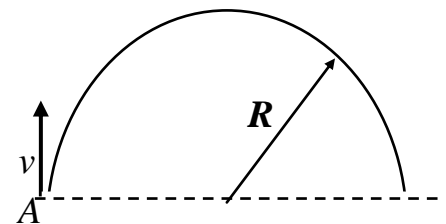


Trabajo Práctico N° 04 - Magnetostática

PROBLEMA 1 Una partícula de masa m y carga q se mueve en el interior de un campo magnético uniforme $B = B_0 \hat{k}$. Si la partícula se halla inicialmente en el origen y moviéndose con velocidad $v = v_0 \hat{i}$ ¿Cuál es la trayectoria posterior? ¿Cuál es la posición en un instante de tiempo t ?

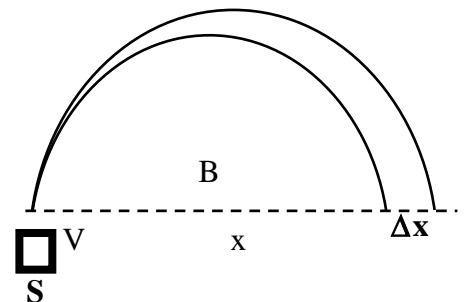
PROBLEMA 2 Un electrón, que se mueve en un campo magnético \vec{B} con una velocidad $\vec{v} = (4.1 \times 10^5 \hat{i} + 7.1 \times 10^5 \hat{j}) [m/s]$, experimenta una fuerza $\vec{F} = -2.7 \times 10^{-13} \hat{i} + 1.5 \times 10^{-13} \hat{j}$ [N]. Calcular la magnitud, dirección y sentido del Campo Magnético \vec{B} si sabemos que su componente $B_x = 0$.

PROBLEMA 3 Un electrón, que en el punto A de la figura tiene una velocidad de $10^7 [m/s]$ en la dirección indicada, ingresa en una región de campo magnético uniforme, como consecuencia éste se mueve en una trayectoria circular de radio R. Determinar:



- La magnitud, dirección y sentido del campo magnético.
- El tiempo empleado en efectuar una vuelta. Verificar que dicho tiempo de revolución es independiente de radio de la trayectoria

PROBLEMA 4 La figura muestra en forma esquemática un “espectrómetro de masa” usado para determinar las masas de partículas cargadas (iones). Los iones se generan en la fuente S, inicialmente en reposo y una diferencia de potencial V a través de ésta los aceleradas antes de ingresar en una región con campo magnético \vec{B} uniforme. Dentro del campo las partículas se mueven en una trayectoria circular e impactan sobre una película fotográfica, registrándose el impacto a una distancia x de la rendija de entrada.

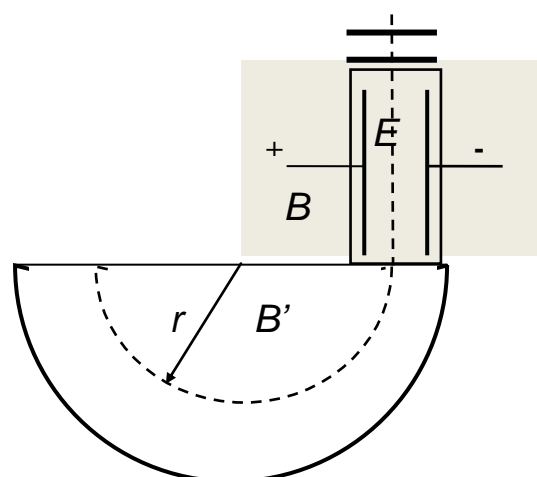


- Suponiendo una partícula de masa m y carga q demostrar que la masa queda determinada por

$$m = \frac{B^2 q x^2}{8V}$$

- En el dispositivo mencionado se introducen dos tipos de iones con la misma carga q , pero cuya masas difieren en una cantidad pequeña Δm . Calcular la diferencia de masa en términos de V , q , m , B y la distancia entre las marcas, Δx .

