

**Problema 1**

**Razone la veracidad o falsedad de la siguiente afirmación: en una espira conductora plana dispuesta con su plano perpendicular a un campo magnético de módulo  $\beta = at^2$ , siendo  $a$  una constante y “ $t$ ” el tiempo, se genera una corriente inducida constante.**

Si el plano de la espira es perpendicular al campo, el ángulo que forma el vector superficie y el campo es cero. El flujo magnético será:

$$\Phi = S \cdot \beta \cdot \cos 0 = S \cdot at^2 \text{ Tm}^2$$

Y la fuerza electromotriz:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = S \cdot a \cdot 2t \text{ V}$$

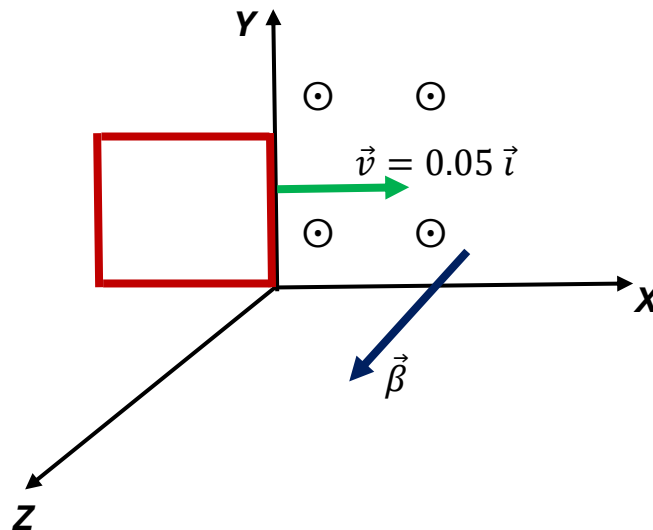
Y, como vemos, el voltaje es variable y también la corriente que producirá. La afirmación es, por lo tanto, falsa.

### Problema 2

Una espira cuadrada de 0.15 m de lado con sus lados paralelos a los ejes OX y OY se mueve con velocidad constante de 0,05 m/s en sentido positivo del eje OX en una región donde hay un campo magnético uniforme y constante dirigido en sentido positivo del eje OZ. El módulo del campo es 10 T para x mayores o iguales a cero y nulo para x negativas. La espira procede de la región donde no hay campo y empieza a entrar en la región donde hay campo en el instante  $t = 0$ . i) Calcule, apoyándose en un esquema, la expresión para el flujo del campo magnético y represéntelo entre  $t = 0$  y  $t = 5$ . ii) Determine el valor de la fuerza electromotriz inducida en la espira y represente su módulo entre  $t = 0$  y  $t = 5$ .

i)

Como siempre, un dibujo nos ayudará a visualizar la situación.

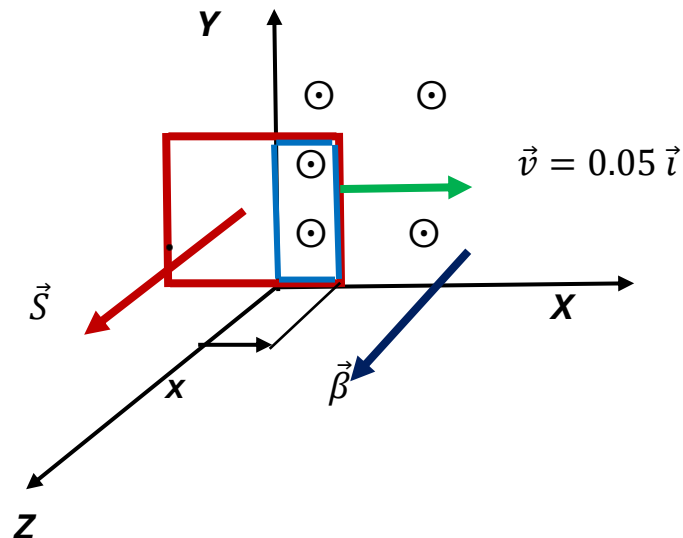


Esta es la situación en  $t = 0$

A la espira le costará entrar el tiempo en recorrer su longitud a la velocidad dada:

$$t = \frac{s}{v} = \frac{0.15}{0.05} = 3 \text{ s}$$

Dibujamos la situación entre  $t = 0$  y  $t = 3$



$$0 \leq t \leq 3$$

Como vemos, el flujo que atraviesa la espira está cambiando puesto que el área de ella que atraviesa el campo magnético es variable por efecto de su movimiento:

$$\phi = \vec{\beta} \cdot \vec{s} = 10 \cdot (0.15 \cdot x) \cos 0 = 1.5 \cdot x \text{ Wb}$$

