



PAU - COMUNIDAD VALENCIANA



FÍSICA

PROBLEMA 2B

JULIO 2025 EXTRA DANA

Campo electromagnético



Campo electromagnético

OPCIÓN B

El 24/11/2024 aparecía en un periódico la siguiente noticia: “*La radioterapia con protones es el arma más eficaz contra los tumores en niños según los expertos oncológicos*”. Para realizar esta terapia, los protones deben ser acelerados y guiados. Consideremos un protón en reposo que es acelerado por una diferencia de potencial $\Delta V = 2 \cdot 10^4$ V. A continuación, el protón entra en una región en la que existe un campo magnético constante, uniforme, perpendicular a la trayectoria del protón y de valor $B = 0,02$ T. Realizando un planteamiento no relativista del problema, determina razonadamente:

- La energía cinética y el módulo de la velocidad del protón, con que entra en la zona donde existe el campo magnético. (1 punto)
- La expresión y el valor del radio de curvatura de la trayectoria del protón cuando se encuentra en la región donde actúa el campo magnético ¿Cuánto tiempo emplea en describir media órbita completa? Razona si cambia el módulo de la velocidad del protón al realizar dicha trayectoria. (1 punto)

Datos: masa del protón, $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg; carga elemental, $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

www.ang

a) La energía cinética y el módulo de la velocidad del protón, con que entra en la zona donde existe el campo magnético. (1 punto)

El trabajo W realizado por la fuerza eléctrica sobre el protón se transforma completamente en energía cinética, ya que se parte del reposo y se desprecia cualquier otra fuerza.

$$W = \Delta E_c = E_c(\text{final}) - \cancel{E_c(\text{inicial})} \longrightarrow W = E_c(\text{final})$$

Por definición, el trabajo de la fuerza eléctrica que actúa sobre una carga q al desplazarse entre dos puntos con diferencia de potencial $\Delta V = V_1 - V_2$

$$W = q \cdot \Delta V$$

Se igualan ambas expresiones. $E_c(\text{final}) = q \cdot \Delta V$

Se sustituyen los datos: $E_c(\text{final}) = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^4 = 3,2 \cdot 10^{-15} \text{ J}$

Se calcula la velocidad del protón a partir de su energía cinética.

$$E_c(\text{final}) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \longrightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_c(\text{final})}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,2 \cdot 10^{-15}}{1,67 \cdot 10^{-27}}} = 1,96 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

El valor de la energía cinética del protón es $3,2 \cdot 10^{-15} \text{ J}$ y su velocidad es $1,96 \cdot 10^6 \text{ m/s}$.

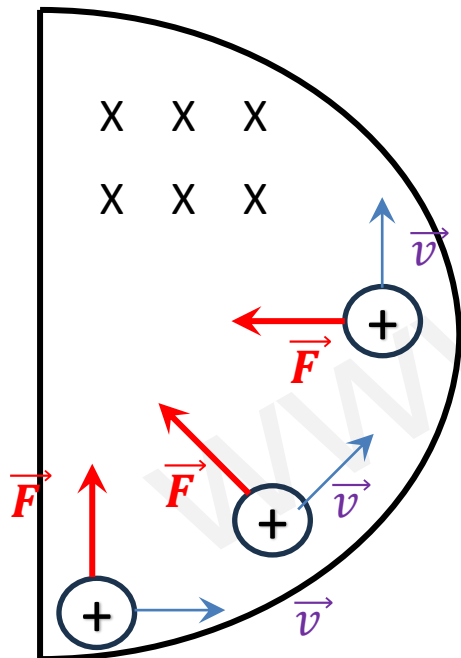
NOTA: Dado que $v \approx 0,0065c$, es válido el tratamiento no relativista.

- b) La expresión y el valor del radio de curvatura de la trayectoria del protón cuando se encuentra en la región donde actúa el campo magnético ¿Cuánto tiempo emplea en describir media órbita completa? Razona si cambia el módulo de la velocidad del protón al realizar dicha trayectoria. (1 punto)

Según la ley de Lorentz, el vector fuerza magnética es: $\vec{F} = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$

Siendo su módulo: $F = |q| \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}(\alpha) \xrightarrow{\alpha = 90^\circ} F = q \cdot v \cdot B$

La fuerza magnética siempre está dirigida hacia el centro de la trayectoria, ya que, al cambiar la dirección de la velocidad, lo hace de forma simultánea la dirección de la fuerza. Se muestra en el esquema la dirección y sentido de la fuerza en distintas posiciones de la trayectoria circular.



Al ser el movimiento del protón circular uniforme, podemos deducir el radio de curvatura de su trayectoria aplicando la segunda ley de Newton.

$$F = m \cdot \frac{v^2}{R} \longrightarrow q \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{R} \longrightarrow \boxed{R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}}$$

Se sustituyen los datos del enunciado:

$$R = \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 1,96 \cdot 10^6}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,02} = 1,02 \text{ m}$$

El radio de curvatura del protón es **1,02 m.**

Campo electromagnético

- b) La expresión y el valor del radio de curvatura de la trayectoria del protón cuando se encuentra en la región donde actúa el campo magnético ¿Cuánto tiempo emplea en describir media órbita completa? Razona si cambia el módulo de la velocidad del protón al realizar dicha trayectoria. (1 punto)

Calculo en primer lugar del período.

Al ser un movimiento circular uniforme: $v = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{T} \longrightarrow T = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{v} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1,02}{1,96 \cdot 10^6} = 3,28 \cdot 10^{-6} \text{ s}$

Se calcula el semi período. $T_{1/2} = \frac{T}{2} = \frac{3,28 \cdot 10^{-6}}{2} = 1,64 \cdot 10^{-6} \text{ s}$

El tiempo que tarda en dar media órbita es $1,64 \cdot 10^{-6} \text{ s}$.

El módulo de la velocidad **NO CAMBIA**. Una partícula cargada que se encuentra en el interior de un campo magnético sufre una fuerza magnética (**fuerza de Lorentz**) perpendicular a la trayectoria. Esto provoca cambios en la dirección de su vector velocidad, pero no en su módulo. Al ser el trabajo perpendicular al desplazamiento, su valor es nulo. Y si no hay trabajo sobre la partícula, no se incrementa ni su energía cinética ni su velocidad.