

## Campo de magnético, momento magnético, ley de Ampère, medios magnéticos.

1. Estudie la trayectoria de una partícula de carga  $q$  y masa  $m$  que entra en una región donde existen campos magnético y eléctrico uniformes y perpendiculares entre sí. Discuta en particular los siguientes puntos:
  - a) Los casos en que  $\mathbf{E} = 0$  ó  $\mathbf{B} = 0$ .
  - b) La necesidad de considerar ecuaciones de movimiento relativistas.
  - c) Muestre que si los campos eléctrico y magnético son diferentes de cero existe una única velocidad inicial para la cual la trayectoria de la partícula es una línea recta (este es el principio de funcionamiento de un filtro de velocidades).
  - d) Estime el tiempo que tarda en recorrer una órbita circular un grano de polvo interestelar que se mueve con velocidad no relativista en el campo magnético de la galaxia

**Datos:**  $B = 10^{-10}$  T,  $m = 10^{-13}$  g,  $q = 10^{-18}$  C.

2. Considere dos partículas cargadas que se mueven con velocidades perpendiculares entre sí. Analice cualitativamente las fuerzas sobre cada una de ellas y discuta la validez del principio de acción y reacción.
3. Un hilo infinito, cargado uniformemente con densidad  $\lambda$ , y una carga  $q$  se mueven ambos con velocidad  $v$  paralela al hilo.
  - a) ¿Cuánto debe valer  $v$  para que la interacción electrostática sea de la misma magnitud que la interacción magnética?
  - b) ¿Cuál es la relación entre las fuerzas magnética y eléctrica si  $v$  es 1/100 de la velocidad hallada en la pregunta anterior?

**Nota:** el campo eléctrico del hilo es estático porque la distribución de cargas que lo genera es independiente del tiempo, a pesar del movimiento del hilo.

**Dato:**  $(\mu_0\epsilon_0)^{-1} = 8,99 \times 10^{16}$  m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>.

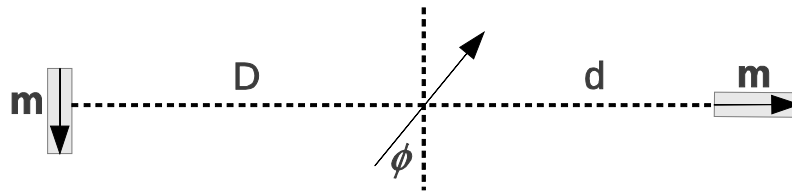
4. Calcule la fuerza por unidad de longitud entre dos cables paralelos por los que circula una corriente de 30 A. La separación entre cables es de 2 cm. Estime hasta qué distancia por encima de los cables se verá afectada la indicación de una brújula. Considere los dos posibles sentidos de circulación de la corriente.

**Nota:** suponga que la intensidad del campo magnético terrestre en el lugar es de  $0,5 \times 10^{-4}$  T y forma un ángulo de  $30^\circ$  con la vertical.

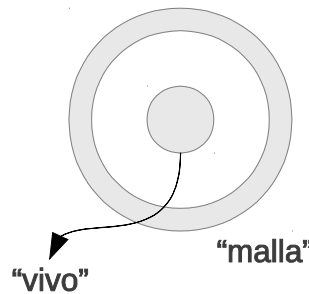
5. Calcule la fuerza por unidad de longitud entre una cinta infinita de ancho  $b$  por la que circula una densidad superficial de corriente  $\mathbf{g}$  uniforme, y un cable infinito coplanar y paralelo por el que circula una corriente  $I$  de igual sentido que  $\mathbf{g}$ .

6. Calcule el campo magnético sobre el eje de una espira circular de área  $A$  y corriente  $I$ .
  - a) Repita el cálculo para una espira cuadrada.
  - b) Estudie y compare los comportamientos de ambos resultados para distancias grandes. Expréselos en función de los momentos magnéticos de las espiras.
  
7. Una esfera de radio  $R$ , cargada superficialmente con densidad  $\sigma$  uniforme, gira sobre su eje con velocidad angular  $\omega$ . Hallar el campo magnético sobre el eje de rotación y el momento magnético.
  