Esto ocurre, como hemos dicho, entre  $t = 0$  y  $t = 3$ , que es el tiempo que le cuesta a la espira entrar totalmente. A partir de  $t = 3$  y hasta  $t = 5$ , intervalo de tiempo en el que nos preguntan que representemos el flujo, el área que atraviesa el campo magnético es constante e igual a la de la espira y, por lo tanto, el flujo es constante también:

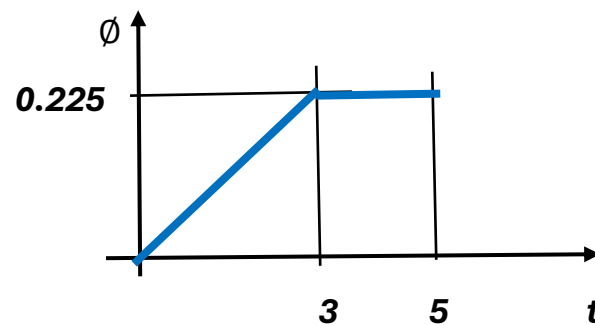
$$\phi = 10 \cdot 0.15^2 = 0.225 \text{ Wb}$$

$$3 \leq t \leq 5$$

La función flujo en el intervalo de tiempos pedido será entonces:

$$\phi(t) = \begin{cases} 1.5 \cdot x = 1.5 \cdot 0.05t & 0 \leq t \leq 3 \\ 0.225 & 3 \leq t \leq 5 \end{cases}$$

Y su representación



ii)

Con el flujo conocido en función del tiempo, estamos en condiciones de calcular la fuerza electromotriz:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = \begin{cases} -1.5 \cdot 0.05 & 0 \leq t \leq 3 \\ 0 & 3 < t \leq 5 \end{cases}$$

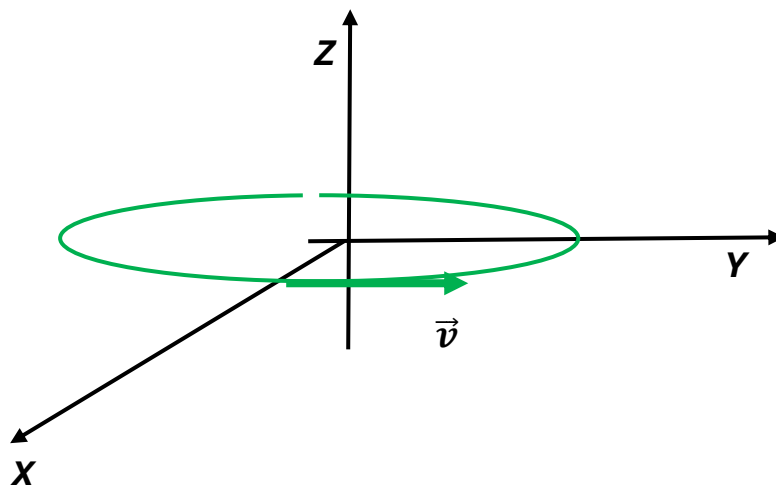
Dejamos al sufrido lector que deduzca el sentido de la corriente inducida en la espira, ya que no se pregunta. La solución es que la intensidad recorre la espira en sentido horario.

**Problema 3**

**Un electrón describe una trayectoria circular en sentido antihorario en el plano XY con una velocidad de módulo igual a  $3 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ , en una región en la que existe un campo magnético uniforme de  $0.005 \text{ T}$ .**

- a) Justifica con ayuda de un esquema que incluya la trayectoria descrita por el electrón la dirección y sentido del campo magnético.**
- b) Calcula de forma razonada (como si hubiera otra), el periodo del movimiento y el radio de la trayectoria del electrón.**

