

Movimiento ondulatorio

Cuestiones

(96-E) a) Explique la periodicidad espacial y temporal de las ondas y su interdependencia.
b) Una onda de amplitud A , frecuencia f , y longitud de onda λ , se propaga por una cuerda. Describa el movimiento de una partícula de la cuerda, indicando sus magnitudes características.

(97-R) a) Explique las características de una onda estacionaria.
b) Razone por qué la frecuencia del sonido producido por una cuerda de guitarra puede modificarse variando la tensión de la cuerda o pisando diferentes trastes (variando su longitud).

(97-R) a) ¿En qué consiste la refracción de ondas? Enuncie sus leyes.
b) ¿Qué características de la onda varían al pasar de un medio a otro?

(97-R) a) ¿En qué consiste el fenómeno de polarización de las ondas?
b) ¿Se puede polarizar el sonido? Razone la respuesta.

(98-R) a) Haga un análisis cualitativo de las ondas estacionarias indicando cómo se producen, qué las caracteriza y qué las diferencia de las ondas viajeras.
b) En una cuerda se forma una onda estacionaria. Explique por qué no se transmite energía a lo largo de la cuerda.

(98-R) Considere la ecuación:

$$y(x,t) = A \cos(bx) \sin(ct)$$

a) ¿Qué representan los coeficientes A , b , c ? ¿Cuáles son sus unidades?, ¿cuál es el significado del factor $A \cos(bx)$.
b) ¿qué son los vientres y nodos?, ¿qué diferencia hay entre vientres y nodos consecutivos?

(98-R) Considere la siguiente ecuación de onda:

$$y(x,t) = A \sin(bt - cx)$$

a) ¿Qué representan los coeficientes A , b , c ? ¿Cuáles son sus unidades?
b) ¿Qué interpretación tendría que la función fuera “coseno” en lugar de “seno”? ¿Y que el signo dentro del paréntesis fuera $+$ en lugar de $-$?

(99-E) La ecuación de una onda armónica en una cuerda tensa es:

$$y(x,t) = A \sin(\omega t - \kappa x)$$

a) Indique el significado de las magnitudes que aparecen en dicha expresión. b) Escriba la ecuación de otra onda que se propague en la misma cuerda, en sentido opuesto, de amplitud mitad y frecuencia doble que la anterior.

(00-R) a) Explique las diferencias entre ondas longitudinales y ondas transversales. Citar un ejemplo de cada una de ellas.
b) Describa cualitativamente el fenómeno de la polarización. ¿Qué tipo de ondas, de las mencionadas anteriormente, pueden polarizarse?

(00-R) a) Explique las características de una onda estacionaria.
b) ¿Varía la amplitud de la perturbación en los puntos comprendidos entre dos nodos consecutivos? ¿Y la frecuencia?

Movimiento ondulatorio

(01-R) Indique si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones, razonando las respuestas: a) La velocidad de propagación de una onda armónica es proporcional a su longitud de onda.

b) Cuando una onda incide en la superficie de separación de dos medios, las ondas reflejada y refractada tienen igual frecuencia e igual longitud de onda que la onda incidente.

(01-R) a) Defina: onda, velocidad de propagación, longitud de onda, frecuencia, amplitud, elongación y fase.

b) Dos ondas viajeras se propagan por un mismo medio y la frecuencia de una es doble que la de la otra. Explique la relación entre las diferentes magnitudes de ambas ondas.

(02-E) a) Explique los fenómenos de reflexión y refracción de una onda.

b) ¿Tienen igual frecuencia, longitud de onda y velocidad de propagación la onda incidente, la reflejada y la refractada?

(02-R) a) Explique las diferencias entre ondas transversales y ondas longitudinales y ponga algún ejemplo.

b) ¿Qué es una onda estacionaria? Comente sus características

(03-E) a) Explique las diferencias entre ondas longitudinales y ondas transversales y ponga algún ejemplo de onda de cada tipo.

b) ¿Qué es una onda estacionaria? Comente sus características.

(03-R) Dos fenómenos físicos vienen descritos por las expresiones siguientes:

$$y = A \sin b t \qquad y = A \sin (b t - c x)$$

en las que “x” e “y” son coordenadas espaciales y “t” el tiempo.

a) Explique de qué tipo de fenómeno físico se trata en cada caso e identifique los parámetros que aparecen en dichas expresiones, indicando sus respectivas unidades.

b) ¿Qué diferencia señalaría respecto de la periodicidad de ambos fenómenos?

(03-R) Considere la ecuación de onda:

$$y(x, t) = A \sin (b t - c x)$$

a) ¿Qué representan los coeficientes A, b y c? ¿Cuáles son sus unidades?

b) ¿Qué cambios supondría que la función fuera “cos” en lugar de “sen”? ¿Y que el signo dentro del paréntesis fuera “+” y no “-“?

(05-R) La ecuación de una onda armónica en una cuerda tensa es:

$$y(x, t) = A \sin (\omega \cdot t - kx)$$

a) Indique el significado de las magnitudes que aparecen en dicha expresión.

b) Escriba la ecuación de otra onda que se propague en la misma cuerda en sentido opuesto, de amplitud mitad y frecuencia doble que la anterior.

(06-R) a) Comente la siguiente afirmación: “las ondas estacionarias no son ondas propiamente dichas” y razone si una onda estacionaria transporta energía.

b) Al arrojar una piedra a un estanque con agua y al pulsar la cuerda de una guitarra se producen fenómenos ondulatorios. Razone qué tipo de onda se ha producido en cada caso y comente las diferencias entre ambas.

(06-R) a) Explique qué son una onda transversal y una onda longitudinal. ¿Qué quiere decir que una onda está polarizada linealmente?

Movimiento ondulatorio

b) ¿Por qué se dice que en un fenómeno ondulatorio se da una doble periodicidad? ¿Qué magnitudes físicas la caracterizan?

(07-R) a) Explique qué es una onda armónica y escriba su ecuación.

b) Una onda armónica es doblemente periódica. ¿Qué significado tiene esa afirmación? Haga esquemas para representar ambas periodicidades y coméntelos.

(07-R) a) Defina qué es una onda estacionaria e indique cómo se produce y cuáles son sus características. Haga un esquema de una onda estacionaria y coméntelo.

b) Explique por qué, cuando en una guitarra se acorta la longitud de una cuerda, el sonido resulta más agudo.

