EXAMEN FÍSICA UNED

Convocatoria Extraordinaria. Curso 2018-2019

CUESTIONES TIPO TEST

1. El campo magnético creado por una corriente en una espira circular (de radio R) en el centro de la espira es:
   a) Inversamente proporcional a R.
   b) Inversamente proporcional a R^2.
   c) Nulo.

   Para calcular el campo magnético $\vec{B}$ en el centro de una espira, por la que circula una corriente eléctrica de intensidad I, utilizamos la ley de Biot y Savart. El modulo de dicho campo será:

$$B = \frac{\mu_o \cdot I}{2 \cdot R} \begin{cases} \mu_o: Permeabilidad\ magnética\ (N/A^2) \\ I: Intensidad\ de\ corriente\ (A) \\ R: Radio\ de\ la\ espira\ (m) \end{cases}$$

2. La fuerza electromotriz, fem, inducida por un campo magnético dependiente del tiempo en una espira circular de radio R es:
   a) Proporcional a R.
   b) Proporcional a R^2.
   c) Independiente de R.

$$Fuerza\ electromotriz \rightarrow\ \varepsilon(t) = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\left(N \cdot \vec{B} \cdot \vec{S}\right)}{dt} = -NS\frac{dB(t)}{dt}$$

$$\varepsilon(t) = -1 \cdot (\pi R^2) \cdot \frac{dB(t)}{dt} \begin{cases} Campo\ magnético\ dep.del\ tiempo \rightarrow B(t)\ (T) \\ Área\ de\ la\ espira\ circular \rightarrow S = \pi R^2\ (m^2) \\ Número\ de\ espiras \rightarrow N = 1 \end{cases}$$

3. Una onda armónica se propaga sobre la superficie de un líquido a una velocidad de 5 m s^{-1} produciendo en un punto fijo 2 oscilaciones completas por segundo. La distancia entre dos picos consecutivos de la onda es:
   a) 10 m
   b) 2,5 m
   c) 5π m

   Sabemos que en un punto fijo se producen 2 oscilaciones completas por segundo, es decir:

$$T \rightarrow Tiempo\ que\ tarda\ una\ onda\ en\ realizar\ una\ oscilación\ completa\ (s) \rightarrow T = 1/2\ s$$

Considerando que el primer pico de la onda empieza a propagarse en $t = 0\ s$, el tiempo que tarda en alcanzar el siguiente pico consecutivo (una oscilación completa) será de $t = 0{,}5\ s$.
Asimismo, como se trata de un movimiento uniforme, la distancia entre dos picos consecutivos (Δx) se puede calcular mediante la fórmula:

$$s = v \cdot t \rightarrow (x_2 - x_1) = v \cdot (t_2 - t_1) \rightarrow \Delta x = 5 \cdot (0{,}5 - 0) = \mathbf{2{,}5\ m}$$

4. Cuando un núcleo de torio $^{230}_{90}Th$ emite una partícula α se convierte en radio:
   a) $^{226}_{88}Ra$
   b) $^{228}_{89}Ra$
   c) $^{228}_{88}Ra$

Cuando se produce una desintegración alfa, el núcleo del elemento se modifica de la siguiente forma:

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + \alpha \quad entonces \quad {}^{230}_{90}Th \rightarrow {}^{226}_{88}Ra + \alpha$$

5. Un material radiactivo tiene un periodo de semidesintegración de 20 minutos. Si inicialmente se tienen $6{,}2 \cdot 10^{40}$ núcleos de este material, al cabo de 1 día, el número de núcleos radiactivos es:
   a) $3{,}3 \cdot 10^{9}$
   b) $3{,}1 \cdot 10^{12}$
   c) $1{,}3 \cdot 10^{19}$

Conocida la ecuación de decaimiento:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \begin{cases} \lambda: Constante\ de\ desintegración\ (s^{-1}) \\ t: Tiempo\ que\ tarda\ en\ desintegrarse\ la\ muestra\ (s) \\ N_0: Número\ de\ átomos\ iniciales \\ N: Número\ de\ átomos\ finales \end{cases}$$

