

1. Guía para el paquete ScienSolar: Campo Magnético de Corrientes Eléctricas mediante la Ley de Biot–Savart (Modelo 28)

Objetivos

- Analizar el campo magnético producido por corrientes eléctricas lineales.
- Estudiar la ley de Biot–Savart para distribuciones arbitrarias de corriente.
- Visualizar el comportamiento tridimensional del campo magnético.
- Comparar resultados numéricos con expresiones teóricas conocidas.

Fundamento teórico

La ley de Biot–Savart establece que el campo magnético diferencial producido por un elemento de corriente es:

$$d\vec{B} = K \frac{I d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}, \quad (1)$$

donde:

- I es la corriente eléctrica,
- $d\vec{l}$ es el elemento diferencial de corriente,
- \vec{r} es el vector desde el elemento de corriente hasta el punto de observación,
- $r = |\vec{r}|$,
- $K = \mu_0/4\pi$.

En el SI:

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T m/A}, \quad (2)$$

por lo tanto:

$$K = 10^{-7} \text{ T m/A}. \quad (3)$$

La dirección del campo magnético se obtiene mediante el producto vectorial:

$$d\vec{l} \times \vec{r}.$$

Configuración del simulador

Magnitud	Celda
Punto del campo magnético B	A10, B10, C10
Componentes de \vec{B}	A12, B12, C12
Magnitud de $ \vec{B} $	G10
Corriente I	G17
Longitud diferencial dL	G18
Constante K	G19
Origen de la línea (x_0, y_0, z_0)	G22, G23, G24
Radio inicial r_0	G25
Ángulo azimutal ϕ	G27
Ángulo polar θ	G28
Flexión azimutal	G30
Flexión polar	G31
Número de elementos dL	G41
Longitud total de la línea	G42
Número de alambre	G43

La geometría de la corriente puede modificarse utilizando los parámetros angulares y de flexión. De esta manera pueden construirse:

- líneas rectas,
- arcos,
- circunferencias,
- hélices,
- geometrías arbitrarias.

Para agregar/eliminar elementos de corriente a una línea se utilizan los botones:

$$+OBJ \quad \text{y} \quad -OBJ.$$

Estos mismos botones se utilizan para agregar/eliminar nuevas corrientes al sistema si se oprime preliminarmente el botón **Clonar todo**.

Actividad 1. Campo magnético de una línea recta

Configuración

Ingrese:

- $I = 80000 \text{ A}$,
- $dL = 0,03 \text{ m}$,
- $K = 10^{-7} \text{ Tm/A}$.

Defina:

$$x_0 = 0,06, \quad y_0 = 0,06, \quad z_0 = 0.$$

Utilice:

$$\phi = 0^\circ, \quad \theta = 0^\circ.$$

El punto de observación será:

$$(0,1, 0,1, 0,1).$$

Utilice los botones XY, XYZ, XZ y YZ para observar desde diferentes ángulos.

Preguntas

1. ¿Cuál es la dirección del campo magnético?
2. ¿Cómo cambia la magnitud del campo al alejar el punto de observación?
3. ¿El campo es perpendicular a la corriente?

Actividad 2. Dependencia con la corriente

Mantenga fija la geometría de la línea y modifique la corriente:

$$I = 20000 \text{ A}, \quad I = 40000 \text{ A}, \quad I = 80000 \text{ A}.$$

Complete la tabla.

Corriente (A)	Magnitud de $ \vec{B} $ (T)
20000	
40000	
80000	

Análisis

1. ¿La relación entre B e I es lineal?
2. ¿Qué ocurre si la corriente cambia de signo?

Actividad 3. Espira circular

Configuración

Construya una circunferencia utilizando:

- $dL = 10$,
- Ángulo polar = 90° ,
- Flexión azimutal = 10° ,
- Flexión polar = 0° .

Agregue en total:

36

elementos diferenciales utilizando el botón +OBJ (para agregar varios elementos a la vez, ingrese en la celda B2 el número de elementos).