(08-E) a) Explique qué son ondas estacionarias y describa sus características.

b) En una cuerda se ha generado una onda estacionaria. Explique por qué no se propaga energía a través de la cuerda.

(09-E) a) Razone qué características deben tener dos ondas que se propagan por una cuerda tensa con sus dos extremos fijos, para que su superposición origine una onda estacionaria.

b) Explique qué valores de la longitud de onda pueden darse si la longitud de la cuerda es L .

(09-R) a) Explique qué magnitudes describen las periodicidades espacial y temporal de una onda y explique si están relacionadas entre sí.

b) Razone qué tipo de movimiento efectúan los puntos de una cuerda por la que propaga una onda armónica.

(10-E) La ecuación de una onda armónica es:

$$y(x,t) = A \sin(bt - cx)$$

a) Indique las características de dicha onda y lo que representa cada uno de los parámetros A , b y c .

b) ¿Cómo cambiarían las características de la onda si el signo negativo fuera positivo?

(10-R) a) Escriba la ecuación de una onda estacionaria en una cuerda con sus dos extremos fijos, y explique el significado físico de cada una de los parámetros que aparecen en ella.

b) Explique qué puntos de la cuerda del apartado anterior permanecen en reposo. ¿Qué puntos oscilan con amplitud máxima?

(10-R) a) Explique qué son ondas longitudinales y transversales.

b) ¿Qué diferencias señalarías entre las características de las ondas luminosas y sonoras?

(12-R) a) Defina el concepto de onda e indique las características de las ondas longitudinales y transversales. Ponga un ejemplo de cada tipo.

b) ¿Qué es una onda polarizada? Comente la siguiente frase: "las ondas sonoras no se pueden polarizar".

(13-R) a) Explique las diferencias entre una onda transversal y una longitudinal y ponga un ejemplo de cada una de ellas.

b) Una onda armónica en una cuerda puede describirse mediante la ecuación:

$$y(x, t) = A \sin(\omega t - kx)$$

Indique el significado físico de las magnitudes que aparecen en esa ecuación, así como

Movimiento ondulatorio

sus respectivas unidades en el Sistema Internacional.

(13-R) Explique las características de una onda estacionaria e indique cómo se produce.
b) Razone el tipo de movimiento de los puntos de una cuerda tensa en la que se ha generado una onda estacionaria.

(14-E) a) Escriba la ecuación de una onda estacionaria y comente sus características.
b) Explique las diferencias entre una onda estacionaria y una onda viajera.

(14-R) a) Escriba la ecuación de una onda armónica que se propaga a lo largo del eje X e indique el significado de las magnitudes que aparecen en ella.
b) Escriba la ecuación de otra onda que se propague en sentido opuesto y que tenga doble amplitud y frecuencia mitad que la anterior. Razone si las velocidades de propagación de ambas ondas es la misma.

(16-E) a) Periodicidad espacial y temporal de las ondas; su interdependencia.
b) Escriba la ecuación de una onda armónica que se propaga en el sentido positivo del eje X e indique el significado de las magnitudes que aparecen en ella. Escriba la ecuación de otra onda que se propague en sentido opuesto y que tenga doble amplitud y frecuencia mitad que la anterior. Razone si las velocidades de propagación de ambas ondas es la misma.

(16-R) a) Superposición de ondas; descripción cualitativa de los fenómenos de interferencia de dos ondas.
b) Comente las siguientes afirmaciones: En una onda estacionaria se cumple: i) la amplitud es constante; ii) la onda transporta energía; iii) la frecuencia es la misma que la de las dos ondas que interfieren.

(16-R) a) Explique qué es una onda estacionaria e indique cómo puede producirse. Describa sus características.
b) Explique cómo se mueven los puntos de una cuerda sujeta por sus extremos en la que se ha formado una onda estacionaria.

Movimiento ondulatorio

Problemas

(96-E) El periodo de un onda que se propaga a lo largo del eje x es de $3 \cdot 10^{-3}$ s, y la distancia entre los dos puntos más próximos cuya diferencia de fase es $\pi/2$ radianes es de 20 cm.

- Calcule la longitud de onda y la velocidad de propagación.
- Si el periodo se duplicase, ¿qué le ocurriría a las magnitudes del apartado anterior?

(97-E) La ecuación de una onda que se propaga en una cuerda es:

$$y(x,t) = 0,5 \sin \pi (8t - 4x) \quad (\text{en unidades SI})$$

- Determine la velocidad de propagación de la onda y la velocidad de un punto de la cuerda y explicar el significado de cada una de ellas.
- Represente gráficamente la posición de los puntos de la cuerda en el instante $t = 0$, y la elongación en $x = 0$ en función del tiempo.

(97-R) La ecuación de una onda en una cuerda es:

$$y(x,t) = 10 \cos(\pi/3)x \sin 2\pi t \quad (\text{en unidades SI})$$

- Explique las características de la onda y calcular su periodo y su longitud de onda. ¿Cuál es la velocidad de propagación?
- Determine la velocidad de una partícula situada en el punto $x = 1,5$ m, en el instante $t = 0,25$ s. Explique el resultado.

(98-E) Una onda plana viene dada por la ecuación:

$$y(x,t) = 2 \cos(100t - 5x) \quad (\text{en unidades SI})$$

donde x e y son coordenadas cartesianas.

- Haga un análisis razonado del movimiento ondulatorio representado por la ecuación anterior y explique si es longitudinal o transversal y cuál es su sentido de propagación.
- Calcule la frecuencia, el periodo, la longitud de onda y el número de onda, así como el módulo, dirección y sentido de la velocidad de propagación de la onda.

(98-R) En una cuerda tensa se tiene una onda de ecuación:

$$y(x,t) = 5 \cdot 10^{-2} \cos(10\pi x) \sin(40\pi t) \quad (\text{en unidades SI})$$

- Razone las características de las ondas cuya superposición da lugar a la onda dada y escriba sus ecuaciones.
- Calcule la distancia entre nodos y la velocidad de un punto de la cuerda situado en la posición $x = 1,5 \cdot 10^{-2}$ m, en el instante $t = 9/8$ s.

(99-E) La cuerda de una guitarra vibra de acuerdo con la ecuación:

$$y(x,t) = 0,01 \sin(10\pi x) \cos(200\pi t) \quad (\text{en unidades SI})$$

- Indique de qué tipo de onda se trata y calcular la amplitud y la velocidad de propagación de las ondas cuya superposición puede dar lugar a dicha onda.
- ¿Cuál es la energía de una partícula de la cuerda situada en el punto $x = 10$ cm? Razone la respuesta.