PROBLEMA 5 Un espectrómetro de masas Dempster, como el que se muestra en el problema



anterior, utiliza un campo magnético para separar iones de diferente masa e igual energía. El de la figura es un espectrómetro de masas Bainbridge. Éste separa iones con la misma velocidad. En este caso, los iones llegan a una región con campo eléctrico E y magnético B que actúan sobre los iones dejando pasar solo a los que tienen la misma velocidad. Esta sección del espectrómetro se denomina selector de velocidad.

El campo eléctrico es generado por las placas cargadas P y P' y campo magnético B se orienta perpendicularmente E. Aquellos iones que atraviesan el selector de velocidades sin desviarse de la trayectoria recta entran en una región donde existe un campo magnético B', describiendo órbitas circulares de radio r. Muestre que la relación carga/masa de los iones dispersados en el espectrómetro es

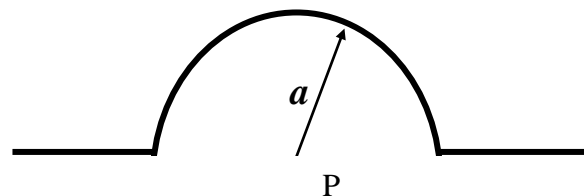
$$\frac{q}{m} = \frac{E}{r B B'}$$

PROBLEMA 6 Encuentre el campo magnético en puntos del eje z de un anillo conductor de radio R por el que circula una corriente I. El anillo está en el plano xy . Exprese el campo en función de la distancia z desde el centro del anillo para $z > 0$ y $z < 0$)

- ¿Qué expresión tiene el campo en el centro del anillo, es decir en $z=0$?
- Realice un gráfico de campo magnético a lo largo del eje z
- Represente gráficamente las líneas de campo magnético de la espira

PROBLEMA 7 Partiendo de la ley de Biot-Savart, demuestre que el campo magnético \vec{B} en el punto P de la figura es

$$B = \mu_0 \frac{I}{4a}$$

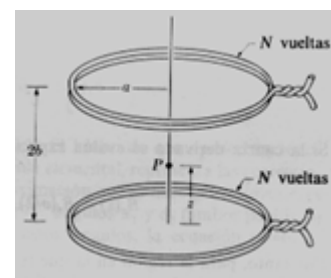


PROBLEMA 8 Por un alambre de cobre, de diámetro D, circula una densidad de corriente J. El alambre se encuentra en el ecuador Terrestre, donde el campo magnético es horizontal, apunta al Norte y tiene una magnitud de $0.5 \cdot 10^{-4} [T]$. El alambre está en un plano paralelo a la superficie de orientado en la dirección E-O.

La densidad y resistividad del cobre son $\rho_m = 8.9 \cdot 10^3 [Kg/m^3]$ y $\rho = 1.7 \cdot 10^{-8} [Ohm.m]$ respectivamente.

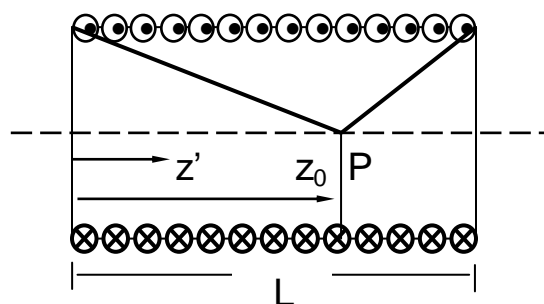
- ¿Qué magnitud debe tener J y en qué dirección debe fluir a fin de que el alambre levite? use $g = 9.8 [m/s^2]$
- Cuando el alambre está flotando ¿cuánta potencia disipa por cm^3 ? ¿Qué puede decir al respecto?

PROBLEMA 9 La bobina de Helmholtz es un dispositivo que consiste en dos bobinas circulares del mismo radio, ver figura, con un eje en común separadas por una distancia elegida de tal modo que la segunda derivada de B se anula en un punto del eje que esté a la mitad de la distancia entre las bobinas.