Y teniendo en cuenta que el periodo de semidesintegración es el tiempo necesario para que el número de núcleos radioactivos disminuya a la mitad, podemos establecer la siguiente relación:

$$N = \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot T_{\frac{1}{2}}} \rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda \cdot T_{\frac{1}{2}}} \rightarrow -\lambda \cdot T_{\frac{1}{2}} = Ln\left(\frac{1}{2}\right) \rightarrow -\lambda \cdot T_{\frac{1}{2}} = Ln\ 1 - Ln\ 2 = -Ln\ 2$$

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{Ln\ 2}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{Ln\ 2}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{Ln\ 2}{(20 \cdot 60)} = 5{,}78 \cdot 10^{-4}\ s^{-1}$$

El número de núcleos radiactivos en un día, sabiendo que inicialmente se tienen $6{,}2 \cdot 10^{40}$ núcleos de este material será:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = (6{,}2 \cdot 10^{40}) \cdot e^{-(5{,}78 \cdot 10^{-4}) \cdot (86400)} = \mathbf{1{,}27 \cdot 10^{19}\ núcleos\ en\ 1\ día}$$

$$t = (1\ día) \cdot \frac{24h}{1\ día} \cdot \frac{3600s}{1h} = 86400\ s$$

6. Un voltio equivale a:
   a) $1\ \mathrm{N \cdot C}$
   b) $1\ \mathrm{J \cdot C^{-1}}$
   c) $1\ \mathrm{N \cdot s^{-1} \cdot C^{-1}}$

$$V = k \cdot \frac{q}{d}\ (V) \begin{cases} k\text{: Constante de la ley de Coulomb } (N \cdot m^2 \cdot C^{-2}) \\ q\text{: Carga eléctrica que genera el campo } (C) \\ d\text{: Distancia de la carga al punto de estudio } (m) \end{cases}$$

$$V = k \cdot \frac{q}{d} \rightarrow V = (N \cdot m^2 \cdot C^{-2}) \cdot \frac{C}{m} = N \cdot m \cdot C^{-1} = \boldsymbol{J \cdot C^{-1}}$$

7. El radio de la Tierra es 6380 km. La aceleración de la gravedad es igual a *g/9*, siendo *g* su valor en la superficie de la Tierra a una altura sobre la superficie de la Tierra igual a:
   a) 12760 km
   b) 19140 km
   c) 51040 km

$$\vec{g} = G \cdot \frac{M}{r^2} \overrightarrow{u_r} \left(\frac{N}{kg}\right) \begin{cases} g\text{: Aceleración de la gravedad } \left(\frac{N}{kg}\right) \\ M\text{: Masa del planeta } (kg) \\ r\text{: Dist. del objeto a la sup. del planeta } (m) \rightarrow r = R + h \\ G\text{: Constante de Gravit. Univ. } (N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}) \end{cases}$$

El módulo del vector aceleración es:

$$g = G \cdot \frac{M}{r^2} \begin{cases} \text{En la sup. de la Tierra} \rightarrow g = G \cdot \frac{M_T}{{R_T}^2} \\ \text{A una altura } h \text{ de la sup. de la Tierra} \rightarrow \frac{g}{9} = G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \end{cases}$$

$$\frac{g}{9} = G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \rightarrow g = 9 \cdot G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \rightarrow G \cdot \frac{M_T}{{R_T}^2} = 9 \cdot G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$$

$$\frac{1}{{R_T}^2} = \frac{9}{(R_T + h)^2} \rightarrow \frac{1}{9} = \frac{{R_T}^2}{(R_T + h)^2} \rightarrow \frac{1}{9} = \left(\frac{R_T}{R_T + h}\right)^2 \rightarrow \sqrt{\frac{1}{9}} = \left(\frac{R_T}{R_T + h}\right)$$

$$\sqrt{\frac{1}{9}} \cdot (R_T + h) = R_T \rightarrow h = \frac{R_T \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{1}{9}}\right)}{\sqrt{\frac{1}{9}}} = \frac{(6{,}38 \cdot 10^6) \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{1}{9}}\right)}{\sqrt{\frac{1}{9}}} = 1{,}276 \cdot 10^7\ m = \boldsymbol{12760\ km}$$