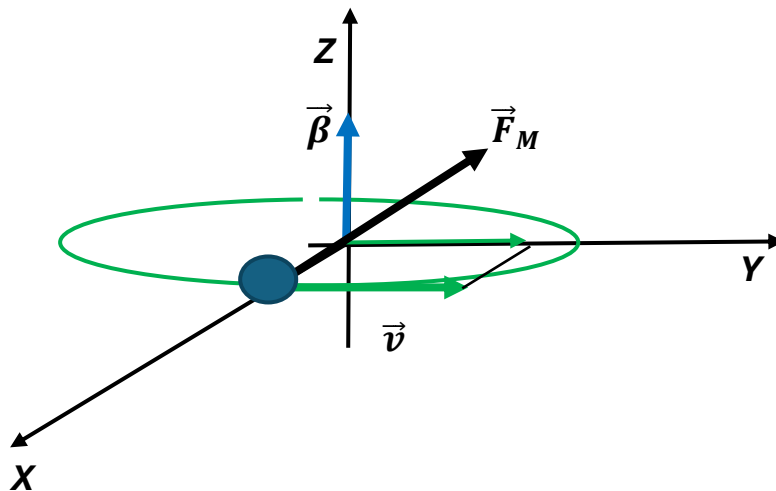
**Datos:  $q_e = -1.60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,  $m_e = 9.10 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ .**



**a)**

El campo magnético ha de ser perpendicular al plano de la trayectoria de la carga, en este caso el electrón. Por lo tanto, ha de ir en la dirección del eje **Z**. Como en cuanto al sentido sólo hay dos opciones, elegimos una de ellas y, si es correcta aplicando la ley de Newton al giro, esa es la opción acertada. Sino es la contraria.

Vamos a elegir para el campo el sentido positivo en la dirección **Z**, como se ve en la figura.



Hemos trasladado el vector velocidad, en verde, para unir los orígenes de los vectores velocidad y campo magnético pues, como debemos de saber, la fuerza magnética viene dada por:

$$\vec{F}_M = q \cdot (\vec{v} \times \vec{\beta})$$

Y así poder verlo mejor

Este producto vectorial será perpendicular a ambos vectores, en nuestro caso entonces tendrá la dirección del eje **OX**, y el sentido el del tornillo al llevar el vector velocidad sobre el campo. Hemos de ver que ese sentido es el del eje **OX** positivo. **¡¡¡Pero cuidado!!!**, a ese producto vectorial hay que multiplicarlo por la carga, que en nuestro problema es negativa, y por lo tanto la fuerza magnética tendrá la dirección del eje **OX**, pero sentido **negativo**.

Si tenemos pegas a la hora de visualizar las direcciones y sentidos, siempre podemos acudir a la definición matemática de producto vectorial:

$$\begin{aligned} \vec{v} &= v\vec{j} \\ \vec{\beta} &= \beta\vec{k} \end{aligned} \rightarrow \vec{F}_M = q_e \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & v & 0 \\ 0 & 0 & \beta \end{vmatrix} = q_e(v\beta\vec{i})$$

Que tendrá el sentido  $-\vec{i}$  por ser la carga del electrón negativa, como habíamos deducido anteriormente.

**Ahora nos debemos de preguntar si esa es la fuerza que produce el giro descrito.** Para ello hemos de recordar la ley de Newton

para los giros que nos dice que en ellos ha de haber una fuerza dirigida hacia el centro de la circunferencia descrita, la fuerza centrípeta. Y, efectivamente, así ocurre en nuestro caso. Por lo tanto, el campo magnético dibujado es el acertado. Si la fuerza nos hubiera salido de sentido contrario, la respuesta hubiera sido un vector campo magnético “hacia abajo”, en el sentido negativo del eje **OZ**.

**b)**

La fuerza magnética es la fuerza centrípeta, por lo que aplicaremos la ley de Newton al giro:

$$F_c = m \frac{v^2}{R} \rightarrow |q|v\beta \sin 90 = m \frac{v^2}{R} \rightarrow R = \frac{mv}{|q|\beta} \rightarrow$$
$$R = \frac{9.10 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^6)^2}{1.60 \cdot 10^{-19} \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 10.24 \cdot 10^3 = \mathbf{1.02 \cdot 10^4 \text{ m}}$$

Para calcular el periodo tenemos varias formas. Nos parece más sencillo y razonable aplicar simplemente, dado que el módulo de la velocidad es constante, la relación entre el espacio recorrido, la velocidad y el tiempo en hacerlo. En definitiva, dividir la longitud de una vuelta entre la velocidad:

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi \cdot 1.02 \cdot 10^4}{3 \cdot 10^6} \approx \mathbf{2.14 \cdot 10^{-2} \text{ s}}$$