

OLIMPIADA DE FÍSICA 2026. FASE LOCAL DE GRANADA. 6 de marzo de 2026 Prueba resuelta



Problema 1.

La cabina de un ascensor de 2,7 m de altura, comienza a elevarse con una aceleración constante de $1,2 \text{ m/s}^2$. A los dos segundos de inicio de la ascensión, se desprende un tornillo del techo de la cabina. Determine:

- El tiempo que tarda el tornillo en caer del suelo del ascensor desde que se desprende.
- El espacio recorrido por el tornillo que mediría un observador situado fuera de la cabina del ascensor.

Problema 2.

Cuatro cargas iguales Q se encuentran fijas en los vértices de un cuadrado de lado L . Las cargas se sueltan una a una de sus posiciones iniciales fijas siguiendo el sentido de las agujas del reloj alrededor del cuadrado. Hasta que una carga soltada no alcanza su velocidad final a una gran distancia del cuadrado no se suelta la siguiente carga. Determine la energía cinética final de cada carga.

Cuestiones

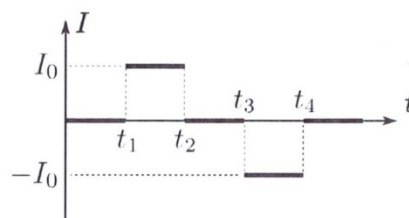
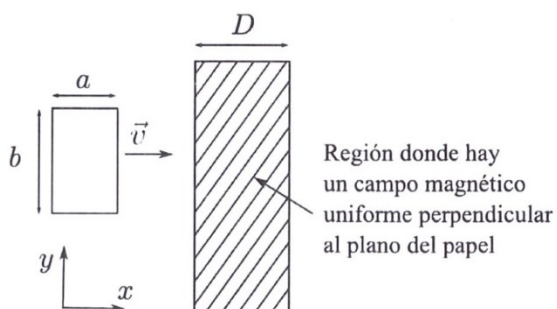
1) Dos masas m_1 y m_2 , unidas entre sí y a un punto fijo por medio de cuerdas de longitudes L_1 y L_2 , describen sobre una superficie lisa horizontal sin rozamiento trayectorias circulares con velocidad angular ω , tal y como se indica en la figura. Calcule las tensiones de las cuerdas.



2) Por un plano inclinado cae sin rozamiento un carrito. En ciertos puntos del plano colocamos cinco campanillas, de forma que el carrito roza ligeramente las cinco campanillas durante su movimiento, haciéndolas sonar. La primera campanilla se sitúa en el punto donde se suelta el carrito y la segunda a 1 cm de la primera. ¿A qué distancias deberemos colocar las otras tres campanillas para que los sonidos se perciban a intervalos de tiempo iguales?

3) Una varilla de masa m y longitud L conductora se encuentra apoyada sobre una mesa horizontal. Se aplica un campo magnético uniforme, de intensidad B , de dirección vertical y sentido hacia arriba. Calcular la intensidad de la corriente mínima que debe hacerse pasar por la varilla para que empiece a deslizarse sobre una mesa, sabiendo que el coeficiente de rozamiento de la varilla con la mesa es μ .

4) Una espira rectangular que se mueve en el sentido positivo del eje x , penetra en una región en la que hay un campo magnético uniforme perpendicular al plano del papel, manteniendo todo el tiempo una velocidad horizontal constante v , tal y como se indica en la figura. La espira tiene una resistencia eléctrica R y la gráfica muestra la intensidad que la recorre en función del tiempo (se considera positiva la intensidad en sentido antihorario). Explique razonadamente: i) A qué corresponde cada tramo de la gráfica; ii) si el campo magnético es entrante o saliente del papel; iii) cuál es el valor del campo magnético; iv) Relacione los valores de los tiempos señalados en la gráfica con las dimensiones de la región del campo y de la espira. ¿Están relacionados algunos valores de los tiempos que aparecen en la gráfica?



Problema 1.

La cabina de un ascensor de 2,7 m de altura, comienza a elevarse con una aceleración constante de $1,2 \text{ m/s}^2$. A los dos segundos de inicio de la ascensión, se desprende un tornillo del techo de la cabina. Determine:

- El tiempo que tarda el tornillo en caer del suelo del ascensor desde que se desprende.
- El espacio recorrido por el tornillo que mediría un observador situado fuera de la cabina del ascensor.