- Calcular el campo, la primera y segunda derivada en el punto P.
- Hacer el desarrollo en serie de Taylor de la expresión del campo magnético en torno al punto P. qué puede decir acerca del campo magnético en una región cercana al centro entre ambas bobinas.
- ¿qué aplicaciones tienen este tipo de bobinas?

PROBLEMA 10 Un solenoide puede describirse como un enrollamiento de alambre conductor en torno a una estructura de forma cilíndrica. El solenoide se puede caracterizar por el número N de vueltas uniformemente enrolladas a la forma cilíndrica de radio a y longitud L . En la figura se muestra un corte longitudinal de dicho dispositivo. Halle, aplicando la ecuación de Biot y Savart, el campo magnético en un punto z_0 sobre el eje en el interior del solenoide.

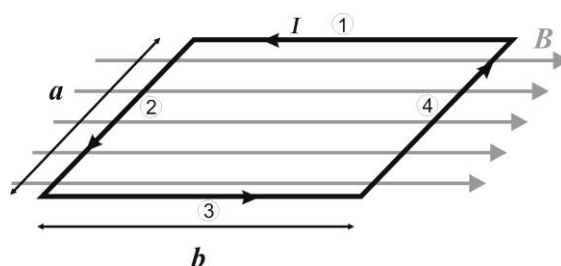


PROBLEMA 11 Calcule la fuerza por unidad de longitud que se ejercen entre sí un par de conductores rectilíneos, de longitud L muy grande ($L \rightarrow \infty$), si por cada uno de ellos circula una corriente I cuando:

- Los conductores están dispuestos paralelamente, separados una distancia d , y las corrientes circulan en el mismo sentido ¿se atraen o se repelen? ¿qué piensa que ocurrirá si las corrientes circulan en sentidos contrarios?
- Los conductores están dispuestos en el plano xy formando un ángulo α entre ellos, (suponga que están separados una distancia a en la dirección z , es decir están a distinta altura) ¿qué puede decir acerca de la fuerza entre ellos cuando $\alpha = 90^\circ$?

PROBLEMA 12 Se colocamos una espira rectangular, por la que circula una corriente $I = 5[A]$, en una región del espacio donde existe un campo magnético $\vec{B} = 0.2[T]\hat{i}$, ver la figura

- Determine la magnitud, dirección y sentido de la fuerza magnética ejercida sobre cada uno de los lados de la espira?
- Calcule la magnitud, dirección y sentido de la fuerza neta sobre la espira. ¿El resultado sería el

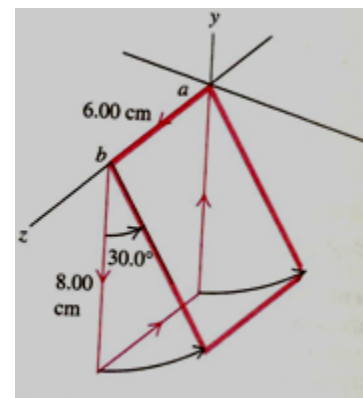


mismo si el campo no fuera uniforme? Explique claramente

- c) Calcule el torque sobre la espira. Describa el movimiento inicial de la espira si parte desde el reposo.
- d) ¿cómo se relaciona esto con el motor eléctrico?

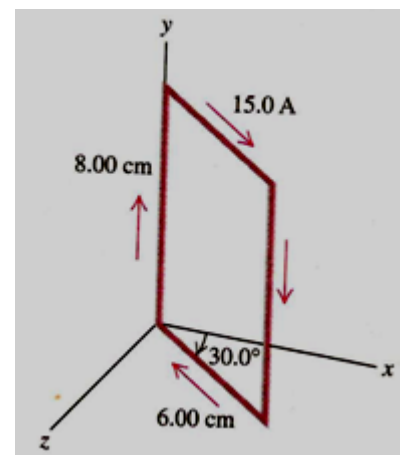
PROBLEMA 13 Resuelva el problema del inciso anterior si ahora la espira rectangular se encuentra en una región en la cual el campo magnético, no uniforme, es $\vec{B} = \frac{0.2}{a}y \hat{i} + \frac{0.2}{b}x \hat{j}$

PROBLEMA 14 La espira rectangular de alambre de la figura tiene una masa de 0.19 g por centímetro de longitud y está fija por el lado ab a un eje de rotación libre de fricción. La corriente en el cable es de 6.8 A en la dirección mostrada. Suponga que, si bien inicialmente la espira se encuentra en el plano yz , se la aparta un ángulo infinitesimal de dicha posición y se la deja en libertad.



