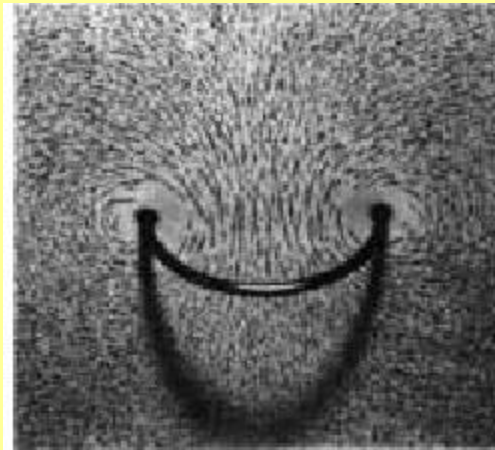


# Campos Electromagnéticos

## “Fuentes del campo Magnético”



Profesor: Pedro Labraña  
Departamento de Física,  
Universidad del Bío-Bío

# El Campo Magnético

*El Magnetismo, El Campo Magnético, Fuerza de Lorentz, Ley de Biot-Savart, Ley de Ampere.*

## Ley de Biot-Savart

Hemos estudiado, el movimiento de cargas bajo un campo magnético dado. La pregunta que surge a continuación es ¿Cómo se calculan dichos campos  $\vec{B}$ ? La respuesta a esta pregunta fue dada por Biot y Savart el siglo antepasado, quienes establecieron que cualquier corriente es capaz de producir un campo magnético en el espacio. Ciertas corrientes son claramente de origen eléctrico debido al movimiento de traslación de las cargas, otras corrientes están relacionadas con la rotación de los electrones de valencia de las moléculas así como del spin cuántico (repase su curso de química) propio de las partículas, y son responsables del magnetismo de los imanes naturales.

Biot-Savart, estudiaron el campo magnético generado por un cable curvado. Esencialmente se estableció que un segmento  $d\vec{r}'$ , ubicado en un punto  $\vec{r}'$ , de un cable que porta corriente  $I$  contribuye al campo magnético en un punto  $\vec{r}$  con una intensidad  $d\vec{B}$  dada por:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{r}' \times (\vec{r} - \vec{r}')}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|^3}$$

Ver pizarra

La constante  $\mu_0$  se denomina la permeabilidad del vacío

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$$

Si se considera el cable completo se debe integrar en la variable de posición  $\vec{r}'$  que describe la curva en el espacio que ocupa dicho cable, de modo que el campo de inducción magnética en el punto  $\vec{r}$  está dado por:

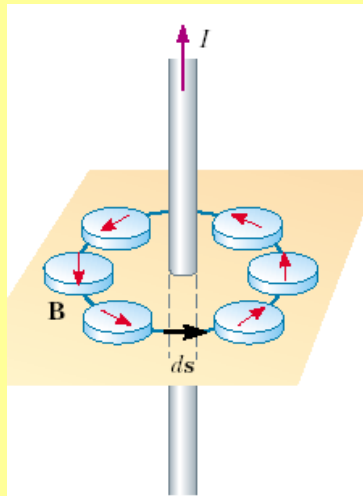
$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{I d\vec{r}' \times (\vec{r} - \vec{r}')}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|^3}$$

Ley de Biot-Savart

Ver pizarra

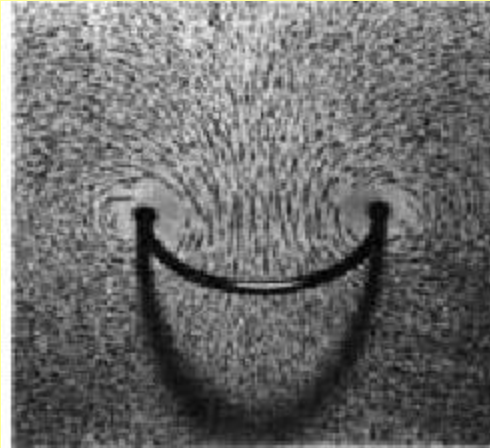
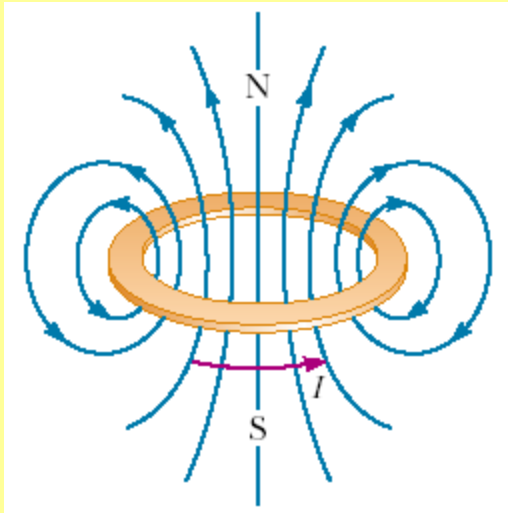
Ej. 1 Determine el campo magnético generado por un cable infinito por el cual circula una corriente I