8. La intensidad del campo eléctrico creado por un plano infinito cargado uniformemente, a una distancia *d* del plano es:
   a) Independiente de la distancia *d*.
   b) Inversamente proporcional a *d*.
   c) Inversamente proporcional a *d*^{2}.

$$\vec{E} = k \cdot \frac{q}{d^2}\,\vec{u}\ (N/C) \begin{cases} k: Constante\ de\ la\ ley\ de\ Coulomb\ (N \cdot m^2 \cdot C^{-2}) \\ q: Carga\ eléctrica\ que\ genera\ el\ campo\ (C) \\ d: Distancia\ de\ la\ carga\ al\ punto\ de\ estudio\ (m) \end{cases}$$

9. Una partícula de masa *m* y carga positiva *q* se introduce en reposo en un campo eléctrico constante. Si el voltaje en la posición inicial es V_0, la velocidad de la partícula cuando alcanza una posición de menor voltaje V_1 es:
   a) $\sqrt{(V_0 - V_1) \cdot 2q/m}$
   b) $(V_0 - V_1) \cdot q/m$
   c) $(V_0 - V_1) \cdot \frac{2q}{m}$

   Cuando una partícula cargada positivamente penetra en un campo eléctrico, la partícula se desplaza hacia la zona más electronegativa, es decir, hacia la zona de menor potencial, acelerándose.
   Teniendo en cuenta que el campo eléctrico es conservativo, la energía mecánica adquirida por la partícula durante este proceso será:

$$\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_p = 0 \to \Delta E_c = -\Delta E_p \to \Delta E_c = W = -\Delta E_p = -q \cdot \Delta V$$

$$\Delta E_c = -q \cdot \Delta V \to E_{cf} - E_{c0} = -q \cdot \Delta V \to \frac{1}{2} \cdot m \cdot \left({v^2}_f - {v^2}_0\right) = -q \cdot \Delta V$$

$$ {v^2}_f - {v^2}_0 = \frac{-2 \cdot q \cdot \Delta V}{m} \to {v^2}_f - 0 = \frac{-2 \cdot q \cdot (V_f - V_0)}{m} \to \boldsymbol{v_f} = \sqrt{\frac{\boldsymbol{2 \cdot q \cdot (V_0 - V_f)}}{\boldsymbol{m}}}$$

10. El voltaje *V* debido a una carga puntual *q* es V_1 a una distancia $r_1$de la carga. Entonces a una distancia $r_2 = 2r_1$, el voltaje V_2 es:
   a) $V_2 = V_1/2$
   b) $V_2 = V_1/4$
   c) $V_2 = V_1/\sqrt{2}$

$$V = k \cdot \frac{q}{d}\ (V) \begin{cases} k: Constante\ de\ la\ ley\ de\ Coulomb\ (N \cdot m^2 \cdot C^{-2}) \\ q: Carga\ eléctrica\ que\ genera\ el\ campo\ (C) \\ d: Distancia\ de\ la\ carga\ al\ punto\ de\ estudio\ (m) \end{cases}$$

$$r_2 = 2r_1 \to \boldsymbol{V_2 = \frac{1}{2} \cdot V_1} \begin{cases} V_1 = k \cdot \dfrac{q}{r_1} \\ V_2 = k \cdot \dfrac{q}{r_2} = k \cdot \dfrac{q}{2r_1} = \dfrac{1}{2} \cdot V_1 \end{cases}$$

Respuestas correctas: 1a), 2b), 3b), 4a), 5c), 6b), 7a), 8c), 9a), 10a).

PROBLEMAS

1. Una lámpara de luz monocromática emite una radiación de longitud de onda λ, con una potencia de 20W.
   a) Determinar la energía de cada fotón emitido y cuantos fotones se emiten por segundo.
   b) Estos fotones inciden sobre una placa de tungsteno. El trabajo de extracción de un electrón (o función de trabajo) del tungsteno es $W_{ext.}$ Determinar la energía cinética máxima y la velocidad máxima de los electrones emitidos por la placa por el fenómeno fotoeléctrico. Comparar la velocidad de los electrones emitidos con la velocidad de la luz.