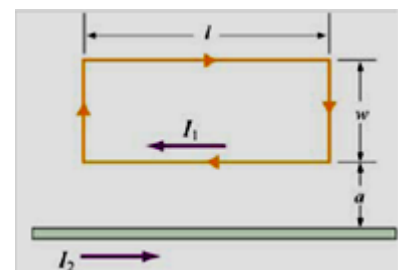
- a) Describa el movimiento que describirá la espira bajo estas condiciones.
- b) Encuentre la magnitud y la dirección del campo magnético paralelo al “eje y ” que ocasionará que la espira se balancee hasta que su plano forme un ángulo de 30° con el plano yz .
- c) Calcule el momento dipolar magnético de la espira.

PROBLEMA 15 Por la espira rectangular de la figura, que pivotea libremente en torno al “eje y ”, circula una corriente de 1.5 A en sentido horario. La espira se encuentra “sumergida” en un campo magnético uniforme $B=B_0 \hat{i}$.



- a) Calcule la fuerza en cada lado de la espira
- b) Calcule el momento de la fuerza magnética sobre la espira
- c) Determine el momento dipolar magnético de la espira

PROBLEMA 16 Una corriente I_1 , circula por una espira rectangular de longitud l , y ancho w , la espira está cerca de un cable de longitud infinita, por el que circula una corriente I_2 , como se muestra en la figura. ¿Cuál es la fuerza magnética que experimenta la espira?



PROBLEMA 17 Un rayo puede transportar una corriente de $1.00 \times 10^4 A$ por un corto periodo de tiempo ¿Cuál es el campo magnético resultante a $100 m$ del rayo? Suponga que el rayo se extiende una gran distancia por encima y por debajo del punto de observación.

PROBLEMA 18 Mediante la ley de Ampere calcular el vector Campo Magnético en todo el espacio, debido a una corriente I que circula,

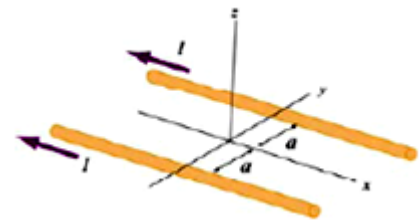
a) por un hilo conductor infinito.

b) por un solenoide de n espiras por unidad de longitud, radio R y longitud ($L \rightarrow \infty$).

PROBLEMA 19 Considérese dos cables infinitos, paralelos, por los que circula una corriente I , en ambos casos la dirección $(-\hat{i})$, como se muestra en la figura.

a) Grafique el campo magnético en el plano yz .

b) Encuentre la distancia d , a lo largo del eje z , donde el campo magnético es máximo.



PROBLEMA 20 Calcule el campo magnético producido en el espacio por un cable cilíndrico de radio a , y longitud infinita, por el cual circula una densidad de corriente uniforme $\vec{J} = J_0 \hat{k}$ a lo largo de su eje. Suponga que el cable está extendido y que \hat{k} es el versor paralelo al eje del mismo.

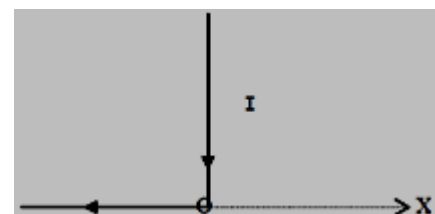
PROBLEMA 21 Calcule el campo magnético producido en todo el espacio por un cable cilíndrico hueco de radio interno a , espesor e y longitud infinita, por el cual circula una densidad de corriente NO uniforme $\vec{J} = \frac{J_0}{a} \cdot r \hat{k}$ a lo largo de su eje. Suponga que el cable está extendido y que \hat{k} es el versor paralelo al eje del mismo.

