F.F.I. — *Grado en Ingeniería de la Salud. Curso 2018-2019.* — Ejercicios del tema 4

Fuerza magnética sobre cargas en movimiento

1. El campo magnético de la tierra en cierto zona del hemisferio norte es de 0.6 G y está dirigido hacia el norte y hacia abajo con una inclinación de 70º respecto de la horizontal. Determinar la magnitud y dirección de la fuerza que experimentará un protón (carga 1.6×10^{-19} C) si se lanza con una velocidad de 15000 km/s en dirección norte.
Sol.: 13.53×10^{-17} N, dirigida hacia el oeste.

2. En cierta zona existe un campo magnético uniforme $\vec{B} = 500\ \vec{\mathrm{k}}$ mT. Determinar la fuerza que ejerce sobre un protón cuando su velocidad es: (**a**) $3\ \vec{\mathrm{i}}$ Mm/s; (**b**) $5\ \vec{\mathrm{j}}$ Mm/s; (**c**) $7\ \vec{\mathrm{k}}$ Mm/s; (**d**) $(3\ \vec{\mathrm{i}} + 4\ \vec{\mathrm{j}})$ Mm/s.
Sol.: (a) $-0.24\ \vec{\mathrm{j}}$ pN; (b) $0.4\ \vec{\mathrm{i}}$ pN; (c) 0 N; (d) $(0.32\ \vec{\mathrm{i}} - 0.24\ \vec{\mathrm{j}})$ pN.

3. Los electrones de un haz monocinético (todos los electrones del haz poseen la misma velocidad) realizan un movimiento rectilíneo y uniforme en una zona del espacio donde coexisten un campo eléctrico uniforme y un campo magnético uniforme $\vec{B} = 50\ \vec{\mathrm{j}}$ G. Sabiendo que la velocidad de los electrones del haz es $20\ \vec{\mathrm{i}}$ Mm/s, determinar el campo eléctrico, $\vec{E}$, existente.
Sol. Dado que el movimiento es rectilíneo y uniforme la fuerza neta debe ser nula, luego la fuerza eléctrica y magnética deben compensarse, por tanto: $\vec{E} = -\vec{v} \times \vec{B} = -100\ \vec{\mathrm{k}}$ kV/m.

4. Si en el ejercicio anterior se suprime el campo eléctrico y se mantiene el magnético, los electrones del haz describirán órbitas circulares. Sabiendo que la masa del electrón es $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg, determinar el radio y el periodo de la dichas órbitas y hacer un dibujo de las mismas.
Sol. $R = 2.275$ cm y $T \simeq 7.15$ ns.

5. Una partícula con carga q y masa m es acelerada mediante una diferencia de potencial de V_0 voltios (potencial acelerador). Tras el proceso de aceleración, entra en un campo magnético de módulo B perpendicular a su velocidad donde describe una órbita circular. Determinar las expresión del radio de la órbita en función del potencial acelerador V_0. ¿Dependerá el periodo de rotación del potencial V_0?
Sol. $R = \sqrt{(2mV_0/q)}/B$. El periodo de rotación sólo depende de B y de la razón (m/q), por tanto, no dependerá de V_0.

6. Un haz de iones de níquel está formado por dos isótopos estables de dicho elemento:^{58}Ni y ^{60}Ni, siendo la carga de cada ión 1.6×10^{-19}C. El haz se obtuvo mediante un potencial acelerador que comunicó a cada ion una energía cinética de 4 keV (1eV= $1,6 \times 10^{-19}$ J). El haz descrito se introduce en un campo magnético uniforme de 100 mT perpendicular al mismo. Sabiendo que la masa de los iones ^{58}Ni es $m_1 = 9,62 \times 10^{-26}$ kg y que la relación de masas es $m_2/m_1 = 60/58$, siendo m_2 la masa de los iones del isótopo ^{60}Ni: (**a**) demostrar que se cumple $R_2/R_1 = \sqrt{m_2/m_1}$, donde R_1 y R_2 son los radios correspondiente al movimiento circular que realiza cada isótopo; (**b**) calcular la diferencia, $R_2 - R_1$, entre dichos.
Sol. (b) $R_2 - R_1 \simeq 11.9$ mm.

Fuerza sobre conductores en un campo magnético uniforme

7. Determinar el módulo de la fuerza que un campo de 0.5 T ejercería sobre un tramo recto de conductor de 10 cm de longitud circulado por un corriente de 2 A en tres casos: (1) el tramo es perpendicular al campo; (2) el tramo es paralelo al campo; (3) el tramo forma un ángulo de 30º con el campo.
Sol.: (1) 0.1 N; (2) 0 N; (3) 0.05 N.