   Un electronvoltio (eV) es igual al aumento en la energía cinética de un electrón al moverse en un campo eléctrico (debido a la acción del campo eléctrico) desde un punto de potencial V_a hasta el punto de potencial V_b cuando la diferencia entre ambos potenciales es igual a 1 voltio (es decir, cuando $V_b - V_a = 1V$).

   c) Determinar el valor de la constante de Planck en unidades de $J \cdot s$.

Datos:

h, constante de Planck	$4{,}14 \cdot 10^{-15}$ eV·s
carga del electrón	$-e = -1{,}60 \cdot 10^{-19}$ C
m_e, masa del electrón	$9{,}11 \cdot 10^{-31}$ kg
c, velocidad de la luz	$3 \cdot 10^{8}$ m s^{-1}
λ, longitud de onda de la luz emitida por la lámpara	$2{,}2 \cdot 10^{-7}$ m
W_{ext}, trabajo de extracción de un electrón de tungsteno	4,58 eV

a)

La energía de un fotón se puede calcular con la expresión:

$$Energía\ de\ un\ fotón \rightarrow E_f = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}\ (J) \begin{cases} h: Constante\ de\ Planck\ (J \cdot s) \\ f: Frecuencia\ de\ la\ radiación\ (s^{-1}) \rightarrow f = \frac{c}{\lambda} \\ \lambda: Longitud\ de\ onda\ de\ la\ radiación\ (m) \\ c: Velocidad\ de\ la\ luz\ en\ el\ vacío\ (m/s) \end{cases}$$

$$E_f = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = (4{,}14 \cdot 10^{-15}) \cdot \left(\frac{3 \cdot 10^8}{2{,}2 \cdot 10^{-7}}\right) = 5{,}64\ eV\ un\ fotón$$

$$E_f = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = (eV \cdot s) \cdot \left(\frac{m \cdot s^{-1}}{m}\right) = eV$$

Para pasar de electronvoltios (eV) a julios (J) tenemos en cuenta el concepto de electronvoltio adjunto en el enunciado. Según esta definición, un electronvoltio es igual al aumento en la energía cinética de un electrón al moverse en un campo eléctrico desde un punto de potencial V_a hasta el punto de potencial V_b cuando $V_b - V_a = 1V$, es decir:

$$Trabajo\ necesario\ para\ mover\ un\ e^- de\ un\ punto\ A\ \ a\ un\ punto\ B \rightarrow W = -q \cdot \Delta V = -q \cdot (V_b - V_a)$$

$$W = -(-1{,}6 \cdot 10^{-19}) \cdot (1) = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ J$$

$$1eV \equiv 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ J$$

Entonces:

$$E_f = 5{,}64\ \cdot (1{,}6 \cdot 10^{-19}\ ) = \mathbf{9{,}02 \cdot 10^{-19}\ J} \rightarrow 1\ fotón$$

La potencia de una onda es la energía que transmite (número total de fotones emitidos por la luz) por unidad de tiempo, es decir:

$$P = \frac{E}{t}\ (W)$$

$$En\ t = 1s \rightarrow P = \frac{E}{1} = 20\ W = 20\ J \cdot s^{-1} \rightarrow E = 20\ J$$

El número total de fotones lo podemos calcular de la siguiente manera:

$$número\ de\ fotones\ emitidos\ por\ la\ luz = \frac{E}{E_f} = \frac{20}{9{,}02 \cdot 10^{-19}} = \mathbf{2{,}22 \cdot 10^{19}\ fotones}$$

b)

