1. **a)** Demuestra que el campo magnético no es conservativo.

b) Campo magnético en el centro de una espira.

2. Dos isótopos, de masas: $19{,}92 \cdot 10^{-27}$ kg y $21{,}59 \cdot 10^{-27}$ kg, respectivamente, con la misma carga de ionización son acelerados hasta que adquieren un velocidad constante de $6{,}7 \cdot 10^{5}$ m/s. Se les hace atravesar una región de campo magnético uniforme de 0,85 T cuyas líneas de campo son perpendiculares a la velocidad de las partículas.

a) Determine la relación entre los radios de las trayectorias que describe cada isótopo.

b) Si han sido ionizados una sola vez, determine la separación entre los dos isótopos cuando han descrito una semicircunferencia.

Dato: Valor absoluto de la carga del electrón: $e = 1{,}6019 \cdot 10^{-19}$ C.

3. En un instante determinado un electrón que se mueve con una velocidad:
$\vec{v} = 4 \cdot 10^{4}\,\vec{i}$ m/s penetra en una región en la que existe un campo magnético de valor:
$\vec{B} = -\,0{,}8\,\vec{j}$ T, siendo $\vec{i}$ y $\vec{j}$ los vectores unitarios en los sentidos positivos de los ejes X e Y respectivamente. Determine: **a)** El módulo, la dirección y el sentido de la aceleración adquirida por el electrón en un instante, efectuando un esquema gráfico en la explicación.

b) La energía cinética del electrón y el radio de la trayectoria que describiría el electrón al moverse en el campo, justificando la respuesta.

Datos: Valor absoluto de la carga del electrón: $e = 1{,}6019 \cdot 10^{-19}$ C

Masa del electrón: $m_e = 9{,}11 \cdot 10^{-30}$ kg.

4. Tres hilos conductores rectilíneos, muy largos y paralelos, se disponen como se muestra en la Figura 1 (perpendiculares al plano del papel pasando por los vértices de un triángulo rectángulo). La intensidad de corriente que circula por todos ellos es la misma:
I = 25 A, aunque el sentido de la corriente en el hilo C es opuesto al de los otros dos hilos.
Determine: **a)** El campo magnético en el punto P, punto medio del segmento AC.

b) La fuerza que actúa sobre una carga positiva $Q = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C si se encuentra en el punto P moviéndose con una velocidad de 10^{6} m/s perpendicular al plano del papel y con sentido hacia fuera.

Dato: Permeabilidad magnética de vacío: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ N·A^{-2}.

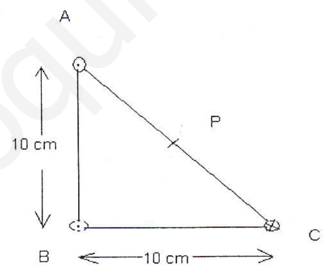
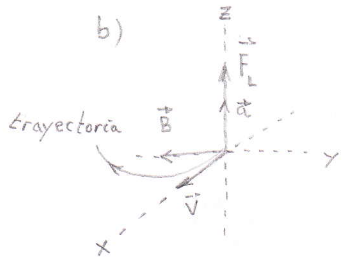


Figura 1

3.- a) La fuerza que ejerce un campo magnético sobre una carga móvil viene dada por la ley de Lorentz $\vec{F}_L = q(\vec{V}\times\vec{B})$ y teniendo en cuenta la segunda ley de Newton de la Dinámica, podemos obtener:
$\vec{F}_L = \vec{F} \Rightarrow q(\vec{V}\times\vec{B}) = m\vec{a}$, de donde la aceleración del electrón vale:

$$\vec{a} = \frac{q(\vec{V}\times\vec{B})}{m} = \frac{-1{,}6019\cdot10^{-19}\,C}{9{,}11\cdot10^{-31}\,Kg}\cdot\begin{vmatrix}\vec{i} & \vec{j} & \vec{k}\\ 4\cdot10^{4} & 0 & 0\\ 0 & -0{,}8 & 0\end{vmatrix} = 5{,}63\cdot10^{15}\,\vec{k}\ \ ms^{-2}$$

b)



La fuerza magnética de Lorentz es una fuerza centrípeta que provoca que en en el interior del campo magnético el electrón describa un movimiento circular uniforme.

$$F_L = F_c \Rightarrow |q|VB\,sen\varphi = m\frac{V^2}{R} \rightarrow R = \frac{m\cdot V}{|q|\cdot B\,sen\varphi} = \frac{9{,}11\cdot10^{-31}Kg\cdot4\cdot10^{4}ms^{-1}}{1{,}6019\cdot10^{-19}C\cdot1} = 2{,}84\cdot10^{-7}\,m \leftarrow sen\varphi = sen90^\circ = 1$$

Su E_c valdrá: $E_c = \frac{1}{2}mV^2 = \frac{1}{2}\cdot9{,}11\cdot10^{-31}Kg\cdot(4\cdot10^{4}ms^{-1})^2 = 7{,}28\cdot10^{-22}\,J = 4{,}54\cdot10^{-3}\,eV$.