(99-R) La ecuación de una onda que se propaga por una cuerda tensa es:

$$y(x,t) = 4 \sin \pi(50t - 4x) \quad (\text{en unidades SI})$$

- Calcule la amplitud, la longitud de onda y el periodo de dicha onda. ¿Qué significado físico tiene el signo menos que aparece dentro del paréntesis?
- Determine la velocidad de propagación de la onda. ¿Se mueven los puntos del medio con esa velocidad?

(00-E) La ecuación de una onda transversal que se propaga por una cuerda es:

$$y(x,t) = 0,06 \cos 2\pi(4t - 2x) \quad (\text{S.I.})$$

- a) Calcule la diferencia de fase entre los estados de vibración de una partícula de la cuerda en los instantes $t = 0$ y $t = 0,5$ s.
- b) Haga una representación gráfica aproximada de la forma que adopta la cuerda en los instantes anteriores.

(00-R) Una onda estacionaria tiene por ecuación:

$$y(x,t) = 10 \cos(\pi x/6) \sin(10\pi t) \quad (\text{S.I.})$$

- a) Calcule las características de las ondas cuya superposición da lugar a la onda dada.
- b) ¿Cuál sería la velocidad de la partícula situada en la posición $x = 3$ m? Comente el resultado.

(00-E) La ecuación de una onda es:

$$y(x,t) = 4 \sin(6t - 2x + \pi/6) \quad (\text{S.I.})$$

- a) Explique las características de la onda y determinar la elongación y la velocidad, en el instante inicial, en el origen de coordenadas.
- b) Calcule la frecuencia y la velocidad de propagación de la onda, así como la diferencia de fase entre dos puntos separados 5 m, en un mismo instante.

(01-E) Se hace vibrar transversalmente un extremo de una cuerda de gran longitud con un período de $0,5 \pi$ s y una amplitud de 0,2 cm, propagándose a través de ella una onda con una velocidad de $0,1 \text{ m s}^{-1}$.

- a) Escriba la ecuación de la onda, indicando el razonamiento seguido.
- b) Explique qué características de la onda cambian si: i) se aumenta el período de la vibración en el extremo de la cuerda; ii) se varía la tensión de la cuerda.

(01-R) La ecuación de una onda en una cuerda es:

$$y(x,t) = 0,2 \sin 6\pi x \cdot \cos 20\pi t \quad (\text{S.I.})$$

- a) Explique las características de la onda y calcule su periodo, longitud de onda y velocidad de propagación.
- b) Determine la distancia entre dos puntos consecutivos con amplitud cero e indique el nombre y las características de dichos puntos.

(02-E) a) Se hace vibrar una cuerda de guitarra de 0,4 m de longitud, sujeta por los dos extremos.

- a) Calcule la frecuencia fundamental de vibración, suponiendo que la velocidad de propagación de la onda en la cuerda es de 352 m s^{-1} .
- b) Explique por qué, si se acorta la longitud de una cuerda en una guitarra, el sonido resulta más agudo.

(02-R) La perturbación, ψ , asociada a una nota musical tiene por ecuación:

$$\psi(x,t) = 5,5 \cdot 10^{-3} \sin(2764,6 t - 8,11 x) \quad (\text{S.I.})$$

- a) Explique las características de la onda y determine su frecuencia, longitud de onda, período y velocidad de propagación.
- b) ¿Cómo se modificaría la ecuación de onda anterior si, al aumentar la temperatura del aire, la velocidad de propagación aumenta hasta un valor de 353 m s^{-1} ?

Movimiento ondulatorio

(02-R) Por una cuerda tensa (a lo largo del eje x) se propaga una onda armónica transversal de amplitud $A = 5 \text{ cm}$ y de frecuencia $f = 2 \text{ Hz}$ con una velocidad de propagación $v = 1,2 \text{ m s}^{-1}$.

- Escriba la ecuación de la onda.
- Explique qué tipo de movimiento realiza el punto de la cuerda situado en $x = 1 \text{ m}$ y calcule su velocidad máxima.

(03-E) Un altavoz produce una onda sonora de 10^{-3} m de amplitud y una frecuencia de 200 Hz , que se propaga con una velocidad de 340 m s^{-1} .

- Escriba la ecuación de la onda, suponiendo que ésta se propaga en una sola dirección.
- Represente la variación espacial de la onda, en los instantes $t = 0$ y $t = T / 4$.

(03-R) Una onda armónica de amplitud $0,3 \text{ m}$ se propaga por una cuerda con una velocidad de 2 m s^{-1} y longitud de onda de $0,25 \text{ m}$.

- Escriba la ecuación de la onda en función de x y t .
- Determine la velocidad de un punto de la cuerda situado en $x = 13/16 \text{ m}$, en el instante $t = 0,5 \text{ s}$.

(04-E) Por una cuerda se propaga un movimiento ondulatorio caracterizado por la función de onda:

$$y = A \sin 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T} \right)$$

Razone a qué distancia se encuentran dos puntos de esa cuerda si:

- La diferencia de fase entre ellos es de π radianes.
- Alcanzan la máxima elongación con un retardo de un cuarto de periodo.

(05-R) La ecuación de una onda que se propaga por una cuerda tensa es:

$$y(x,t) = 0,05 \sin \pi \cdot (25 t - 2 x) \text{ (S.I.)}$$

- Explique de qué tipo de onda se trata y en qué sentido se propaga e indique cuáles son su amplitud, frecuencia y longitud de onda.
- Calcule la velocidad de propagación de la onda y la velocidad del punto $x = 0$ de la cuerda en el instante $t = 1 \text{ s}$ y explique el significado de cada una de ellas.

(05-E) La ecuación de una onda en una cuerda es:

$$y(x,t) = 0,4 \sin 12\pi x \cdot \cos 40\pi t \text{ (S.I.)}$$

- Explique las características de la onda y calcule su periodo, longitud de onda y velocidad de propagación.
- Determine la distancia entre dos puntos consecutivos con amplitud cero.