8. Una espira conductora filiforme circulada por 1 A tiene forma de triángulo rectángulo y está situada en el plano xy. Uno de sus lados mide 60 cm y se halla sobre el eje x y otro de sus lados mide 80 cm y está sobre el eje y. La intensidad recorre la espira en sentido desde el origen de coordenadas hacia el vértice que se halla en el eje x. En la zona existe un campo magnético uniforme de 2 T en sentido positivo del eje z. Calcular la fuerza magnética sobre cada lado y hacer un dibujo de las mimas. Comprobar que la resultante de las tres fuerzas es nula.
Sol.: $\vec{F}_1 = -1.2\,\vec{\jmath}$ N, $\vec{F}_2 = -1.6\,\vec{\imath}$ N y $\vec{F}_3 = 1.6\,\vec{\imath} + 1.2\,\vec{\jmath}$ N. La resultante, suma de las tres fuerzas anteriores, es nula. (**Nota**. Este resultado es válido para cualquier forma de la espira y puede concluirse que la fuerza resultante sobre una espira en un campo uniforme es nula. Esto no implica que la espira no pueda girar pues el momento de las fuerzas puede no ser nulo aunque lo sea la suma de las mismas).

9. Una bobina cuadrada de 5 cm de lado y de 100 vueltas circulada por una intensidad de 2 A se dispone según se indica en la figura. La bobina se encuentra en un campo magnético uniforme de $400\,\vec{\jmath}$ mT. Determinar: (**a**) la fuerza sobre cada lado, y la resultante, comprobando que es nula; (**b**) el momento de fuerzas que actúa sobre la bobina; (**c**) la posición de equilibrio estable que alcanzaría la bobina y las fuerzas y el momento en dicha posición.
Sol.: (a) $4\,\vec{k}$ N, $-4\,\vec{k}$ N, $2\,\vec{\imath}$ N y $-2\,\vec{\imath}$ N, resultante nula; (b) $M = 0.1\sqrt{3}$ N·m; (c) posición de equilibrio estable: espira paralela al plano xz, fuerzas: $4\,\vec{k}$ N, $-4\,\vec{k}$ N, $4\,\vec{\imath}$ N y $-4\,\vec{\imath}$ N, resultante nula y momento nulo.

Campo magnético creado por conductores filiformes y fuerza entre conductores

10. Partiendo de la expresión general del campo magnético creado por un conductor filiforme, rectilíneo y de longitud infinita, determinar el valor concreto de dicho campo en cualquier punto de los planos coordenados xz e yz si el conductor está dispuesto sobre el eje z estando su intensidad, I, dirigida en el sentido positivo de dicho eje.
Sol.: $\vec{B} = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi x}\,\vec{\jmath}$ en puntos del plano xz y $\vec{B} = -\dfrac{\mu_0 I}{2\pi y}\,\vec{\imath}$ en puntos del plano yz.

11. Cuatro conductores rectilíneos de gran longitud se han colocado paralelos al eje z pasando por los vértices de un cuadrado de 10 cm situado en el plano $z = 0$, según se muestra en la figura. Sabiendo que transportan las intensidades indicadas en la figura y el sentido señalado en la misma, determinar (**a**) la fuerza por unidad de longitud que ejercen los tres conductores circulados por 2 A sobre el cuarto conductor circulado por 1 A; (**b**) el valor por el cual deberíamos sustituir la intensidad del conductor que pasa por el origen de coordenadas si, manteniendo las otras tres intensidades igual, deseamos conseguir que la fuerza sobre el conductor de 1 A sea nula.
Sol.: (a) $-(2\,\vec{\imath} + 2\,\vec{\jmath})$ μN/m; (b) debería ser el doble, esto es, 4 A.

12. Una espira rectangular recorrida por una intensidad de 5 A se encuentra junto a un hilo conductor rectilíneo e infinito circulado por una corriente de 20 A, según se muestra en la figura. Determínese la fuerza neta ejercida sobre la espira (**Nota**. Téngase en cuenta que las fuerzas sobre los dos lados de la espira perpendiculares al conductor se cancelan pues, por simetría, serán fuerzas iguales y de sentido contrario, ya que la intensidad va en distinto sentido en cada lado. Luego no es preciso calcularlas para saber la fuerza total).
Sol.: $\mathbf{F}_{\text{neta}} = 7.15 \times 10^{-5}\,\vec{\imath}$ N.

13. Un conductor recto infinitamente largo y circulado por una intensidad I se dobla en la forma indicada en la figura. La porción circular tiene un radio R con su centro a distancia r de la parte recta. Demostrar que si se verifica la relación $\pi r = R$ entonces el campo magnético en el centro de la porción circular es nulo (**Nota**. El campo puede calcularse fácilmente por superposición modelando el circuito como la superposición de una espira circular y un conductor recto de longitud infinita y utilizando los resultados conocidos para esos circuitos más sencillos).