Antes de que se desprenda el tornillo, ambos objetos (ascensor y tornillo) ascienden con un MRUA que comienza con velocidad inicial cero y aceleración positiva (hacia arriba) de $1,2 \text{ ms}^{-2}$.

La velocidad de ambos, a los dos segundos:

$$v = v_0 + a \cdot t = 1,2 \text{ m s}^{-2} \cdot 2 \text{ s} = 2,4 \text{ m s}^{-1}$$

En ese momento se desprende el tornillo, y lo consideramos nuestro instante inicial. Usamos un sistema de referencia inercial (observador externo) situado a la misma altura que el suelo del ascensor en ese instante inicial.

A partir de ese momento, el suelo del ascensor sigue un MRUA dado por la ecuación:

$$y_S = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = 0 + 2,4 t + 0,6 t^2 \text{ (SI)}$$

El tornillo, que se ha desprendido del ascensor, tiene la velocidad inicial que tenía justo antes ($2,4 \text{ m/s}$) pero ya no tiene la aceleración del ascensor, sino que cae en caída libre por la gravedad ($a = -g = -9,8 \text{ m/s}^2$). Su altura inicial, respecto al suelo del ascensor, es de 2,7 m.

La ecuación de movimiento $y_T = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = 2,7 + 2,4 t - 4,9 t^2 \text{ (SI)}$

Ambos objetos (suelo del ascensor y tornillo) se encuentran cuando $y_S = y_T \rightarrow 2,4 t + 0,6 t^2 = 2,7 + 2,4 t - 4,9 t^2$

Despejamos el tiempo: $t = 0,7 \text{ s}$

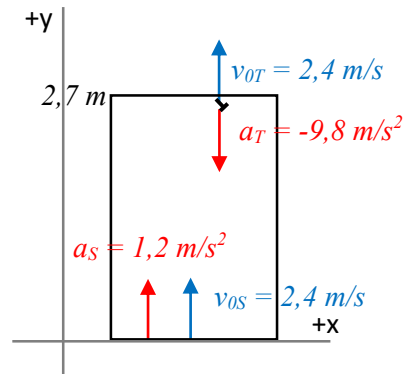
En ese tiempo la posición del tornillo será: $y_T = 2,7 + 2,4 \cdot 0,7 - 4,9 (0,7)^2 = 1,98 \text{ m}$

La diferencia entre las dos posiciones $1,98 \text{ m} - 2,7 \text{ m} = -0,72 \text{ m}$, nos da la distancia en línea recta entre las posiciones inicial (momento en que se desprende) y final (momento del choque con el suelo).

No está claro si es este resultado el que pide el enunciado, o se refiere a la distancia real recorrida por el tornillo, que en ese intervalo de tiempo ($0,7 \text{ s}$) sube hasta alcanzar una altura máxima para luego caer hasta encontrarse con el suelo del ascensor.

La altura máxima $v_T = 2,4 - 9,8 \cdot t = 0 \rightarrow t = 0,24 \text{ s} \rightarrow y_T = 2,7 + 2,4 \cdot 0,24 - 4,9 (0,24)^2 = 2,99 \text{ m}$

Es decir, desde el momento en que se desprende, el tornillo sube desde 2,7 m a 2,99 m (sube 0,29 m) para bajar luego desde los 2,99 m hasta 1,98 (baja 1,01 m). La distancia total recorrida (en valor absoluto, si tener en cuenta si ha sido de subida o de bajada, es de $0,29 \text{ m} + 1,01 \text{ m} = 1,3 \text{ m}$).



Problema 2.

Cuatro cargas iguales Q se encuentran fijas en los vértices de un cuadrado de lado L . Las cargas se sueltan una a una de sus posiciones iniciales fijas siguiendo el sentido de las agujas del reloj alrededor del cuadrado. Hasta que una carga soltada no alcanza su velocidad final a una gran distancia del cuadrado no se suelta la siguiente carga. Determine la energía cinética final de cada carga.