2.- a) Utilizando la fórmula obtenida en el apartado b) de la pregunta 3. $R = \frac{m\cdot V}{|q|\cdot B\cdot sen\varphi}$

En nuestro caso $sen\varphi = sen90^\circ = 1$ (líneas de campo perpendiculares). Hacemos asignaciones:

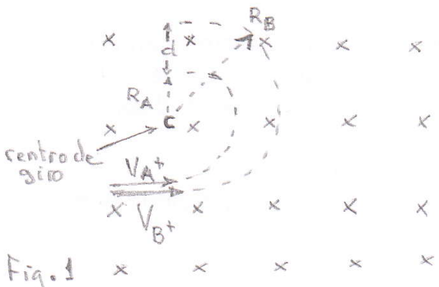


Fig. 1

A^+ isótopo de masa $19{,}22\cdot10^{-27}$ Kg y carga $|e| = 1{,}6019\cdot10^{-19}$ C (positiva).
B^+ " " " $21{,}59\cdot10^{-27}$ Kg y carga $|e| = 1{,}6019\cdot10^{-19}$ C (positiva).

$$\frac{R_{B^+}}{R_{A^+}} = \frac{\frac{m_B\cdot V_B}{q_B\cdot B}}{\frac{m_A\cdot V_A}{q_A\cdot B}} = \frac{m_B}{m_A} = \frac{21{,}59\cdot10^{-27}\,Kg}{19{,}92\cdot10^{-27}\,Kg} = 1{,}08$$

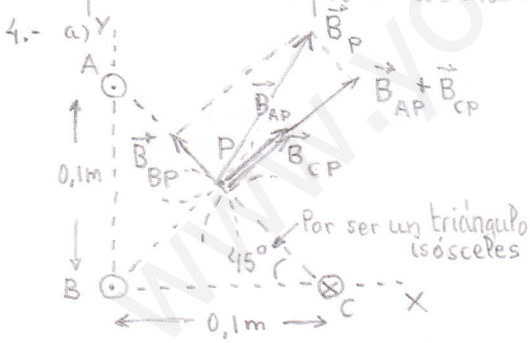
b) Cálculo de los radios de las respectivas circunferencias descritas para cada isótopo ionizado en el campo magnético.

$$R_{A^+} = \frac{m_A\cdot V_A}{q_A\cdot B} = \frac{19{,}92\cdot10^{-27}Kg\cdot6{,}7\cdot10^{5}ms^{-1}}{1{,}6019\cdot10^{-19}C\cdot0{,}85\,T} = 9{,}81\cdot10^{-2}\,m$$

$$R_{B^+} = \frac{m_B\,V_B}{q_B\cdot B} = \frac{21{,}59\cdot10^{-27}Kg\cdot6{,}7\cdot10^{5}ms^{-1}}{1{,}6019\cdot10^{-19}C\cdot0{,}85\,T} = 1{,}06\cdot10^{-1}\,m$$

En la Fig. 1 podemos observar que la separación entre las dos semicircunferencias descritas por los dos isótopos en el seno del campo magnético vale: $d = R_{B^+} - R_{A^+} = 1{,}06\cdot10^{-1}m - 9{,}81\cdot10^{-2}m = 7{,}9\cdot10^{-3}m$.

4.- a)



Aplicando el principio de superposición calculamos el campo magnético en el punto P (ver figura).
$\vec{B}_P = \vec{B}_{AP} + \vec{B}_{BP} + \vec{B}_{CP}$. Los campos magnéticos creados en el punto P por cada hilo de corriente se obtienen mediante la ley de Biot y Savart. Sus respectivos vectores se obtienen aplicando la regla de la mano derecha. Los distintos vectores $\vec{B}$ son tangentes, en el punto P, a sus respectivas líneas de fuerza que, a su vez, son circunferencias concéntricas con cada corriente y orientadas según la regla mencionada anteriormente.

De la figura podemos deducir que las distancias valen:

$r = r_{AP} = r_{BP} = r_{CP} = 0{,}1m\cdot cos45^\circ = 0{,}07m$

$$B_{AP} = B_{BP} = B_{CP} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{4\pi\cdot10^{-7}NA^{-2}\cdot25A}{2\pi\cdot0{,}07m} = 7{,}07\cdot10^{-5}\,T$$

También podemos deducir que:
$B_{AP} + B_{CP} = 2B_{AP} = 2\cdot7{,}07\cdot10^{-5}T = 14{,}14\cdot10^{-5}T$. Y según el Teorema de Pitágoras: $B_p = \sqrt{B_{BP}^2 + (B_{AP}+B_{CP})^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow B_p = \sqrt{(7{,}07\cdot10^{-5})^2 + (14{,}14\cdot10^{-5})^2} = 1{,}58\cdot10^{-4}T$.

b) Aplicando la ley de Lorentz podemos calcular la fuerza magnética que experimenta la carga positiva $Q = 1{,}6\cdot10^{-19}C$ al moverse con una velocidad de $10^6 m/s$ y dirección perpendicular al plano que contiene al vector campo magnético cuyo punto de aplicación está en el punto P, que hemos calculado en el apartado a). $\vec{F}_L = q(\vec{V}\times\vec{B})$; $F_L = qVB\,sen\varphi = 1{,}6\cdot10^{-19}C\cdot10^6 m/s\cdot1{,}58\cdot10^{-4}T\cdot sen90^\circ = 2{,}528\cdot10^{-17}N$

La fuerza magnética que actúa sobre la carga vale: $F_L = 2{,}528\cdot10^{-17}N$.