PROBLEMA 22 Considere una lámina conductora, infinitamente larga, de espesor b y orientada a lo largo del plano xy . Suponga que sobre la lámina fluye una corriente de densidad superficial $\vec{K} = K_0 \hat{i}$. **Ayuda:** considere que la lámina se puede considerar como una sucesión de líneas corrientes de longitud infinita. Aplique el principio de superposición para deducir la dirección del campo magnético a cada lado de la lámina y evalúe la posibilidad de aplicar la ley de Ampere.

a) Halle el campo magnético en todos los puntos por encima y por debajo de la lámina. Represente el resultado en forma gráfica

b) ¿cómo es el campo B en los punto sobre la superficie de la lámina? Explique

PROBLEMA 23 Un cable delgado, que transporta una corriente I , está doblado en ángulo recto tal y como indica la figura.



- a) Calcular B (magnitud dirección y sentido) a lo largo del eje OX, suponiendo que el cable es infinitamente largo en ambas direcciones
- b) ¿Podría resolver este problema aplicando Ampère? ¿Significa esto que la ley de Ampere no es válida en este caso? Explique

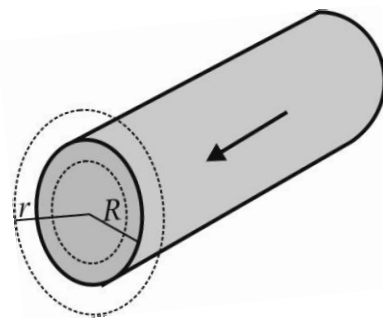
PROBLEMA 24 Un cilindro hueco de material no conductor tiene una densidad de carga superficial σ [C/m²]. El cilindro está suspendido con su eje a lo largo de la dirección vertical de modo tal que puede girar libre de rozamiento en torno de dicho eje. Si se lo hace girar hasta que los puntos de la superficie del mismo tienen una velocidad tangencial v_0 ,

- a) ¿Cuál es la densidad de corriente K sobre las paredes del cilindro, en [A/m]
- b) ¿Cuál es el campo magnético en el (magnitud dirección y sentido) interior del cilindro?
- c) ¿Cuál es la magnitud, dirección y sentido del campo fuera del cilindro? Suponga que el cilindro tiene una longitud mucho mayor que su diámetro

PROBLEMA 25 Considérese un cable muy largo, de radio R, por el que fluye una corriente de densidad volumétrica no uniforme, $\vec{J} = \frac{\alpha}{r} \hat{k}$, donde α es una constante y \hat{k} es un versor paralelo al eje del cilindro.

a) Halle el campo magnético (magnitud dirección y sentido), en todos los puntos del espacio. en función del radio, aplicando la ley de ampere.

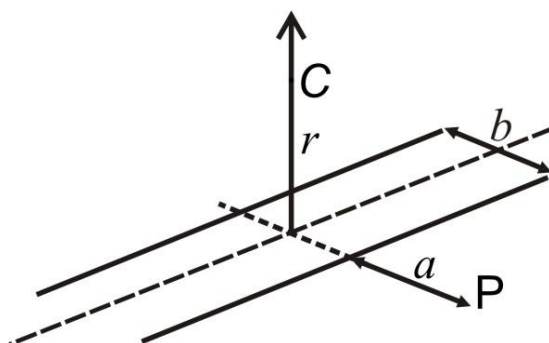
b) Represente gráficamente la magnitud del campo magnético en función de la distancia al eje del cilindro.