La energía cinética máxima de los electrones emitidos puede calcularse como la diferencia entre la energía del fotón absorbido y el trabajo de extracción:

$$E_{c\ máx.} = E_f - W_{ext.} = h \cdot f - h \cdot f_0\ (J) \begin{cases} h: Constante\ de\ Planck\ (J \cdot s) \\ f: Frecuencia\ de\ la\ radiación\ (s^{-1}) \rightarrow f = \dfrac{c}{\lambda} \\ f_0: Frecuencia\ umbral\ (s^{-1}) \\ \lambda: Longitud\ de\ onda\ de\ la\ radiación\ (m) \\ c: Velocidad\ de\ la\ luz\ en\ el\ vacío\ (m/s) \end{cases}$$

$$E_{c\ máx.} = E_f - W_{ext.} = 5{,}64 - 4{,}58 = \mathbf{1{,}06\ eV} = 1{,}06 \cdot (1{,}6 \cdot 10^{-19}) = \mathbf{1{,}70 \cdot 10^{-19}\ J}$$

$$E_{c\ máx.} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2_{máx.} = \frac{1}{2} \cdot (9{,}11 \cdot 10^{-31}) \cdot v^2_{máx.} = 1{,}70 \cdot 10^{-19} \rightarrow v_{máx} = \sqrt{\frac{2 \cdot (1{,}70 \cdot 10^{-19})}{9{,}11 \cdot 10^{-31}}}$$

$$\boldsymbol{v_{máx} = 610914{,}27\ m/s}$$

Comparando este valor con el valor de la velocidad de la luz:

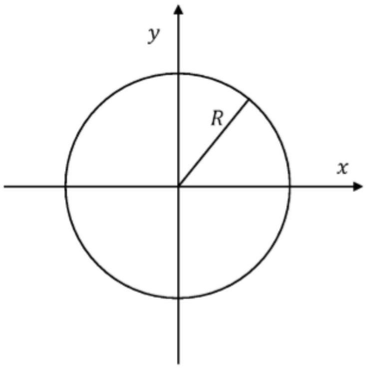
$$\frac{v_{máx}}{c} = \frac{610914{,}27}{3 \cdot 10^8} = 0{,}002 = 0{,}2\% \rightarrow \boldsymbol{v_{máx} = 0{,}2\% \cdot c} \begin{cases} v_{máx} = 610914{,}27\ m/s \\ c = 3 \cdot 10^8\ m/s \end{cases}$$

c)

Teniendo en cuenta que $1eV \equiv 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ J$:

$$h = 4{,}14 \cdot 10^{-15}\ eV \cdot s = (4{,}14 \cdot 10^{-15}) \cdot (1{,}6 \cdot 10^{-19}) = \mathbf{6{,}63 \cdot 10^{-34}\ J \cdot s}$$

2. Un electrón describe un movimiento circular de radio R bajo la acción de un campo magnético uniforme $\vec{B} = B\,\vec{k}$ (figura). Se denota por $\vec{\imath}, \vec{\jmath}, \vec{k}$ los vectores unitarios según los ejes x, y, z, respectivamente, con origen en el centro de le la órbita y con el eje z dirigido hacia arriba (saliendo del papel).



a) Obtener el módulo de la velocidad del electrón y el periodo de su movimiento circular.
b) Obtener la velocidad del electrón $\vec{v}$ en los siguientes tres puntos:

$$\vec{r_1} = (R, 0, 0);\ \vec{r_2} = (0, R, 0);\ \vec{r_3} = \left(\frac{\sqrt{2}}{2}R, \frac{\sqrt{2}}{2}R, 0\right)$$

c) Obtener la fuerza magnética sobre el electrón en las tres mismas posiciones indicadas en el apartado anterior.

Datos:

carga del electrón	$-e = -1{,}60 \cdot 10^{-19}$ C
m_e, masa del electrón	$9{,}11 \cdot 10^{-28}$ g
B, intensidad del campo magnético	$4{,}00 \cdot 10^{-4}$ T
R, radio de la trayectoria del electrón	$2{,}25 \cdot 10^{-4}$ m

a)

El movimiento que realiza el electrón se debe a la fuerza que ejerce el campo magnético uniforme sobre él. Esta fuerza se puede calcular mediante la expresión:

$$Vector \rightarrow \vec{F} = q \cdot (\vec{v} \; x \; \vec{B}) \begin{cases} q: Carga\ de\ la\ partícula\ (C) \\ \vec{v}: Velocidad\ de\ la\ partícula\ (m/s) \\ \vec{B}: Intensidad\ del\ campo\ magnético\ (T) \end{cases}$$

$$Módulo \rightarrow F = q \cdot v \cdot B \cdot sen\ \varphi\ (N) \begin{cases} q: Carga\ de\ la\ partícula\ (C) \rightarrow q = -1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C \\ v: Velocidad\ de\ la\ partícula\ (m/s) \\ B: Intensidad\ del\ campo\ magnético\ (T) \rightarrow B = 4 \cdot 10^{-4}\ T \\ \varphi: Ángulo\ formado\ por\ B\ y\ v\ (rad) \rightarrow \varphi = 90° \end{cases}$$