Entre las cargas (supuestas puntuales) existen fuerzas de repulsión eléctrica que hacen que cada carga almacene energía potencial eléctrica (la fuerza eléctrica es conservativa) debido a la repulsión de las otras.

Inicialmente todas las cargas en reposo ($E_c = 0$).

Al soltar una carga y alejarse, la energía potencial eléctrica almacenada se va transformando en energía cinética ($E_M = \text{cte}$, $\Delta E_c = -\Delta E_p$). A una distancia suficientemente grande, donde podemos considerar que la repulsión es despreciable, la energía potencial será nula y se habrá transformado íntegramente en energía cinética.

Conclusión: En cada caso, la energía cinética final que adquiere la partícula equivale a la energía potencial que tenía almacenada al soltarla.

La energía potencial almacenada entre dos cargas puntuales: $E_{p_e} = \frac{KQq}{r} \rightarrow E_{p_e} = \frac{KQ^2}{r}$

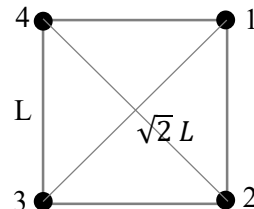
Sobre cada carga actúa la repulsión de varias partículas: aplicamos el principio de superposición.

Al soltar la carga 1 (la repelen 2, 3 y 4): $E_{c_{f1}} = E_{p_{01}} = \frac{KQ^2}{L} + \frac{KQ^2}{\sqrt{2} \cdot L} + \frac{KQ^2}{L} = \left(2 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \cdot \frac{KQ^2}{L}$

Al soltar la carga 2 (la repelen 3 y 4): $E_{c_{f2}} = E_{p_{02}} = \frac{KQ^2}{L} + \frac{KQ^2}{\sqrt{2} \cdot L} = \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \cdot \frac{KQ^2}{L}$

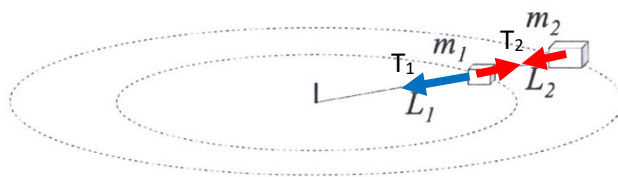
Al soltar la carga 3 (la repele 4): $E_{c_{f3}} = E_{p_{03}} = \frac{KQ^2}{L}$

La carga 4 se queda en reposo, ya que no se ejerce ya fuerza sobre ella. $E_{c_{f4}} = 0$



Cuestiones

1) Dos masas m_1 y m_2 , unidas entre sí y a un punto fijo por medio de cuerdas de longitudes L_1 y L_2 , describen sobre una superficie lisa horizontal sin rozamiento trayectorias circulares con velocidad angular ω , tal y como se indica en la figura. Calcule las tensiones de las cuerdas.



Sobre las masas sólo actúan las tensiones de las cuerdas. Cada cuerda ejerce una tensión distinta. En los extremos de la misma cuerda el valor de la tensión es el mismo (ver dibujo).

Las dos masas realizan movimientos circulares uniformes de velocidad angular ω . Por tanto, la resultante de las fuerzas que actúan sobre cada masa es una fuerza centrípeta (produce aceleración normal). Aplicando la 2ª ley de Newton, y teniendo en cuenta que $v = \omega \cdot r$:

$$\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a} \rightarrow F_c = m \cdot a_n \rightarrow F_c = \frac{mv^2}{r} = \frac{m(\omega \cdot r)^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

$$\text{En la masa 1: } T_1 - T_2 = m_1 \cdot \omega^2 \cdot L_1$$

$$\text{En la masa 2: } T_2 = m_2 \cdot \omega^2 \cdot (L_1 + L_2)$$

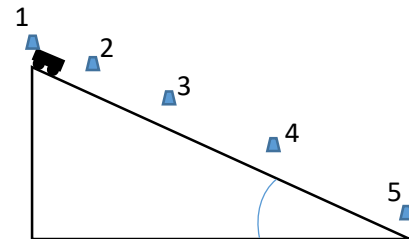
$$\text{Sustituimos en la masa 1: } T_1 = T_2 + m_1 \cdot \omega^2 \cdot L_1 = m_1 \cdot \omega^2 \cdot L_1 + m_2 \cdot \omega^2 \cdot (L_1 + L_2)$$

2) Por un plano inclinado cae sin rozamiento un carrito. En ciertos puntos del plano colocamos cinco campanillas, de forma que el carrito roza ligeramente las cinco campanillas durante su movimiento, haciéndolas sonar. La primera campanilla se sitúa en el punto donde se suelta el carrito y la segunda a 1 cm de la primera. ¿A qué distancias deberemos colocar las otras tres campanillas para que los sonidos se perciban a intervalos de tiempo iguales?