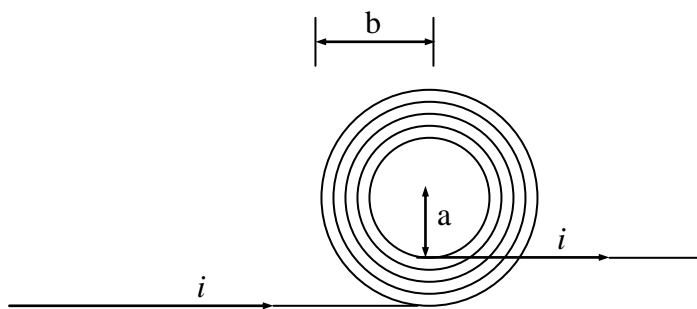
PROBLEMA 26 Una cinta conductora rectilínea y delgada de ancho b, lleva una corriente constante I, distribuida uniformemente en todo su ancho.

a) Hallar una expresión para \vec{B} en el punto P, a una distancia en el borde de la cinta, y en el plano de la cinta.

b) Idem para el punto C a una distancia r por encima del plano de la cinta.



PROBLEMA 27 Se tiene un arrollamiento plano, que contiene un gran número de espiras, siendo n el número de espiras por unidad de longitud y por el que circula una corriente de intensidad i. Calcular el campo B en el centro del arrollamiento.

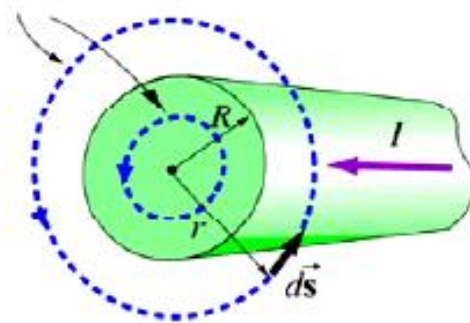


PROBLEMA 28 Partiendo de la definición del potencial vectorial \vec{A} , demostrar que si en el medio tenemos un vector densidad de corriente \vec{J} , el elemento de volumen dV' contribuye al campo magnético con
$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{\vec{J}(\vec{r}') \times (\vec{r} - \vec{r}')}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|^3} dV'$$

PROBLEMA 29 Considérese un cable muy largo, de radio R, por el que fluye una corriente I de densidad uniforme como se muestra en la figura.

- Hallar una expresión para la densidad de corriente
- Encontrar el campo magnético dentro y fuera del conductor.

Amperian loops



PROBLEMA 30 Para las espiras de los PROBLEMA 14 y PROBLEMA 15 de esta guía determine el momento dipolar magnético (magnitud, dirección y sentido) cuando las espiras se encuentran en sus posiciones de equilibrio.

PROBLEMA 31 Un imán cilíndrico tiene una longitud de 4.8[cm] y un diámetro de 1.1[cm]. éste tiene una magnetización uniforme M de 5300 [A/m] en dirección paralela a su eje:

- Calcule el momento dipolar magnético del imán.
- ¿Cuál es el campo magnético axial a una distancia de 1m respecto del centro del imán a lo largo de su eje?

PROBLEMA 32 Un disco de Fe tiene una altura $h=1.00[mm]$ y un radio $r=1.00[cm]$. El momento dipolar magnético de un átomo del Fe es $\mu=1.8 \times 10^{-23}$ [A.m²]. La masa molar del Fe es 55.85 gr y su densidad es 7.9 [g/cm³]. Suponga que todos los átomos de Fe en el disco tienen su momento dipolar alineado con el eje del disco.

- ¿Cuál es la densidad de átomos del Fe (números de átomos por m³)
- ¿Cuál es la magnetización M del disco?
- ¿Cuál es el momento dipolar magnético del disco?

PROBLEMA 33 Un solenoide de 16 vueltas por cm porta una corriente de 1.3[A]. Suponga que el diámetro es mucho menor que el largo del mismo

- En cuánto se incrementa el campo magnético en el interior del solenoide cuando en el centro del mismo se inserta una varilla cromo. (el cromo es un material paramagnético cuya susceptibilidad magnética es $\chi=2.7 \times 10^{-4}$)
- Calcule la magnitud de la magnetización M de la varilla.