(06-R) La ecuación de una onda en una cuerda tensa es:

$$y(x,t) = 4 \cdot 10^{-3} \sin 8\pi x \cdot \cos 30\pi t \text{ (S.I.)}$$

- Indique qué tipo de onda es y calcule su período y su longitud de onda.
- Explique cuál es la velocidad de propagación de la onda y cuál es la velocidad de los puntos de la cuerda. Calcule la velocidad máxima del punto $x = 0,5 \text{ m}$.

(06-R) Por una cuerda se propaga la onda;

$$y = \cos (50 t - 2 x) \text{ (S.I.)}$$

- Indique de qué tipo de onda se trata y determine su velocidad de propagación y su amplitud.
- Explique qué tipo de movimiento efectúan los puntos de la cuerda y calcule el desplazamiento del punto situado en $x = 10 \text{ cm}$ en el instante $t = 0,25 \text{ s}$.

(07-R) La ecuación de una onda armónica que se propaga por una cuerda es:

$$y(x, t) = 0,08 \cos(16t - 10x) \text{ (S.I.)}$$

- a) Determine el sentido de propagación de la onda, su amplitud, periodo, longitud de onda y velocidad de propagación.
- b) Explique cómo se mueve a lo largo del tiempo un punto de la cuerda y calcule su velocidad máxima

(07-E) La ecuación de una onda es:

$$y(x, t) = 0,16 \cos(0,8x) \cos(100t) \text{ (S. I.)}$$

- a) Con la ayuda de un dibujo, explique las características de dicha onda.
- b) Determine la amplitud, longitud de onda, frecuencia y velocidad de propagación de las ondas cuya superposición podría generar dicha onda.

(08-R) En una cuerda tensa de 16 m de longitud, con sus extremos fijos, se ha generado una onda de ecuación:

$$y(x, t) = 0,02 \sin \pi x \cdot \cos 8\pi t \text{ (S. I.)}$$

- a) Explique de qué tipo de onda se trata y cómo podría producirse. Calcule su longitud de onda y su frecuencia.
- b) Calcule la velocidad en función del tiempo de los puntos de la cuerda que se encuentran a 4 m y 6 m, respectivamente, de uno de los extremos y comente los resultados

(08-R) La ecuación de una onda que se propaga por una cuerda es:

$$y(x, t) = 0,02 \sin \pi \cdot (100t - 40x) \text{ (S. I.)}$$

- a) Razone si es transversal o longitudinal y calcule la amplitud, la longitud de onda y el periodo.
- b) Calcule la velocidad de propagación de la onda. ¿Es ésta la velocidad con la que se mueven los puntos de la cuerda? ¿Qué implicaría que el signo negativo del paréntesis fuera positivo? Razone las respuestas.

(08-R) En una cuerda tensa, sujeta por sus extremos, se tiene una onda de ecuación:

$$y(x, t) = 0,02 \sin(4\pi x) \cos(200\pi t) \text{ (S. I.)}$$

- a) Indique el tipo de onda de que se trata. Explique las características de las ondas que dan lugar a la indicada y escriba sus respectivas ecuaciones.
- b) Calcule razonadamente la longitud mínima de la cuerda que puede contener esa onda. ¿Podría existir esa onda en una cuerda más larga? Razone la respuesta.

(09-E) Una onda armónica se propaga de derecha a izquierda por una cuerda con una velocidad de $8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Su periodo es de 0,5 s y su amplitud de 0,3 m.

- a) Escriba la ecuación de la onda, razonando cómo obtiene el valor de cada una de las variables que intervienen en ella.
- b) Calcule la velocidad de una partícula de la cuerda situada en $x = 2 \text{ m}$, en el instante $t = 1 \text{ s}$.

(09-R) La ecuación de una onda que se propaga por una cuerda tensa es

$$y(x, t) = 0,03 \sin(2t - 3x) \text{ (en unidades SI)}$$

- a) Explique de qué tipo de onda se trata, en qué sentido se propaga y calcule el valor de la elongación en $x = 0,1 \text{ m}$ para $t = 0,2 \text{ s}$.
- b) Determine la velocidad máxima de las partículas de la cuerda y la velocidad de propagación de la onda.

(09-R) Por una cuerda tensa se propaga la onda:

Movimiento ondulatorio

$$y(x,t) = 8 \cdot 10^{-2} \cos(0,5x) \cdot \sin(50t) \text{ (unidades S.I.)}$$

- a) Indique las características de la onda y calcule la distancia entre el 2º y el 5º nodo.
- b) Explique las características de las ondas cuya superposición daría lugar a esa onda, escriba sus ecuaciones y calcule su velocidad de propagación.

(10-E) En una cuerda tensa se genera una onda viajera de 10 cm de amplitud mediante un oscilador de 20 Hz. La onda se propaga a 2 ms^{-1} .

- a) Escriba la ecuación de la onda suponiendo que se propaga de derecha a izquierda y que en el instante inicial la elongación en el foco es nula.
- b) Determine la velocidad de una partícula de la cuerda situada a 1 m del foco emisor en el instante 3 s.

(10-R) La ecuación de una onda es:

$$y(x,t) = 10 \sin(\pi x) \cdot \sin(100\pi t) \text{ (S.I.)}$$

- a) Explique de qué tipo de onda se trata y describa sus características.
- b) Determine la amplitud y la velocidad de propagación de las ondas cuya superposición daría lugar a dicha onda. ¿Qué distancia hay entre tres nodos consecutivos?

(11-R) Una onda transversal se propaga por una cuerda en el sentido negativo del eje X con las siguientes características: $A = 0,2 \text{ m}$, $\lambda = 0,4 \text{ m}$, $f = 10 \text{ Hz}$.

- a) Escriba la ecuación de la onda sabiendo que la perturbación, $y(x,t)$, toma su valor máximo en el punto $x = 0$, en el instante $t = 0$.
- b) Explique qué tipo de movimiento realiza un punto de la cuerda situado en la posición $x = 10 \text{ cm}$ y calcule la velocidad de ese punto en el instante $t = 2 \text{ s}$.

(11-E) La ecuación de una onda en una cuerda es:

$$y(x, t) = 0,1 \sin(\pi x/3) \cdot \cos(2\pi t) \text{ (S. I.)}$$

- a) Explique las características de la onda y calcule su periodo, longitud de onda y velocidad de propagación.
- b) Explique qué tipo de movimiento realizan las partículas de la cuerda y determine la velocidad de una partícula situada en el punto $x = 1,5 \text{ m}$, en el instante $t = 0,25 \text{ s}$.