En ausencia de rozamiento, el movimiento de caída del carrito por el plano inclinado va a ser rectilíneo uniformemente acelerado. Aplicando la 2ª ley de Newton:

$$\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a} \rightarrow \begin{cases} \text{Eje } y: & N - Fg_y = 0 \\ \text{Eje } x: & Fg_x = m \cdot g \cdot \text{sen}\alpha \end{cases}$$

$$a = \frac{\Sigma F}{m} = g \cdot \text{sen}\alpha = \text{cte}$$



Ecuación de movimiento: ($\vec{v}_0 = 0 \text{ m/s}$; $\vec{r}_0 = 0 \text{ m}$)

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 \cdot t + \frac{1}{2} \vec{a} \cdot t^2 \rightarrow \vec{r} = 0 + 0 \cdot t \vec{i} + \frac{g \cdot \text{sen}\alpha}{2} \cdot t^2 \vec{i} \rightarrow \begin{cases} y = 0 \\ x = \frac{g \cdot \text{sen}\alpha}{2} \cdot t^2 \text{ (S.I)} \end{cases}$$

Vemos que la distancia recorrida (x) es proporcional al cuadrado del tiempo transcurrido.

Llamamos d a la distancia entre la primera y la segunda campanillas, y T al tiempo transcurrido. De este modo:

$$d = \frac{g \cdot \text{sen}\alpha}{2} \cdot T^2 \rightarrow T = \sqrt{\frac{2d}{g \cdot \text{sen}\alpha}}$$

El hecho de que los sonidos se perciban a intervalos de tiempo iguales significa que tarda el mismo tiempo T en ir de una campanilla a la siguiente. Contando desde el inicio, los tiempos de paso son:

1ª campanilla: $t_1 = 0$

2ª campanilla: $t_2 = T \rightarrow x_2 = d = 1 \text{ cm}$.

3ª campanilla: $t_3 = 2T \rightarrow x_3 = \frac{g \cdot \text{sen}\alpha}{2} \cdot (2T)^2 = \frac{g \cdot \text{sen}\alpha}{2} \cdot 4 \cdot \frac{2d}{g \cdot \text{sen}\alpha} = 4 \cdot d = 4 \text{ cm}$

4ª campanilla: $t_4 = 3T \rightarrow x_4 = \frac{g \cdot \text{sen}\alpha}{2} \cdot (3T)^2 = \frac{g \cdot \text{sen}\alpha}{2} \cdot 9 \cdot \frac{2d}{g \cdot \text{sen}\alpha} = 9 \cdot d = 9 \text{ cm}$

5ª campanilla: $t_5 = 4T \rightarrow x_5 = \frac{g \cdot \text{sen}\alpha}{2} \cdot (4T)^2 = \frac{g \cdot \text{sen}\alpha}{2} \cdot 16 \cdot \frac{2d}{g \cdot \text{sen}\alpha} = 16 \cdot d = 16 \text{ cm}$

Esas son las posiciones de las campanillas.

Esta relación entre las distancias recorridas y el cuadrado del tiempo transcurrido ya fue enunciada por Galileo (y anteriormente intuita por el dominico segoviano Domingo de Soto, aunque no de esa forma matemática concreta)

En el museo Galileo de Historia de la Ciencia de Florencia se conserva un aparato como el de la cuestión, muy posterior a Galileo. Hay quien especula con que Galileo, cuyo padre era músico, construyera un aparato similar para llegar a descubrir la relación matemática, marcando el “compás”. En los escritos de Galileo no se ha encontrado hasta ahora ninguna referencia a dicho aparato.