Ver pizarra

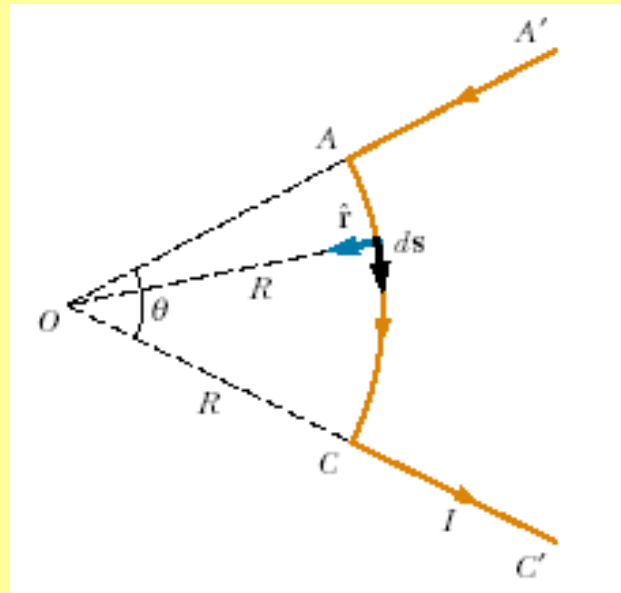


Ej.2 Determine el campo magnético en un punto arbitrario del eje de una espira de radio  $a$  por la cual circula una corriente  $I$

Ver pizarra



Ej.3 determine el valor del campo magnético en O



Tarea

## Ley de Ampere

Cuando se estudió el campo eléctrico encontramos que dada una superficie cerrada el flujo del campo eléctrico a través de esta es igual a la carga encerrada por la superficie (Ley de Gauss).

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{Q_{\text{encerrada}}}{\epsilon_0}$$

Para el campo magnético existe una relación similar que relaciona a  $\mathbf{B}$  con la densidad de corriente  $\mathbf{J}$ . La diferencia es que en este caso se necesita una superficie abierta.

La ley de Ampere relaciona a la corriente que atraviesa a una superficie abierta con el campo magnético en el borde de esta superficie.

$$\oint_{C(S)} \vec{B} \cdot d\vec{r} = \mu_0 \int_S \vec{J} \cdot d\vec{S}$$

La Ley de Ampere también se puede escribir de la siguiente manera

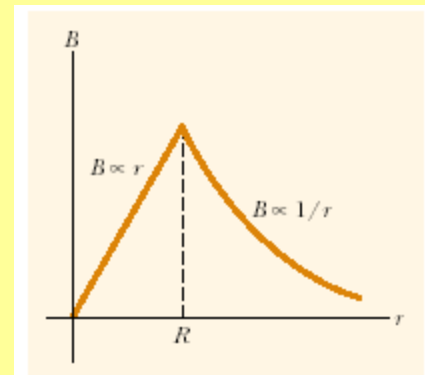
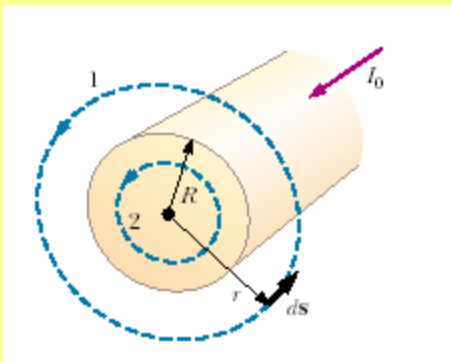
$$\oint_{C(S)} \vec{B} \cdot d\vec{r} = \mu_0 I_A$$

Donde  $I_A$  es la corriente que atraviesa a la superficie  $S$ .