(11-R) Por una cuerda se propaga la onda de ecuación:

$$y(x, t) = 0,05 \sin 2\pi \cdot (2t - 5x) \text{ (S. I.)}$$

- a) Indique de qué tipo de onda se trata y determine su longitud de onda, frecuencia, periodo y velocidad de propagación.
- b) Represente gráficamente la posición de un punto de la cuerda situado en $x = 0$, en el intervalo de tiempo comprendido entre $t = 0$ y $t = 1 \text{ s}$.

(12-R) Una onda transversal se propaga en el sentido negativo del eje X. Su longitud de onda es $3,75 \text{ m}$, su amplitud 2 m y su velocidad de propagación 3 m s^{-1} .

- a) Escriba la ecuación de la onda suponiendo que en el punto $x = 0$ la perturbación es nula en $t = 0$.
- b) Determine la velocidad y la aceleración máximas de un punto del medio.

(12-R) Una cuerda vibra de acuerdo con la ecuación:

$$y(x, t) = 5 \cos(1/3 \pi x) \cdot \sin(40 t) \text{ (S. I.)}$$

- a) Indique qué tipo de onda es y cuáles son su amplitud y frecuencia. ¿Cuál es la velocidad de propagación de las ondas que por superposición dan lugar a la anterior?
- b) Calcule la distancia entre dos nodos consecutivos y la velocidad de un punto de la cuerda situado en $x = 1,5 \text{ m}$, en el instante $t = 2 \text{ s}$.

(12-E) Una onda en una cuerda viene descrita por:

$$y(x, t) = 0,5 \cos x \cdot \sin(30 t) \text{ (S. I.)}$$

- a) Explique qué tipo de movimiento describen los puntos de la cuerda y calcule la máxima velocidad del punto situado en $x = 3,5$ m.
- b) Determine la velocidad de propagación y la amplitud de las ondas cuya superposición darían origen a la onda indicada.

(12-E) En una cuerda tensa de 16 m de longitud con sus extremos fijos se ha generado una onda de ecuación:

$$y(x, t) = 0,02 \sin(\pi x) \cdot \cos(8\pi t) \text{ (S. I.)}$$

- a) Explique de qué tipo de onda se trata y cómo podría producirse. Calcule su longitud de onda y su frecuencia.
- b) Calcule la velocidad en función del tiempo de los puntos de la cuerda que se encuentran a 4 m y 4,5 m, respectivamente, de uno de los extremos y comente los resultados.

(12-R) La ecuación de una onda en la superficie de un lago es:

$$y(x, t) = 5 \cdot 10^{-2} \cos(0,5 t - 0,1 x) \text{ (S. I.)}$$

- a) Explique qué tipo de onda es y cuáles son sus características y determine su velocidad de propagación.
- b) Analice qué tipo de movimiento realizan las moléculas de agua de la superficie del lago y determine su velocidad máxima.

(13-E) La ecuación de una onda en una cuerda es:

$$y(x, t) = 0,02 \sin(8x - 96t) \text{ (S.I.)}$$

- a) Indique el significado físico de las magnitudes que aparecen en esa ecuación y calcule el periodo, la longitud de onda y la velocidad de propagación.
- b) Determine la elongación y la velocidad de un punto de la cuerda situado en $x = 0,5$ m, en el instante $t = 2$ s.

(13-R) Un cuerpo de 0,1 kg se mueve de acuerdo con la ecuación:

$$x(t) = 0,12 \sin(2\pi t + \pi / 3) \text{ (S.I.)}$$

- a) Explique qué tipo de movimiento realiza y determine el periodo y la energía mecánica.
- b) Calcule la aceleración y la energía cinética del cuerpo en el instante $t = 3$ s.

(13-R) Una onda armónica que se propaga por una cuerda en el sentido negativo del eje X tiene una longitud de onda de 25 cm. El foco emisor vibra con una frecuencia de 50 Hz y una amplitud de 5 cm.

- a) Escriba la ecuación de la onda explicando el razonamiento seguido para ello.
- b) Determine la velocidad y la aceleración máximas de un punto de la cuerda.

(13-R) La ecuación de una onda en una cuerda tensa es:

$$y(x, t) = 4 \cdot 10^{-3} \sin(8\pi x) \cdot \cos(30\pi t) \text{ (S.I.)}$$

- a) Indique qué tipo de onda es y calcule su periodo, su longitud de onda y su velocidad de propagación.
- b) Indique qué tipo de movimiento efectúan los puntos de la cuerda. Calcule la velocidad máxima del punto situado en $x = 0,5$ m y comente el resultado.

(14-E) La ecuación de una onda que se propaga en una cuerda es:

$$y(x, t) = 0,04 \sin(6t - 2x + \pi/6) \text{ S.I.}$$

Movimiento ondulatorio

- a) Explique las características de la onda y determine su amplitud, longitud de onda, período y frecuencia.
- b) Calcule la velocidad de propagación de la onda y la velocidad de un punto de la cuerda situado en $x = 3 \text{ m}$ en el instante $t = 1 \text{ s}$.

(14-R) Se hace vibrar una cuerda de 0.5 m de longitud, sujeta por los dos extremos, observando que presenta tres nodos. La amplitud en los vientres es de 1 cm y la velocidad de propagación de la onda por la cuerda es de 100 m s^{-1}

- a) Escriba la ecuación de la onda, suponiendo que la cuerda se encuentra en el eje X y la de la deformación de la misma es en el eje Y .
- b) Determine la frecuencia fundamental de vibración.

(14-R) En una cuerda tensa, sujeta por sus extremos, se ha generado una onda de ecuación:

$$y(x,t) = 0,02 \text{ sen } (\pi x) \cos(8\pi t) \text{ S.I.}$$

- a) Indique de qué tipo de onda se trata y explique sus características.
- b) Determine la distancia entre dos puntos consecutivos de amplitud cero.

(15-E) Las ondas sísmicas S , que viajan a través de la Tierra generando oscilaciones durante los terremotos, producen gran parte de los daños sobre edificios y estructuras. Una onda armónica S , que se propaga por el interior de la corteza terrestre, obedece a la ecuación:

$$y(x,t) = 0,6 \text{ sen } (3,125 \cdot 10^{-7} x - 1,25 \cdot 10^{-3} t) \text{ (S.I.)}$$

- a) Indique qué tipo de onda es y calcule su longitud de onda, frecuencia y velocidad de propagación.
- b) Si se produce un seísmo a una distancia de 400 km de una ciudad, ¿cuánto tiempo transcurre hasta que se perciben los efectos del mismo en la población? ¿Con qué velocidad máxima oscilarán las partículas del medio?

