente  $i$ , es directamente proporcional al número de vueltas por unidad de longitud y a la corriente eléctrica que circula por él. Esto se expresa mediante la fórmula:

$B = 4\pi kni$ , donde  $k$  es la constante de proporcionalidad.

El **solenoid** se llama también, a veces, **bobina**, aunque en realidad “bobina” es un término más general que designa cualquier enrollamiento de un conductor.

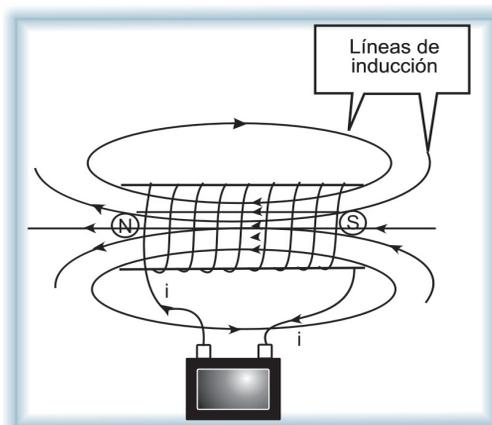


Fig. 18

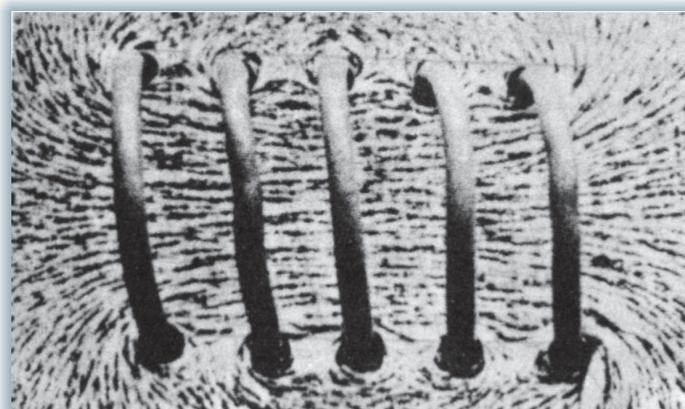


Fig. 19

Al conectar un solenoide a una batería, la corriente circula por sus espiras, estableciendo un campo magnético en puntos tanto del interior como de la parte exterior de la bobina. En la figura 18 se muestran algunas líneas de inducción de este campo magnético. En la figura 19 se muestra la **materialización** de estas líneas de inducción, la cual se obtuvo mediante limaduras de hierro distribuidas en el campo magnético.



El campo magnético de un solenoide muestra una configuración muy parecida a la de un imán de barra, por lo tanto, un solenoide posee prácticamente las mismas propiedades magnéticas que un imán. Un solenoide es un **electroimán**, es decir, un imán obtenido por el paso de una corriente eléctrica en un conductor enrollado helicoidalmente, o como la rosca de un tornillo con diámetro uniforme.

Con mis compañeros de subgrupo resolvemos los **problemas**, teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

- La resolución de problemas no debe considerarse como una simple sustitución de los símbolos de las magnitudes físicas en una fórmula por números. Ir buscando hoja por hoja en un libro de consulta, hasta encontrar la fórmula que parece encajar es una pérdida de tiempo y esfuerzo.
- Empezar a preparar las evaluaciones con anticipación, sin esperar la víspera. Un **problema** se esclarece cuando se tiene tiempo de pensar. Evitar siempre “trabajar como locos” la noche anterior del examen, pues ello es inútil y algunas veces peligroso.
- Los problemas tienen por función ayudarle a entender mejor la materia. Sirven también para medir su progreso.

## PROBLEMAS

1. Un conductor metálico helicoidal (puede ser un resorte de acero) fue conectado a los polos C y D de una batería, hallándose que sus extremos se comportaban como polos norte y sur, según puede observarse en la figura 20. Determine cuál es el polo positivo de la batería.

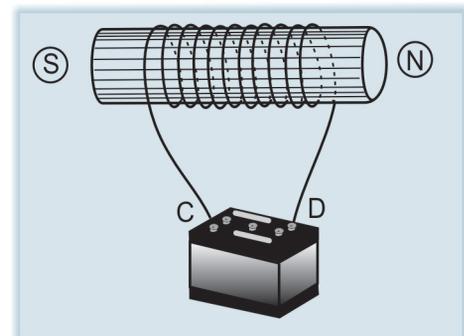


Fig. 20

2. Dos bobinas (1) y (2), cada una con 100 espiras y cuyas longitudes son  $L_1 = 20$  cm. y  $L_2 = 40$  cm., se encuentran conectadas en serie a los polos de una batería.
  - a. La corriente que circula por (1), ¿Es mayor, menor o igual a la que pasa por (2)?
  - b. El campo magnético  $B_1$  en el interior de la bobina (1), ¿Es mayor, menor o igual al campo magnético  $B_2$  en el interior de la bobina (2)?

c. Sabiendo que  $B_1 = 6.0 \times 10^{-3} \text{ T}$ , ¿Cuál es el valor de  $B_2$ ?

Compartimos las respuestas con el Profesor, quien nos aclarará las dudas que se hayan presentado.