La trayectoria que sigue la partícula es circular, es decir, la fuerza que ejerce el campo magnético sobre dicha partícula es una fuerza centrípeta.

$$F_C = m \cdot a_C = m \cdot \frac{v^2}{R} \begin{cases} v: Velocidad\ partícula\ (m/s) \\ m: Masa\ de\ la\ partícula\ (kg) \rightarrow m = 9{,}11 \cdot 10^{-31}\ kg \\ R: Radio\ de\ la\ curva\ (m) \rightarrow R = 2{,}25 \cdot 10^{-4}\ m \end{cases}$$

Como los módulos de las dos fuerzas son iguales:

$$F = F_C \rightarrow q \cdot v \cdot B \cdot sen\ \varphi\ = m \cdot \frac{v^2}{R} \rightarrow \frac{v^2}{v} = \frac{q \cdot B \cdot sen\ \varphi \cdot R}{m}$$

$$v = \frac{q \cdot B \cdot sen\ \varphi \cdot R}{m} = \frac{(1{,}6 \cdot 10^{-19}) \cdot (4 \cdot 10^{-4}) \cdot sen\ 90° \cdot (2{,}25 \cdot 10^{-4})}{9{,}11 \cdot 10^{-31}} = \mathbf{15806{,}80\ m/s}$$

Por otro lado, sabemos que la velocidad lineal está relacionada con la velocidad angular mediante la ecuación:

$$v = w \cdot R \rightarrow \frac{q \cdot B \cdot sen\ \varphi \cdot R}{m} = w \cdot R \rightarrow w = \frac{q \cdot B \cdot sen\ \varphi}{m} \begin{cases} velocidad\ lineal \rightarrow v = \frac{q \cdot B \cdot sen\ \varphi \cdot R}{m} \\ velocidad\ angular \rightarrow v = w \cdot R \end{cases}$$

$$w = \frac{2\pi}{T} \rightarrow \frac{q \cdot B \cdot sen\ \varphi}{m} = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{m \cdot 2\pi}{q \cdot B \cdot sen\ \varphi}$$

$$T = \frac{m \cdot 2\pi}{q \cdot B \cdot sen\ \varphi} = \frac{2\pi \cdot (9{,}11 \cdot 10^{-31})}{(1{,}6 \cdot 10^{-19}) \cdot (4 \cdot 10^{-4}) \cdot sen\ 90°} = \mathbf{8{,}94 \cdot 10^{-8}\ s}$$

b)

El vector velocidad en cualquier punto es:

$$\vec{v} = v \cdot \vec{u} \begin{cases} v: Módulo\ de\ la\ velocidad\ (m/s) \rightarrow v = 15806{,}80\ m/s \\ \vec{u}: Vector\ director\ unitario \end{cases}$$

Aplicando la regla del sacacorchos podemos saber cuál es el sentido de giro del electrón. Dado que el vector campo magnético está ubicado en el eje z positivo (saliendo del papel), podemos afirmar que el electrón se mueve en sentido antihorario siguiendo la circunferencia.

El vector velocidad en el punto de la circunferencia $\vec{r_1} = (R, 0, 0)$ será: $\vec{v} = v \cdot \vec{j} = \mathbf{15806,80 \cdot \vec{j}\ (m/s)}$

El vector velocidad en el punto de la circunferencia $\vec{r_2} = (0, R, 0)$ será: $\vec{v} = -v \cdot \vec{i} = \mathbf{-15806,80 \cdot \vec{i}\ (m/s)}$