8. Aprovechando la simetría de la distribución de corrientes y usando la Ley de Ampère, determine el vector campo magnético en los siguientes casos:
  - a) Un cable rectilíneo infinito por el que circula una corriente  $I$ .
  - b) Un cilindro infinito de radio  $R$  por el que circula una densidad de corriente uniforme  $\mathbf{j}$ .
  - c) Un solenoide infinito de  $n$  vueltas por unidad de longitud ( $n = N/\ell$ ) y corriente  $I$  (suponga que el devanado es suficientemente denso como para despreciar la componente longitudinal de los elementos de corriente).
  - d) Un plano infinito con densidad superficial de corriente  $\mathbf{g}$  uniforme.
  - e) Dos planos infinitos paralelos con densidades uniformes  $\mathbf{g}$  y  $-\mathbf{g}$ .
  - f) Una lámina infinita de caras plano-paralelas y espesor  $d$ , con densidad de corriente  $\mathbf{j}$  uniforme.
  - g) Un toroide de radio interior  $a$  y radio exterior  $b$ , con un arrollamiento denso de  $N$  vueltas por el que circula una corriente  $I$ .
  
9. Calcule el campo magnético sobre el eje de un solenoide de longitud  $L$ , con  $N$  vueltas devanadas densamente, por el que circula una corriente  $I$ .
  - a) Estudie el comportamiento a grandes distancias y encuentre el valor del momento magnético del solenoide.
  - b) Suponga que el solenoide tiene 40 cm de largo, 10 cm de diámetro y el campo en el centro es de 3 T (este es un campo muy intenso). Si el solenoide se encuentra en el subsuelo del pabellón I, ¿influirá en la medición del campo magnético terrestre que realizan los alumnos en el segundo piso?
  - c) Obtenga el límite de solenoide infinito.
  
10. Calcule la fuerza sobre una aguja pequeña magnetizada con momento magnético  $m$ , colocada sobre el eje del solenoide finito del problema anterior. Exprese la fuerza en función de la distancia al centro del solenoide. Discuta el sentido de la fuerza en relación a los sentidos de  $m$  y  $B$ .

11. Dos imanes permanentes de momento magnético  $m$ , están situados como muestra la figura. La distancia que los separa es grande comparada con sus dimensiones. Cuando se coloca entre ambos una brújula, la posición de equilibrio de la aguja forma un ángulo  $\phi$  con la dirección que une los imanes. Hallar  $d/D$  en función del ángulo  $\phi$ .



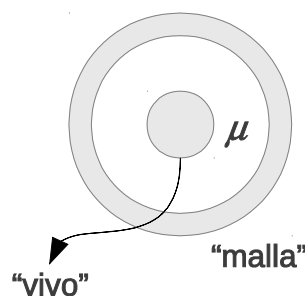
12. Un cable coaxil está formado por dos conductores cilíndricos coaxiales (ver figura). Por ambos conductores circulan corrientes  $I$  iguales y opuestas. Suponiendo densidad de corriente uniforme, encuentre  $\mathbf{B}$  en todo el espacio.



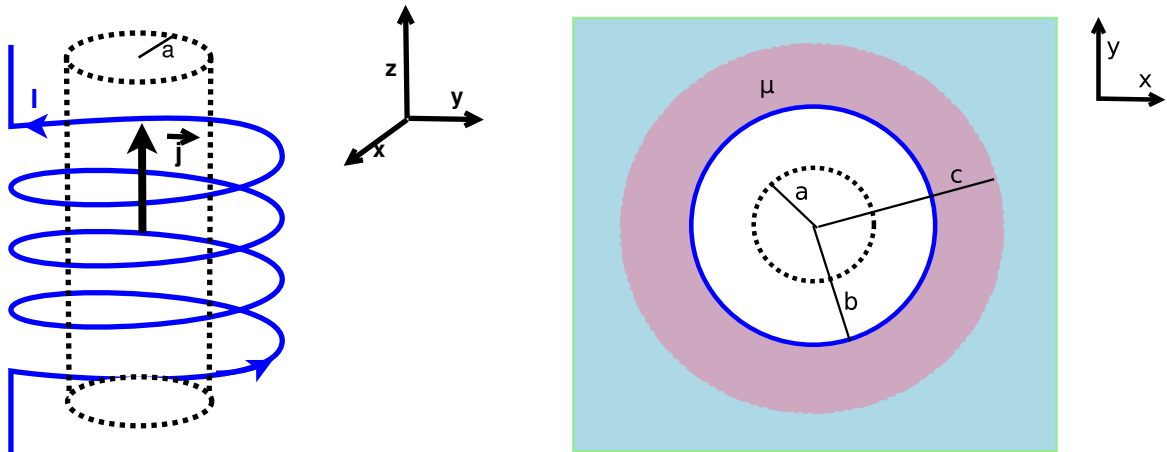
13. Si se elige el gauge  $\nabla \cdot \mathbf{A} = 0$ , dada una distribución de corrientes es posible calcular  $\mathbf{A}$  resolviendo tres problemas electrostáticos (¿porqué?). Utilice este hecho para calcular el potencial vector y el campo magnético de las siguientes distribuciones:

- Corriente  $I$  circulando por un alambre recto muy largo.
- Espira rectangular de lados  $a$  y  $b$  (en este caso calcule el potencial y el campo lejos de la espira).