3) Una varilla de masa m y longitud L conductora se encuentra apoyada sobre una mesa horizontal. Se aplica un campo magnético uniforme, de intensidad B , de dirección vertical y sentido hacia arriba. Calcular la intensidad de la corriente mínima que debe hacerse pasar por la varilla para que empiece a deslizar sobre una mesa, sabiendo que el coeficiente de rozamiento de la varilla con la mesa es μ .

Las fuerzas que actúan sobre la varilla son las indicadas en la figura (visión lateral, varilla hacia fuera del papel/pantalla)

El campo magnético ejerce una fuerza sobre la varilla rectilínea sobre la que circula corriente, dada por la ley de Laplace: $\vec{F}_m = I \cdot \vec{L} \times \vec{B}$

En módulo: $F_m = I \cdot L \cdot B \cdot \sin 90^\circ = I \cdot L \cdot B$

Según la ley de Laplace, la corriente debe ir hacia dentro del papel/pantalla para que la fuerza vaya en el sentido indicado.

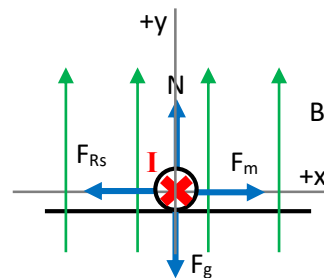
Para que la varilla en reposo comience a moverse debemos vencer la fuerza de rozamiento estática máxima, dada por $F_{R\text{máx}} = \mu_s \cdot N$

(Supondremos que el coeficiente μ que nos da el enunciado es el estático, aunque deberían especificarlo, ya que μ_s y μ NO son iguales, $\mu_s > \mu$)

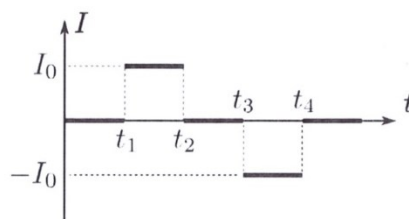
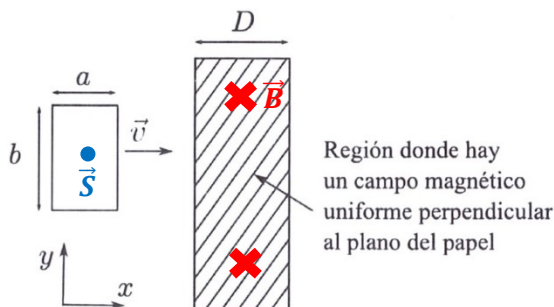
Así, en el límite estático $\Sigma \vec{F} = 0$ Eje y: $N - F_g = 0 \rightarrow N = m \cdot g$

Eje x: $I \cdot L \cdot B = \mu_s \cdot m \cdot g \rightarrow I = \frac{\mu_s \cdot m \cdot g}{L \cdot B}$ Intensidad mínima.

Para valores mayores de intensidad, la varilla comienza a deslizar.



4) Una espira rectangular que se mueve en el sentido positivo del eje x, penetra en una región en la que hay un campo magnético uniforme perpendicular al plano del papel, manteniendo todo el tiempo una velocidad horizontal constante v , tal y como se indica en la figura. La espira tiene una resistencia eléctrica R y la gráfica muestra la intensidad que la recorre en función del tiempo (se considera positiva la intensidad en sentido antihorario). Explique razonadamente: i) A qué corresponde cada tramo de la gráfica; ii) si el campo magnético es entrante o saliente del papel; iii) cuál es el valor del campo magnético; iv) Relacione los valores de los tiempos señalados en la gráfica con las dimensiones de la región del campo y de la espira. ¿Están relacionados algunos valores de los tiempos que aparecen en la gráfica?



Esta cuestión trata sobre inducción electromagnética, generación de corriente en un circuito por acción de un campo magnético. Según la ley de Faraday-Henry-Lenz, se generará corriente inducida en la espira si varía el flujo magnético que atraviesa la espira. En ese caso, el sentido de la corriente es tal que genera un campo magnético inducido que se opone a la variación del flujo. Si el flujo no varía, no se generará corriente inducida en la espira.