El vector velocidad en el punto de la circunferencia $\vec{r_3} = \left(\frac{\sqrt{2}}{2}R, \frac{\sqrt{2}}{2}R, 0\right)$ será:

$$\vec{v} = v_x \cdot \vec{i} + v_y \cdot \vec{j} = \mathbf{-11177,1 \cdot \vec{i} + 11177,1\, \vec{j}\ (m/s)}$$

$$\begin{cases} v_x = v \cdot \cos 45° = 15806{,}80 \cdot \dfrac{\sqrt{2}}{2} = 11177{,}09\ (\mathbf{m/s}) \\ v_y = v \cdot \text{sen}\, 45° = 15806{,}80 \cdot \dfrac{\sqrt{2}}{2} = 11177{,}09\ (\mathbf{m/s}) \end{cases}$$

c)

El vector fuerza magnética se calcula mediante la expresión:

$$\vec{F} = q \cdot (\vec{v}\ x\ \vec{B}) \begin{cases} q: Carga\ de\ la\ partícula\ (C) \\ \vec{v}: Velocidad\ de\ la\ partícula\ (m/s) \\ \vec{B}: Intensidad\ del\ campo\ magnético\ (T) \end{cases}$$

$$\vec{F} = F \cdot \vec{u} \begin{cases} F: Módulo\ de\ la\ fuerza\ (N) \\ \vec{u}: Vector\ director\ unitario \end{cases}$$

$$F = q \cdot v \cdot B \cdot sen\ \varphi\ (N) \begin{cases} q: Carga\ de\ la\ partícula\ (C) \rightarrow q = -1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C \\ v: Velocidad\ de\ la\ partícula\ (m/s) \rightarrow v = 15806{,}80\ m/s \\ B: Intensidad\ del\ campo\ magnético\ (T) \rightarrow B = 4 \cdot 10^{-4}\ T \\ \varphi: Ángulo\ formado\ por\ B\ y\ v\ (rad) \rightarrow \varphi = 90° \end{cases}$$

$$F = q \cdot v \cdot B \cdot sen\ \varphi = (1{,}6 \cdot 10^{-19}) \cdot\ 15806{,}80 \cdot (4 \cdot 10^{-4}) \cdot sen\ 90° = 1{,}01 \cdot 10^{-18}\ N$$

Aplicando la regla de la mano derecha podemos saber cuál es el sentido del vector fuerza. Dado que el vector campo magnético está ubicado en el eje z positivo (saliendo del papel), y que el vector velocidad es un vector tangente a la circunferencia en sentido antihorario, podemos afirmar que el vector fuerza es un vector que siempre apunta al centro de la circunferencia, por lo que:

El vector fuerza en el punto de la circunferencia $\overrightarrow{r_1} = (R, 0, 0)$ será: $\vec{F} = -F \cdot \vec{\imath} = \mathbf{-1{,}01 \cdot 10^{-18} \cdot \vec{\imath}\ (N)}$

El vector velocidad en el punto de la circunferencia $\overrightarrow{r_2} = (0, R, 0)$ será: $\vec{F} = -F \cdot \vec{\jmath} = \mathbf{-1{,}01 \cdot 10^{-18} \cdot \vec{\jmath}\ (N)}$

El vector velocidad en el punto de la circunferencia $\overrightarrow{r_3} = \left(\frac{\sqrt{2}}{2}R, \frac{\sqrt{2}}{2}R, 0\right)$ será:

$$\vec{F} = F_x \cdot \vec{\imath} + F_y \cdot \vec{\jmath} = -\left(\mathbf{7{,}15 \cdot 10^{-19}}\right) \cdot \boldsymbol{\vec{\imath}} - \left(\mathbf{7{,}15 \cdot 10^{-19}}\right) \boldsymbol{\vec{\jmath}}\ (\boldsymbol{N})$$

$$\begin{cases} F_x = F \cdot \cos 45° = (1{,}01 \cdot 10^{-18}) \cdot \dfrac{\sqrt{2}}{2} = 7{,}15 \cdot 10^{-19}\ N \\ F_y = F \cdot \operatorname{sen} 45° = (1{,}01 \cdot 10^{-18}) \cdot \dfrac{\sqrt{2}}{2} = 7{,}15 \cdot 10^{-19}\ N \end{cases}$$