14. Un cable coaxil está formado por dos conductores cilíndricos coaxiales, separados por un medio de permeabilidad  $\mu$  (ver figura). Por ambos conductores circulan corrientes  $I$  iguales y opuestas. Suponiendo densidad de corriente uniforme, encuentre  $\mathbf{B}$  en todo el espacio.



15. Considere un imán recto magnetizado uniformemente. Encuentre las fuentes de  $\mathbf{B}$  y  $\mathbf{H}$  que aparecen en este caso. ¿Con cuál tipo de fuente está asociado el concepto de polo magnético?
16. Considere un toroide de material magnético, con magnetización  $\mathbf{M}$  en la dirección  $\varphi$ . Teniendo en cuenta cuáles son las fuentes de  $\mathbf{B}$  y  $\mathbf{H}$  en este caso, muestre que  $\mathbf{H} = 0$  y  $\mathbf{B} \neq 0$  (¿podría tratarse de un material lineal?). ¿Qué ocurre con  $\mathbf{H}$  si cortamos un entrehierro?
17. Se tienen dos objetos coaxiales con corriente: un cable cilíndrico infinito con densidad de corriente en volumen  $\vec{j} = j_0 \hat{z}$  y radio  $a$  y un solenoide infinito con corriente  $I \hat{\phi}$  de radio  $b$ . A su vez, en la región entre  $b$  y  $c$  hay un medio lineal de permeabilidad  $\mu$ . Finalmente en la región  $r > c$  se encuentra otro medio con magnetización  $\vec{M} = M_0 r \hat{\phi}$ . Hallar los campos  $\vec{H}$ ,  $\vec{B}$  y  $\vec{M}$  en todo el espacio.

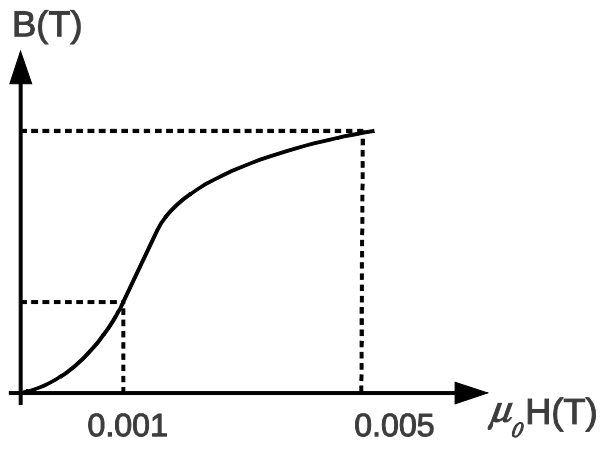


18. Se enrollan uniformemente 100 vueltas de cable alrededor de un toroide de hierro de permeabilidad relativa 1000, circunferencia media de 48 cm y  $2 \text{ cm}^2$  de sección. Por el cable circula una corriente de 10 A. Calcular:
- $\mathbf{B}$  y  $\mathbf{H}$  en el núcleo de hierro.
  - El flujo magnético en el núcleo.
  - El espesor del entrehierro que se debe abrir para que el flujo disminuya un 50%.

Utilice las aproximaciones usuales para resolver circuitos magnéticos.

19. En el Problema anterior se reemplaza el material por otro no lineal con la curva  $B$  vs.  $H$  que muestra la figura. Obtenga los valores de  $B$  y  $H$  cuando el entrehierro tiene la medida calculada en el ítem (c) del problema anterior. Resuelva gráficamente.

**Ayuda:** usando las aproximaciones de circuitos magnéticos y la continuidad del flujo magnético, se llega a una ecuación que tiene por incógnitas a los valores de  $B$  y  $H$  en el núcleo. Esta ecuación más el gráfico nos da la solución.



20. Un anillo de hierro (permeabilidad relativa 500) de 15 cm de radio medio y  $1,2 \text{ cm}^2$  de sección tiene soldada una barra de  $0,8 \text{ cm}^2$  de sección. Se enrollan 160 vueltas de cable sobre una de las mitades del anillo, por el que circulan 2 mA. Calcular el flujo magnético en la barra.