PROBLEMA 34 Una placa de cobre con 2.0 [mm] de espesor y 1.50 [cm] de ancho se coloca en el plano ZX. En la región existe un campo magnético uniforme con magnitud de 0.40 [T] en la dirección (+j). Cuando pasa una corriente de 75 [A] en la dirección positiva del versor \hat{i} , se mide con cuidado el potencial en la parte inferior de la placa y resulta ser de 0.81 [mV] más grande que el de la parte superior. A partir de tal medición, determine la concentración de electrones móviles en el cobre.

PROBLEMA 35 Cuando una sonda de Efecto HALL se pone en un campo magnético uniforme de 0.08 T de magnitud, produce un voltaje Hall de 0.7 [μV]. Cuando se mide un campo magnético desconocido, el voltaje Hall es 0.33 [μV] ¿Cuál es la magnitud del campo desconocido?

PROBLEMA 36 En un experimento diseñado para medir el campo magnético de la tierra utilizando el efecto HALL, una barra de cobre de 0.5cm de espesor y 1.5 cm de ancho se dispone en dirección este-oeste. Una corriente de 8 A en el conductor da como resultado un voltaje Hall de 5.1×10^{-12} volts ¿Cuál es la magnitud del campo magnético terrestre? ¿qué componente del campo está midiendo?

PROBLEMA 37 Se desea estimar el momento dipolar magnético asociado al movimiento de un electrón en torno a un protón. Para ello se utilizará un modelo “semi-clásico”. Se asume que el electrón gira en una órbita circular de radio $r = 0.52 [A^\circ]$ en sentido antihorario en torno al protón, el cual dado que tiene una masa mucho mayor, se ubica en el centro.

- La fuerza centrípeta que hace que el electrón orbite al protón es la fuerza de atracción coulombiana. Tomando esto en cuenta, así como el radio dado, calcule la velocidad del electrón en nuestro análisis semi-clásico
- Dada esta velocidad ¿cuál es el periodo de la órbita?
- ¿cuál es la corriente asociada al movimiento? Considere al electrón como uniformemente distribuido en la órbita.
- ¿Cuál es el momento dipolar magnético asociado con esta órbita? De la magnitud y dirección. La magnitud de este momento dipolar es un Magnetón de Bohr μ_B .

PREGUNTAS

MCH1- Una partícula con carga Q se desplaza con velocidad \vec{v} en una región del espacio libre. Debido a la presencia de la carga en dicha región del espacio:

- Existe un campo magnético Existe un campo eléctrico
 Existe un campo eléctrico y uno magnético No se puede precisar la existencia de campo

MCH2- El flujo de campo magnético a través de una superficie cerrada es:

- $\Phi < 0$ $\Phi > 0$ $\Phi = 0$ No se puede precisar

MCH3- Indique cuáles de las siguientes ecuaciones describen las propiedades del campo magnético de corrientes estacionarias

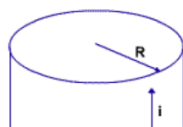
- $\vec{\nabla} \times \vec{B} = 0$ y $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$ $\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$ y $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} \neq 0$
 $\vec{\nabla} \times \vec{B} = 0$ y $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} \neq 0$ $\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$ y $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$

MCH4- Por dos alambres paralelos circula corriente como se muestra en la figura. La fuerza entre ellos es:

- Atractiva. Cero.
 Repulsiva. En otra dirección.

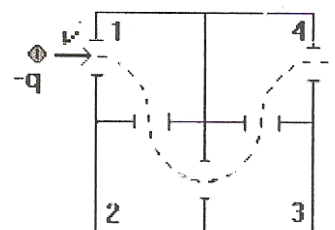
MCH5- Considérese un cilindro conductor de longitud muy grande y radio R , por el que circula una corriente I uniforme paralela a su eje. El módulo del campo magnético $|\vec{B}(r)|$ para un punto en el interior del conductor es:

- $B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ $B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi R^2} r$ Otro.