(15-R) La ecuación de una onda que se propaga por una cuerda es:

$$y(x,t) = 0,3 \cos(0,4\pi x - 40\pi t) \text{ (S. I.)}$$

- a) Indique los valores de las magnitudes características de la onda y su velocidad de propagación.
- b) Calcule los valores máximos de la velocidad y de la aceleración en un punto de la cuerda y la diferencia de fase entre dos puntos separados $2,5 \text{ m}$

(16-E) Una onda se propaga en un medio material según la ecuación:

$$y(x,t) = 0,2 \text{ sen } 2\pi \cdot \left(50t - \frac{x}{0,1} \right) \text{ (S.I.)}$$

- a) Indiqué el tipo de onda y su sentido de propagación y determine la amplitud, período, longitud de onda y velocidad de propagación.
- b) Determine la máxima velocidad de oscilación de las partículas del medio y calcule la diferencia de fase, en un mismo instante, entre dos puntos que distan entre sí $2,5 \text{ cm}$.

(16-R) La ecuación de una onda en una cuerda es:

$$y(x,t) = 0,5 \text{ sen}(3\pi t + 2\pi x) \text{ (S.I.)}$$

- a) Explique las características de la onda y calcule su periodo, longitud de onda y velocidad de propagación.
- b) Calcule la elongación y la velocidad de una partícula de la cuerda situada en $x = 0,2 \text{ m}$, en el instante $t = 0,3 \text{ s}$. ¿Cuál es la diferencia de fase entre dos puntos separados $0,3 \text{ m}$?

SELECTIVIDAD 2017 (CAMBIO EN LA ESTRUCTURA DE EXAMEN)

(17-E) a) ¿Qué es una onda electromagnética? Si una onda electromagnética que se propaga por el aire penetra en un bloque de metacrilato, justifique qué características de la onda cambian al pasar de un medio al otro.

b) El campo eléctrico de una onda electromagnética que se propaga en un medio es:

$$E(x,t) = 800 \sin(\pi 108 t - 1,25 x) \text{ (S.I.)}$$

Calcule su frecuencia y su longitud de onda y determine el índice de refracción del medio.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

(17-R) a) Explique la doble periodicidad de las ondas armónicas e indique las magnitudes que las describen.

b) En una cuerda tensa se genera una onda viajera de 10 cm de amplitud mediante un oscilador de 20 Hz. La onda se propaga a 2 m s^{-1} . Escriba la ecuación de la onda suponiendo que se propaga en el sentido negativo del eje X y que en el instante inicial la elongación en el foco es nula. Calcule la velocidad de un punto de la cuerda situado a 1 m del foco en el instante $t = 3 \text{ s}$.

(17-R) a) Escriba la ecuación de una onda armónica que se propaga en el sentido negativo del eje X. ¿Qué se entiende por periodo y por longitud de onda? ¿Qué relación hay entre esas dos magnitudes?

b) Una onda armónica se propaga por una cuerda en el sentido positivo del eje X con una velocidad de 10 m s^{-1} . La frecuencia del foco emisor es 2 s^{-1} y la amplitud de la onda es 0,4 m.

Escriba la ecuación de la onda considerando que en el instante inicial la elongación en el origen es cero. Calcule la velocidad de una partícula de la cuerda situada en $x = 2 \text{ m}$, en el instante $t = 1 \text{ s}$.

(17-R) a) Considere la siguiente ecuación de las ondas que se propagan en una cuerda:

$$y(x,t) = A \sin(Bt \pm Cx)$$

¿Qué representan los coeficientes A, B y C? ¿Cuáles son sus unidades en el Sistema Internacional? ¿Que indica el signo “ $\pm$ ” que aparece dentro del paréntesis?

b) Obtenga la ecuación de una onda transversal de periodo 0,2 s que se propaga por una cuerda, en el sentido positivo del eje X, con una velocidad de 40 cm s^{-1} . La velocidad máxima de los puntos de la cuerda es $0,5 \pi \text{ m s}^{-1}$ y, en el instante inicial, la elongación en el origen ($x = 0$) es máxima. ¿Cuánto vale la velocidad de un punto situado a 10 cm del origen cuando han transcurrido 15 s desde que se generó la onda?

(17-R) a) Escriba la ecuación de una onda armónica transversal que se propaga a lo largo del sentido positivo del eje X e indique el significado de las magnitudes que aparecen en ella.

b) En el centro de la superficie de una piscina circular de 10 m de radio se genera una onda armónica transversal de 4 cm de amplitud y una frecuencia de 5 Hz que tarda 5 s en llegar al borde de la piscina. Escriba la ecuación de la onda y calcule la elongación de un punto situado a 6 m del foco emisor al cabo de 12 s.

SELECTIVIDAD 2018

(18-E) a) ¿Qué significa que dos puntos de la dirección de propagación de una onda armónica estén en fase o en oposición de fase? ¿Qué distancia les separaría en cada caso?

b) Una onda armónica de amplitud 0,3 m se propaga hacia la derecha por una cuerda con una velocidad de 2 m s^{-1} y un periodo de 0,125 s. Determine la ecuación de la onda correspondiente sabiendo que el punto $x = 0 \text{ m}$

Movimiento ondulatorio

de la cuerda se encuentra a la máxima altura para el instante inicial, justificando las respuestas.

(18-E) a) ¿Es lo mismo velocidad de vibración que velocidad de propagación de una onda? Justifique su respuesta en base a sus expresiones matemáticas correspondientes.

b) Dada la onda de ecuación:

$$y(x,t) = 4 \sin(10\pi t - 0,1\pi x) \text{ (SI)}$$

Determine razonadamente: (i) La velocidad y el sentido de propagación de la onda; (ii) el instante en el que un punto que dista 5 cm del origen alcanza su velocidad de máxima vibración.