## APLIQUEMOS LO APRENDIDO

La competencia laboral que se está resaltando en esta guía trae como beneficio que el estudiante estará en la capacidad de identificar muchos tipos de problemas (familiares, de la comunidad, académicos, personales, con compañeros de estudio, laborales, etc.), definirlos, aportarles soluciones, evaluar alternativas, ejecutar soluciones y hacer seguimiento.

### 1. PROBLEMA LABORAL

Con mis compañeros de subgrupo seleccionamos un problema laboral al que se haya sometido alguno de nuestros padres y trataremos de buscarle solución. De ser posible, tendremos en cuenta algunos de los siguientes elementos:

**Contacto:** cercanía en las relaciones para generar menos hostilidad.

**Cooperación:** los contactos son benéficos sobretodo cuando las personas trabajan juntas para vencer una amenaza común o para alcanzar una meta.

**Comunicación:** forma de negociar las diferencias ya sea de manera directa o a través de terceros.

**Conciliación:** cuando se siente que los problemas son complejos e imposibles de solucionar se necesita generalmente de una tercera persona o mediador para orientar la búsqueda de soluciones.





## 2. EXPERIMENTO

Con mis compañeros de subgrupo realizaremos el siguiente experimento. El jefe de mesa coordinará la práctica y la solución de los problemas que se presenten.

- Coloque el imán sobre una hoja de papel y dibuje en esta hoja algunos puntos situados aproximadamente en las posiciones que se indican en la figura 21. Ponga una pequeña brújula sucesivamente en cada uno de los puntos. Observando la orientación de la aguja magnética, indique el vector  $\vec{B}$  creado por el imán en los puntos indicados.
- Tome una bobina que tenga unas 100 o más espiras, conectada a una batería de pilas secas (tres o cuatro). Coloque la bobina sobre una hoja de papel y señale en la hoja varios puntos, de manera similar a lo que hizo en el caso del imán (Fig. 22). Con la ayuda de la brújula, señale el vector  $\vec{B}$  producido por el solenoide en cada uno de los puntos.

Compare las direcciones y los sentidos de los vectores obtenidos en las dos partes de este experimento.

- ¿Qué se pretende demostrar en este experimento?
- Los campos magnéticos producidos por un solenoide y por un imán de barra, ¿Realmente son semejantes?
- ¿Qué se puede concluir?

Compartimos las conclusiones con el Profesor.

## 3. PROYECTO

Con varios compañeros, propongan un proyecto que funcione con electromagnetismo para bien de la comunidad. Podría ser construir un telégrafo similar al antiguo telégrafo MORSE que sirva de comunicación secreta entre los miembros de la comunidad para medidas de seguridad.

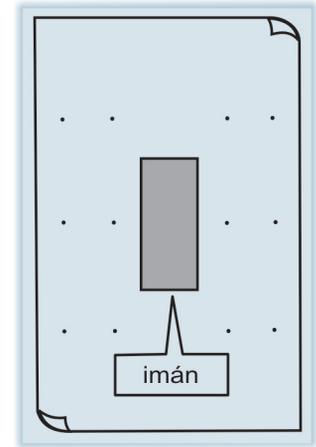


Fig. 21

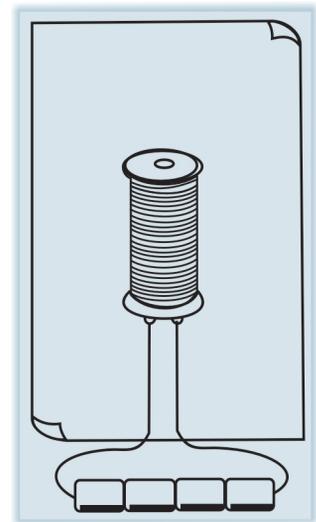


Fig. 22



## DESEA APRENDER MÁS

A través de la implementación de **proyectos pedagógicos** y **proyectos productivos**, se busca solucionar problemas que afectan la dinámica escolar y comunitaria.

1. Presente un proyecto pedagógico que relacione los temas de esta guía con otros consultados por usted para que se mejoren los procesos enseñanza-aprendizaje en su Institución Educativa.
2. Presente un proyecto sencillo que puede solucionar la falta de brújulas en su Institución.

La brújula es un imán que puede moverse libremente. Se puede fabricar una brújula elemental, de las siguientes maneras:

- a. Con una aguja imantada, clavada en un corcho flotando en el agua.
- b. Con una aguja imantada, sostenida por un tenedor que se introduce lentamente en agua. Se hunde el tenedor y la aguja flotará debido a la tensión superficial.
- c. Con una cuchilla de afeitar, de las máquinas desechables depositada suavemente sobre el agua. Debido a su fabricación, el norte es la parte afilada y el sur la parte opuesta.
- d. Use su propia creatividad para idear y construir su propia brújula.

HAGA CIERRES PARA CONCLUIR Y TERMINAR PROCESOS, ETAPAS, RENCORES Y FIJACIONES EN SITUACIONES DEL PASADO QUE DEMANDAN GRAN CANTIDAD INÚTIL DE ENERGÍA.



## ATENCIÓN

Recordemos al Profesor tener listo en el CRA o en el laboratorio, para el desarrollo de la próxima guía, el siguiente material:

- Elementos caseros, solicitados por el Profesor.
- El juego PIÉNSALO
- Diccionario de Física y textos de Física
- Batería o elementos equivalentes
- Bobinas con núcleos de hierro
- Imanes
- Cables
- Timbre





# ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LA GUÍA