14. Un conductor rectilíneo filiforme de longitud infinita está colocado sobre el eje y y transporta un intensidad I_1 en sentido negativo de dicho eje. Paralelamente a dicho conductor se dispone otro similar que corta al eje x en el punto $x = a$ y trasporta una intensidad I_2 de sentido contrario a I_1. Determinar: (**a**) el campo magnético en los puntos del plano xy; (**b**) los puntos del plano xy en los cuales el campo magnético es nulo y dibujar dichos puntos para los casos $I_1 > I_2$ e $I_2 > I_1$.
Sol.: (a) $\mathbf{B} = \mu_0/(2\pi)\,(I_1/x + I_2/(a-x))\,\vec{\mathrm{k}}$; (b) puntos de la recta paralela al eje y que corta al eje x en $x = aI_1/(I_1 - I_2)$, de forma que si $I_1 > I_2$ el valor de x sería mayor que d y si $I_2 > I_1$ el valor de x sería negativo.

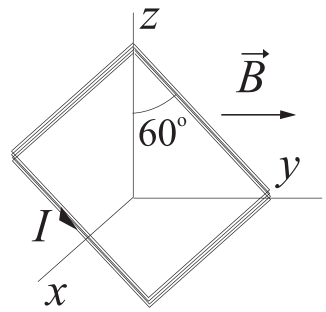
Bobinados

15. Calcular el valor de la intensidad que debe circular por un solenoide esbelto de 485 espiras/metro si se desea que el campo en su interior sea similar al campo magnético de la tierra (el campo magnético de la tierra es aproximadamente 0.6 G).
Sol.: Como $B = \mu_0 n I$, siendo n las espiras/metro $\Rightarrow I = 98,44$ mA.

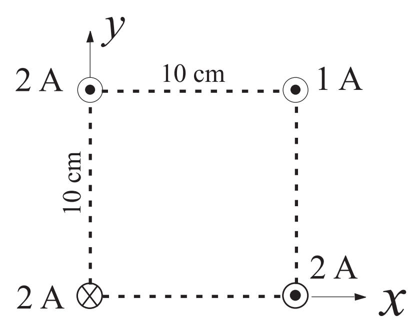
16. Determinar el número de vueltas que debe poseer una bobina circular plana de 10 cm de radio si se desea que el campo magnético en su centro sea aproximadamente igual al de la tierra (0.6 G) cuando la bobina sea circulada por una intensidad de 500 mA.
Sol.: Como $B = \dfrac{N\mu_0 I}{2R}$, siendo N el número de espiras y R el radio $\Rightarrow \sim 19$ vueltas.

17. Un solenoide esbelto de n_1 vueltas por unidad de longitud está circulado por una intensidad I_1 y tiene una sección transversal circular de radio R_1. En su interior, y coaxial con él, se ha colocado un segundo solenoide esbelto de n_2 vueltas por unidad de longitud, de sección transversal circular de radio R_2 ($R_2 < R_1$) y circulado por una intensidad I_2. Determinar: (**a**) el módulo del campo magnético total creado por ambos solenoides a cualquier distancia, r, del eje de los mismos; (**b**) la magnitud y sentido (respecto del sentido de I_1) que debería tener I_2 para que, fijada I_1, el campo en el interior del segundo solenoide sea nulo.
Sol.: (a) $B(r) = \begin{cases} |\mu_0 n_1 I_1 \pm \mu_0 n_2 I_2| & \text{si } r < R_2 \\ \mu_0 n_1 I_1 & \text{si } R_2 < r < R_1 \\ 0 & \text{si } r > R_1\ , \end{cases}$
donde r es la distancia al eje de los solenoides y el signo $+$ se toma si ambas intensidades circulan en igual sentido y el $-$ en caso contrario; (b) $I_2 = n_1 I_1/n_2$ y de sentido contrario a I_1.

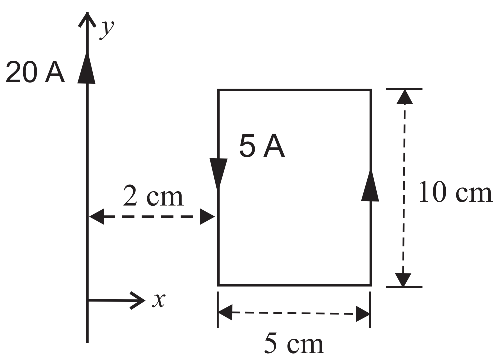
Figuras Bol. Tema 3



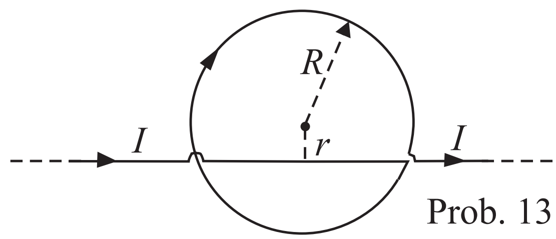
Prob. 9



Prob. 11



Prob. 12



Prob. 13