(18-R) a) Explique, ayudándose de esquemas en cada caso, la doble periodicidad espacial y temporal de las ondas, definiendo las magnitudes que las describen e indicando, si existe, la relación entre ellas.

b) Determine la ecuación de una onda armónica que se propaga en sentido positivo del eje X con velocidad de 600 m s^{-1} , frecuencia 200 Hz y amplitud 0,03 m, sabiendo que en el instante inicial la elongación del punto $x = 0 \text{ m}$ es $y = 0 \text{ m}$. Calcule la velocidad de vibración de dicho punto en el instante $t = 0 \text{ s}$.

(18-R) a) Defina, ayudándose de los esquemas precisos, los conceptos de onda estacionaria, vientre y nodo.

b) Una cuerda vibra según la ecuación:

$$y(x,t) = 5 \sin((\pi/3) x) \cos(40\pi t) \text{ (SI)}$$

Calcule razonadamente: (i) La velocidad de vibración en un punto que dista 1,5 m del origen en el instante $t = 1,25 \text{ s}$; (ii) la distancia entre dos nodos consecutivos.

(18-R) a) Indique, razonando sus respuestas, qué características deben tener dos ondas que se propagan por una cuerda tensa con sus dos extremos fijos para que su superposición origine una onda estacionaria.

b) En una cuerda tensa con sus extremos fijos se ha generado una onda cuya ecuación es:

$$y(x,t) = 2 \sin[(\pi/4) x] \cos(8\pi t) \text{ (SI)}$$

Determine la amplitud y la velocidad de propagación de dicha onda, así como el periodo y la frecuencia de las oscilaciones.

(18-R) a) Discuta razonadamente la veracidad de la siguiente afirmación: “Cuando una onda incide en la superficie de separación de dos medios, las ondas reflejada y refractada tienen igual frecuencia e igual longitud de onda que la onda incidente”.

b) Una onda electromagnética que se desplaza por un medio viene descrita por la siguiente ecuación:

$$y(x,t) = 0,5 \sin(3 \cdot 10^{10} t - 175 x) \text{ (SI)}$$

Calcule el periodo, la longitud de onda y el índice de refracción del medio por el que se propaga, justificando sus respuestas.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

SELECTIVIDAD 2019

(19-E) a) Explique las diferencias entre ondas armónicas y ondas estacionarias. Escriba un ejemplo de cada tipo de ondas.

b) Una onda transversal, que se propaga en sentido negativo del eje OX, tiene una amplitud de 2 m una longitud de onda de 12 m y la velocidad de propagación es 3 m s^{-1} . Escriba la ecuación de dicha onda sabiendo que la perturbación, $y(x,t)$, toma el valor máximo en el punto $x = 0 \text{ m}$, en el instante $t = 0 \text{ s}$.

Movimiento ondulatorio

(19-E) a) Escriba la ecuación general de una onda estacionaria. Explique el significado físico de cada una de las magnitudes que aparecen en dicha ecuación y relaciónelas con los parámetros de las ondas que la han originado. ¿Cómo se denominan y cuál es el significado físico de los puntos de máxima y mínima amplitud?

b) La ecuación de una onda armónica que se propaga en una cuerda es:

$$y(x,t) = 0,04 \sin(8t - 5x + \pi/2) \text{ (SI)}$$

Calcule la amplitud, frecuencia, longitud de onda, velocidad de propagación y velocidad máxima de un punto de dicha cuerda.

(19-R) a) Explique la doble periodicidad de una onda. Indique las magnitudes que la describe y realice esquemas.

b) Una onda viene dada por la ecuación:

$$y(x,t) = 0,4 \cos(\pi/2 x) \cos(2\pi t) \text{ (SI)}$$

Indique de qué tipo de onda se trata y calcule su longitud de onda, frecuencia, y la velocidad y aceleración de oscilación de un punto situado en $x = 2 \text{ m}$ para $t = 0,25 \text{ s}$.

(19-R) a) Una onda transversal se propaga por una cuerda tensa con una velocidad v , una amplitud A_0 y oscila con una frecuencia f_0 . Si se aumenta al doble la longitud de onda, manteniendo constante la velocidad de propagación, conteste razonadamente en qué proporción cambiarían la velocidad máxima y la aceleración máxima de oscilación de las partículas del medio.

b) Si la ecuación de la onda que se propaga por la cuerda es:

$$y(x,t) = 0,02 \sin(100\pi t - 40\pi x) \text{ (SI)}$$

Calcule la longitud de onda, el periodo y la velocidad de propagación. Determine las ecuaciones de la velocidad de vibración y de la aceleración de vibración.

SELECTIVIDAD 2020

(20-E) a) ¿Qué significa que una onda armónica viajera tenga doble periodicidad? Realice las gráficas necesarias para representar ambas periodicidades.

b) Una onda viajera viene dada por la ecuación: $y(x,t) = 20 \cos(10t - 50x)$ (S.I.)

Calcule: i) Su velocidad de propagación. ii) La ecuación de la velocidad de oscilación y su valor máximo. iii) La ecuación de la aceleración y su valor máximo.

(20-E) a) Dos ondas armónicas se propagan por el mismo medio a igual velocidad, con la misma amplitud, la misma dirección de propagación y la frecuencia de la primera es el doble que la de la segunda. i) Compare la longitud de onda y el periodo de ambas ondas. ii) Escriba la ecuación de la segunda onda en función de las magnitudes de la primera.

b) La ecuación de una onda que se propaga por una cuerda tensa es:

$$y(x,t) = 5 \sin(50\pi t - 20\pi x) \text{ (S.I.)}$$

Calcule: i) la velocidad de propagación de la onda, ii) la velocidad del punto $x = 0$ de la cuerda en el instante $t = 1 \text{ s}$. iii) La diferencia de fase, en un mismo instante, entre dos puntos separados 1 m .

(20-R) a) i) ¿Qué significa que dos puntos de una onda armónica estén en fase? ii) ¿Y en oposición de fase? Explique ambas cuestiones con la ayuda de un dibujo.

b) Una onda armónica que se propaga por una cuerda en el sentido negativo del eje OX tiene una longitud de onda de $0,25 \text{ m}$, y en el instante inicial la elongación en el foco es nula. El foco emisor vibra con una frecuencia de 50 Hz y una amplitud de $0,05 \text{ m}$. i) Escriba la ecuación de la onda explicando el razonamiento seguido para ello. ii) Calcule la ecuación de la velocidad de oscilación e indique el valor máximo de dicha velocidad.