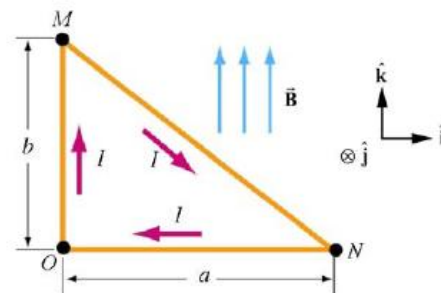
MCH6- La figura muestra cuatro cámaras interconectadas. Al cambiar la dirección del campo magnético \vec{B} en cada una de ellas se logra que la carga negativa q ingrese por la cámara 1 y salga por la 4. Las trayectorias de la carga q , en cada una de las cámaras, son circulares, tal como se muestra en la figura.

- En la cámara 1 la dirección de \vec{B} es (entrante/saliente/nulo) .
 En la cámara 2 la dirección de \vec{B} es (entrante/saliente/nulo) .
 En la cámara 3 la dirección de \vec{B} es (entrante/saliente/nulo) .
 En la cámara 4 la dirección de \vec{B} es (entrante/saliente/nulo)

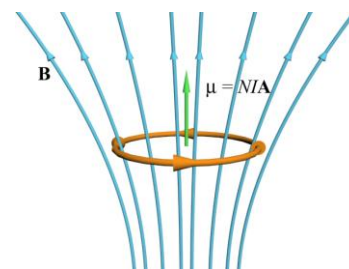


MCH7- Considere la siguiente espira triangular de lados a y b . Por la espira circula una corriente I en la dirección mostrada, y en esa región hay un campo magnético que tiene una magnitud B y tiene la dirección mostrada. El torque sobre la espira será:

- en la dirección $-\hat{i}$, y con una magnitud de $(IabB)/2$
- en la dirección $+\hat{i}$, y con una magnitud de $(IabB)/2$
- en la dirección $-\hat{j}$, y con una magnitud de $(IabB)/2$
- en la dirección $+\hat{j}$, y con una magnitud de $(IabB)/2$
- en la dirección $-\hat{i}$, y con una magnitud de $IabB$
- en la dirección $+\hat{i}$, y con una magnitud de $IabB$
- en la dirección $-\hat{j}$, y con una magnitud de $IabB$
- en la dirección $+\hat{j}$, y con una magnitud de $IabB$
- otro



MCH8- Se coloca una espira por la que circula una corriente I , en una región del espacio donde existe un campo magnético \vec{B} , tal como se muestra en la figura. La espira “sentirá una fuerza”



- hacia arriba
- hacia abajo
- nula

1- Puede una partícula cargada moverse a través de un campo magnético sin experimentar fuerza alguna? Explique

2- ¿Cómo puede ser que el movimiento de una partícula cargada esté influenciado por un campo magnético si éste no realiza trabajo sobre la misma?

3- ¿qué tipo de campo magnético puede ejercer fuerza neta sobre un dipolo magnético? ¿La fuerza es atractiva o repulsiva?

4- Si una corriente circula por un resorte, ¿éste se estirará o se comprimirá?

5- Dos espiras circulares coplanares y concéntricas, de diferentes diámetros, portan corrientes estacionarias con el mismo sentido ¿las espiras se atraen o se repelen entre sí? Explique

6- Dos barras de hierro se atraen sin importar la combinación en la que se aproximan sus extremos, luego se puede concluir que (justifique)

- 7- Ambas están imantadas
- 8- ambas están desmagnetizadas
- 9- una debe estar imantada y la otra no

10- Los rayos cósmicos son partículas cargadas que inciden sobre la atmósfera terrestre desde una fuente externa (principalmente el sol). Se ha determinado que sobre los polos, norte y sur, magnéticos inciden mayor número de rayos de baja energía que en la región del ecuador (magnético), ¿a qué se debe esto?

11- En términos de $\mathbf{F} = q \mathbf{v} \times \mathbf{B}$, justificar que los electrones y protones del viento solar que quedan atrapados en los cinturones del Van Allen de la Tierra se mueven en espirales en torno a las líneas de campo magnético. ¿En qué difieren los movimientos de los electrones y protones entre sí?

12- Explicar porqué un imán atrae a un material ferromagnético desmagnetizado, ejemplo un clavo.