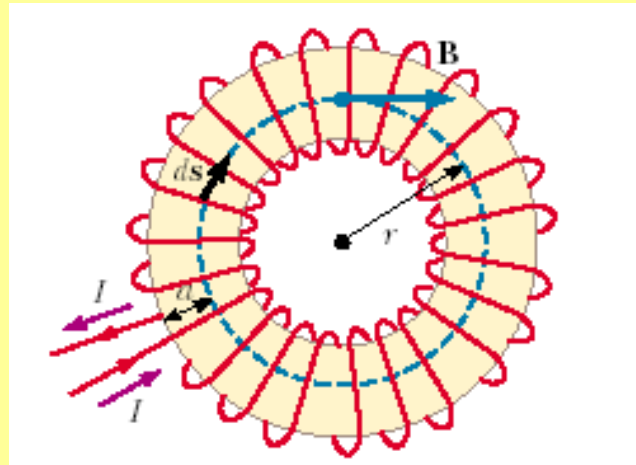
Así como la Ley de Gauss se puede utilizar para determinar el campo eléctrico, la Ley de Ampere se puede utilizar para determinar el campo magnético en situaciones en las cuales la simetría del problema es alta.

Ej1: Se tiene un cable grueso de radio  $R$  y longitud infinita por el cual circula una corriente  $I$  uniformemente distribuida. Determine el campo magnético en todo el espacio.

Solución: Ver pizarra

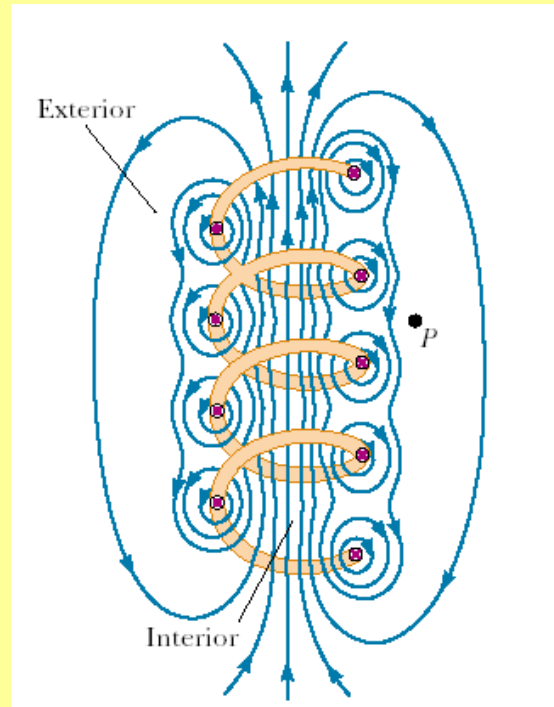


Ej2. Determine el campo magnético de un Toroide de N vueltas

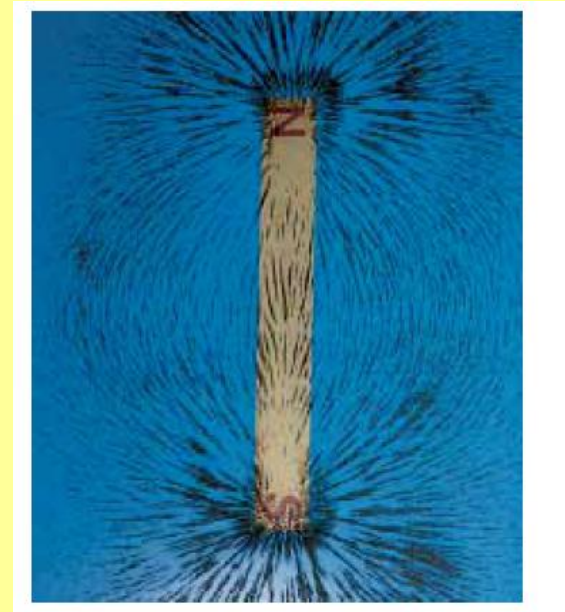
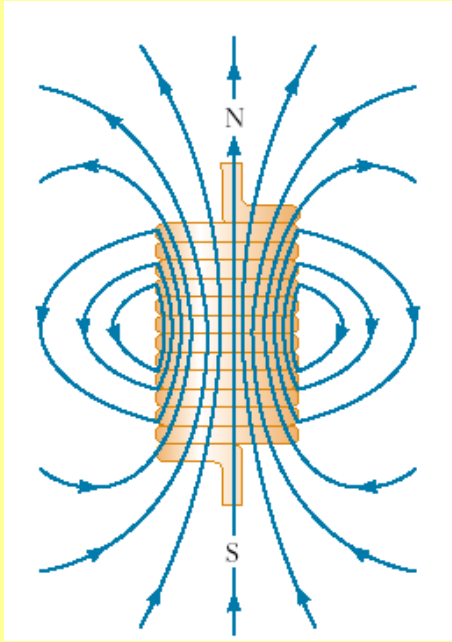