Movimiento ondulatorio

(20-R) a) Justifique la veracidad o falsedad de las siguientes afirmaciones: i) La amplitud de una onda estacionaria en un vientre es el doble de la amplitud de las ondas armónicas que la producen. ii) La distancia entre un nodo y un vientre consecutivo, en una onda estacionaria, es igual a media longitud de onda.

b) La ecuación de una onda estacionaria en una cuerda tensa es:

$$y(x, t) = 0,05 \cos(2\pi x) \cdot \sin(15\pi t) \text{ (S.I.)}$$

Calcule razonadamente: i) La amplitud máxima. ii) La velocidad de propagación de las ondas armónicas que la producen. iii) La velocidad de oscilación máxima de un punto de la cuerda situado en $x = 0,75 \text{ m}$.

SELECTIVIDAD 2021

(21-E)a) i) Justifique que en una onda estacionaria la amplitud varía en cada punto. ii) Realice una representación gráfica de una onda estacionaria en función del espacio, y explique qué se entiende por un nodo en este tipo de ondas.

b) Una onda estacionaria queda descrita mediante la ecuación:

$$y(x, t) = 0,5 \cdot \sin((\pi/3)x) \cdot \cos(40\pi t) \text{ (S.I.)}$$

Determine razonadamente: i) Amplitud, longitud de onda y velocidad de propagación de las ondas armónicas cuya superposición da lugar a esta onda estacionaria. ii) Posición de los vientres y amplitud de los mismos.

(21-R) a) Una onda armónica que viaja por un medio pasa a un segundo medio en el que su velocidad de propagación es inferior. Suponiendo que la onda pasa completamente al segundo medio, sin reflexión ni absorción: i) Razone cómo se modifican la frecuencia y la longitud de onda al cambiar de medio. ii) Razone si se verán afectadas la amplitud y la velocidad máxima de vibración.

b) Por una cuerda tensa se propaga en el sentido positivo del eje x una onda armónica transversal de $0,05 \text{ m}$ de amplitud, 2 Hz de frecuencia y con una velocidad de propagación $0,5 \text{ m s}^{-1}$. i) Determine la ecuación de la onda, sabiendo que para $t = 0 \text{ s}$ el punto $x = 0 \text{ m}$ se encuentra en la posición más alta de su oscilación. ii) Calcule la expresión de la velocidad de oscilación de un punto del medio y su valor máximo.

(21-R) a) Una onda armónica de amplitud A y frecuencia f se propaga por una cuerda con una velocidad v . Determine los cambios que se producirían en la longitud de onda y la velocidad máxima de oscilación de un punto del medio si, manteniendo constantes el resto de parámetros: i) Se reduce a la mitad la frecuencia. ii) Se aumenta su amplitud al doble.

b) Una onda, cuya amplitud es de $0,05 \text{ m}$ y su número de onda $10\pi \text{ rad m}^{-1}$, se propaga por una cuerda en el sentido positivo del eje x con una velocidad de 2 m s^{-1} . i) Determine su ecuación teniendo en cuenta que en el instante inicial el punto $x = 0 \text{ m}$ se encuentra en la posición más alta de su oscilación. ii) Razone si los puntos $x_1 = 0,6 \text{ m}$ y $x_2 = 0,9 \text{ m}$ están en fase o en oposición de fase.

(21-R) a) i) ¿Qué información ofrece la ecuación de una onda armónica si fijamos una posición concreta? Realice una representación gráfica. ii) ¿Y si fijamos una posición y un tiempo concretos simultáneamente?

b) La siguiente ecuación corresponde a una onda armónica que se desplaza por un medio elástico: $y(x, t) = 0,1 \cdot \sin[5\pi t - (5/2)\pi x + \pi/2]$ (S.I.)

Determine: i) Su periodo, su longitud de onda y su velocidad de propagación. ii) La velocidad de oscilación del punto $x = 2 \text{ m}$ en el instante $t = 1 \text{ s}$.

SELECTIVIDAD 2022

Movimiento ondulatorio

(22-E) a) ¿Qué significa que una onda armónica es doblemente periódica? Explíquelo apoyándose en las gráficas correspondientes.

b) Una onda armónica transversal se propaga en sentido negativo del eje OX con una velocidad de propagación de 3 m s^{-1} . Si su longitud de onda es de $1,5 \text{ m}$ y su amplitud es de 2 m : i) escriba la ecuación de la onda teniendo en cuenta que en el punto $x = 0 \text{ m}$ y en el instante $t = 0 \text{ s}$ la perturbación es nula y la velocidad de oscilación es positiva. ii) Determine la velocidad máxima de oscilación de un punto cualquiera del medio.

(22-R) a) Una onda armónica cambia de un medio a otro donde su longitud de onda es el doble a la del medio anterior, manteniendo su amplitud constante. Justifique la relación entre: i) las velocidades de propagación de la onda en ambos medios y ii) la velocidad máxima de oscilación en ambos medios.

b) Una onda tiene por ecuación: $y(x,t) = 2 \cdot \sin(3\pi t - \pi x + 3\pi/2)$ (S.I.)

i) Determine los valores de la amplitud, periodo, longitud de onda y velocidad de propagación de la onda. ii) Calcule razonadamente, para un determinado instante t , la diferencia de fase entre dos puntos separados una distancia de 1 m .

(22-R) a) Explique qué características deben tener dos ondas armónicas para que su superposición origine una onda estacionaria y cómo depende la amplitud de esta última con la posición.

b) Una onda estacionaria viene dada por la expresión:

$$y(x,t) = 0,02 \cdot \sin(0,25\pi x) \cdot \cos(10\pi t) \text{ (S.I.)}$$

i) Determine las posiciones de los vientres de la onda estacionaria. ii) Determine la amplitud, frecuencia, longitud de onda y velocidad de propagación de las ondas armónicas cuya superposición da lugar a la onda estacionaria.

(22-R) a) Justifique la veracidad o falsedad de las siguientes afirmaciones acerca de las ondas estacionarias: i) La amplitud de la oscilación para cada punto del medio no depende de su posición. ii) La distancia entre dos nodos consecutivos es igual a la longitud de onda.

b) Una onda viene dada por la expresión:

$$y(x,t) = 0,5 \cdot \cos(0,8 x) \cdot \sin(20 t) \text{ (S.I.)}$$

Indique qué tipo de onda es y calcule su amplitud, frecuencia y longitud de onda, así como la velocidad de oscilación máxima de un punto situado en $x = 0,2 \text{ m}$.