Consideramos positivo el sentido antihorario de la corriente en la espira (vector superficie hacia fuera del papel). $\vec{S}$ y $\vec{B}$ son paralelos, tenemos que analizar si forman un ángulo α de 0° o de 180°

El flujo magnético: $\Phi_m = \int \vec{B} \cdot d\vec{S} = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos\alpha$

La fuerza electromotriz inducida: $\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt}$

La relación entre f.e.m e intensidad: Ley de Ohm: $\varepsilon = R \cdot I$

Respondemos a las diferentes cuestiones conjuntamente, analizando los tramos:

· Mientras la espira se mueve fuera de la zona de campo magnético, no hay flujo magnético y tampoco corriente inducida. Se corresponde con el intervalo $0 \rightarrow t_1$ de la gráfica. Podemos calcular que inicialmente la espira está a una distancia $x_0 = v \cdot t_1$ de la zona de campo.

· Mientras entra en la zona de campo magnético, el flujo magnético aumenta, ya que cada vez es mayor la superficie atravesada por el campo. Esta superficie es un rectángulo de altura b y base $v \cdot t$.

El flujo: $\Phi_m = B \cdot S \cdot \cos\alpha = B \cdot b \cdot v \cdot t \cdot \cos\alpha$

La f.e.m: $\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -B \cdot b \cdot v \cdot \cos\alpha$

Y la intensidad inducida: $I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{-B \cdot b \cdot v \cdot \cos\alpha}{R}$

Este tramo se corresponde con el intervalo $t_1 \rightarrow t_2$. Es decir, que en el tiempo $t_2 - t_1$ la espira ha recorrido una distancia a (el tamaño de la base) y ha penetrado completamente en la zona del campo.

Por lo tanto $a = v \cdot (t_2 - t_1)$

Vemos también que la intensidad generada es positiva (I_0) (sentido antihorario) $I_0 = \frac{-B \cdot b \cdot v \cdot \cos\alpha}{R}$

Para que esto sea posible: $a = 180^\circ \rightarrow \cos 180^\circ = -1$ $\vec{B}$ va hacia dentro del papel, en sentido opuesto a $\vec{S}$

Obtenemos el valor de B: $I_0 = \frac{B \cdot b \cdot v}{R} \rightarrow B = \frac{R \cdot I_0}{b \cdot v}$

· Mientras la espira se mueve por el interior de la zona de campo, existe flujo magnético, pero este no varía, ya que toda la espira está atravesada completamente por igual por un campo uniforme. No se inducirá corriente. Se corresponde con el tramo $t_2 \rightarrow t_3$. En este tiempo la espira recorre una distancia $D - a$ (desde que el lado izquierdo de la espira está dentro del campo hasta que el lado derecho comienza a salir de él).

Así: $D - a = v \cdot (t_3 - t_2) \rightarrow D = a + v \cdot (t_3 - t_2)$

· Mientras la espira sale de la zona del campo, es el proceso inverso a la entrada. La superficie atravesada por el campo disminuye, con lo que el flujo disminuye, y se genera corriente inducida en sentido horario, que produce (ley de Biot-Savart) un campo magnético inducido hacia dentro del papel, en el mismo sentido que el campo externo, oponiéndose a la disminución del flujo.

La base de la superficie atravesada por el campo disminuye como $a - v \cdot t$.

El flujo: $\Phi_m = B \cdot S \cdot \cos\alpha = B \cdot b \cdot (a - v \cdot t) \cdot \cos 180^\circ$

La f.e.m: $\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -B \cdot b \cdot v$

Y la intensidad inducida: $I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{-B \cdot b \cdot v}{R} = -I_0$ coincide con la gráfica

Este tramo se corresponde con el intervalo $t_3 \rightarrow t_4$. Es decir, que en el tiempo $t_4 - t_3$ la espira ha recorrido una distancia a (el tamaño de la base) y ha penetrado completamente en la zona del campo.

Por lo tanto $a = v \cdot (t_4 - t_3)$ Vemos que $t_4 - t_3 = t_2 - t_1$

· Finalmente, cuando la espira sale de la región del campo, ya no existe flujo magnético atravesando la espira y no se induce corriente ($I = 0$ para $t > t_4$)