La circunferencia quedará aproximadamente sobre el plano XY. Traslade la circunferencia para que su centro quede en el origen de coordenadas, para ello ingrese la fórmula en G12= $-G42/(2*\text{PI}())$ que equivale a correr la coordenada el valor equivalente al radio: $r = L/2\pi$

Ubique el punto de observación en:

$$(0, 0, z).$$

Preguntas

1. ¿Cuál es la dirección del campo en el centro de la espira?
2. ¿Cómo cambia el campo al alejarse del centro a lo largo de z ?
3. ¿Existe simetría axial?

Actividad 4. Campo de múltiples corrientes

Clone la línea utilizando:

Clonar Todo

y posteriormente:

+OBJ.

Construya dos corrientes paralelas.

Preguntas

1. ¿Cómo se superponen los campos magnéticos?
2. ¿En qué regiones el campo aumenta?
3. ¿Existen regiones donde el campo se anule parcialmente?

Ejercicios numéricos

Ejercicio 1

Una corriente recta de:

$$I = 50000 \text{ A}$$

produce un campo magnético. Determine experimentalmente mediante la simulación el valor de B a:

$$r = 0,05 \text{ m}, \quad r = 0,10 \text{ m}, \quad r = 0,20 \text{ m}.$$

Compare con la expresión teórica:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}. \quad (4)$$

Ejercicio 2

Construya una espira circular y determine el campo magnético en el centro para:

$$I = 10000 \text{ A}.$$

Compare con:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}. \quad (5)$$

Ejercicio 3

Construya dos corrientes paralelas separadas una distancia fija.
Analice:

- corrientes en el mismo sentido,
- corrientes en sentidos opuestos.

Describe cómo cambia el campo magnético total.

Ejercicio 4

Modifique progresivamente la flexión polar y construya (con valores entre 0 y 1):

- una hélice.

Observe cómo cambia la dirección del campo magnético.

Ejercicio 5

Ubique el punto de observación en diferentes posiciones del espacio:

$$(x, y, z).$$

Construya un mapa cualitativo del campo magnético indicando:

- regiones de campo fuerte,
- regiones de campo débil,
- dirección predominante del campo.

Ejercicio 6. Visualización del campo magnético con Field Scanner

Utilice la herramienta **Field Scanner** para visualizar el campo magnético producido por una corriente lineal y posteriormente por una espira circular.

Parte A. Línea recta

Configure inicialmente:

- Corriente:

$$I = 80000 \text{ A}$$

- Línea recta vertical:

$$\phi = 0^\circ, \quad \theta = 0^\circ$$

- Sin flexión:

$$\text{Azimut} = 0^\circ, \quad \text{Elevación} = 0^\circ$$

Ahora seleccione la celda C7 y active el botón:

Field Scanner

y explore el campo magnético utilizando:

- coordenadas cartesianas,
- coordenadas cilíndricas,
- coordenadas esféricas.

Observe la dirección de las líneas del campo alrededor de la corriente.

Preguntas

1. ¿Qué forma geométrica presentan las líneas del campo magnético?
2. ¿Cómo cambia la magnitud del campo al aumentar la distancia al conductor?
3. ¿La dirección observada coincide con la regla de la mano derecha?

Parte B. Espira circular

Construya una espira circular utilizando:

- $dL = 10$,

- Flexión azimutal:

$$10^\circ$$

- Flexión polar:

$$0^\circ$$

Agregue:

$$36$$

elementos diferenciales para cerrar la circunferencia.

Con **Field Scanner** activado, visualice el campo magnético alrededor de la espira.

Preguntas

1. ¿Dónde se concentra la mayor magnitud del campo magnético?
2. ¿Qué dirección tiene el campo en el centro de la espira?
3. ¿Cómo cambia la configuración espacial del campo respecto a una línea recta?
4. ¿Existe simetría axial alrededor de la espira?

Conclusiones

Explique:

1. Cómo depende el campo magnético de:
 - la corriente,
 - la distancia,
 - la geometría de la corriente.
2. Diferencias entre campo eléctrico y campo magnético.
3. Importancia del producto vectorial en la ley de Biot–Savart.
4. Aplicaciones físicas de corrientes curvas y espiras.