Ver pizarra

## El campo magnético generado por un Solenoide

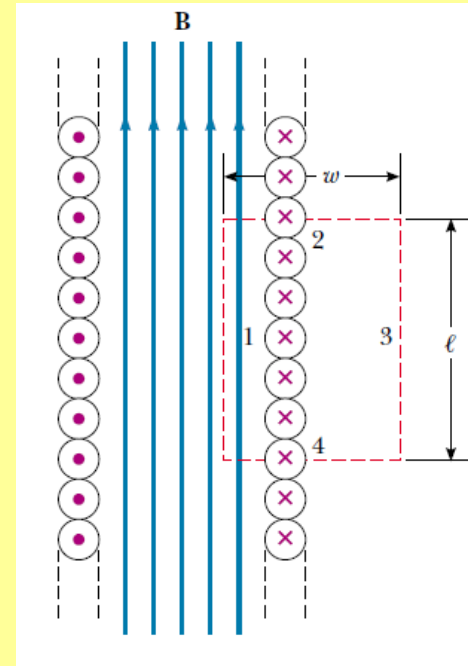
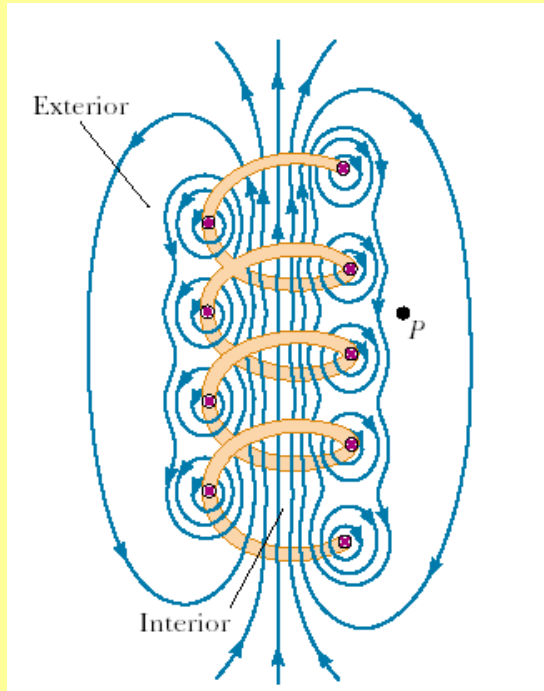


Un solenoide es un cable largo doblado en forma helicoidal. Si por el solenoide circula una corriente  $I$  entonces en el interior del solenoide se genera un campo magnético razonablemente uniforme. Por otro lado el campo magnético en el exterior es mucho más débil y si el solenoide es mucho más largo que su radio entonces es razonable asumir que  $\mathbf{B}$  es cero fuera del solenoide.



Notemos que si las espiras en el solenoide están muy densamente ubicadas y si el solenoide tiene un largo finito entonces el campo magnético generado por el solenoide es muy similar al campo magnético generado por una barra magnética.

**Solenoid Ideal:** Corresponde al caso límite en que un solenoide es mucho más largo que su radio, de modo que podemos considerar que el campo magnético en su interior es uniforme y que fuera de él es cero.



En este caso podemos determinar el valor del campo magnético al interior del solenoide utilizando la Ley de Ampere, ver pizarra.

Fin