

Física 2 (Q) - Segundo Cuatrimestre 2025 - Prof. Laura Morales

Guía 5: Introducción a ondas y ondas unidimensionales en cuerdas y sonido

Ejercicio 1. Sean dos ondas que se superponen entre sí:

$$\psi_1(x, t) = A_1 \sin(kx - \omega t + \varepsilon_1) \text{ y } \psi_2(x, t) = A_2 \sin(kx - \omega t + \varepsilon_2),$$

en las que ε_1 y ε_2 son independientes del tiempo.

(a) Determinar la perturbación resultante.

(b) Hágalo, en particular, para los siguientes valores de parámetros: $\omega = 120 \text{ s}^{-1}$, $A_1 = 6 \text{ cm}$, $A_2 = 8 \text{ cm}$, $\varepsilon_1 = 0$, $\varepsilon_2 = \pi/2$ y $\lambda = 2 \text{ cm}$.

(c) Graficar cada función de onda y la resultante en función de la posición x (para $t = 0$) y en función del tiempo t (para $x = 0$).

Ejercicio 2. Se superponen dos ondas longitudinales armónicas de la misma frecuencia, igual dirección de propagación y ambas de amplitud A . Si la amplitud de la onda resultante es A , cuál es la diferencia de fase entre ambas ondas?

Ejercicio 3. Sea una onda transversal descripta por:

$$\psi(x, t) = 4 \text{ cm} \cos\left(2\pi\left(\frac{x}{0,25 \text{ cm}} - \frac{t}{0,05 \text{ s}}\right)\right)$$

(a) Determinar la velocidad de propagación, frecuencia, longitud de onda, número de onda y fase inicial.
(b) Considerar dos partículas del medio por el que se propaga la onda: una ubicada en $x = 0 \text{ cm}$ y otra en $x = 10 \text{ cm}$. En el instante $t = 0$: ¿Cuál es la diferencia entre las velocidades de oscilación transversal de ambas partículas? ¿Cuál es la diferencia entre las fases de los movimientos oscilatorios de dichas partículas?

Ejercicio 4. Una cuerda oscila transversalmente de modo que la perturbación está dada por:

$$\psi(x, t) = 0,05 \text{ cm} \sin(1,26 \text{ cm}^{-1}x - 12,57 \text{ s}^{-1}t + \phi_0)$$

Se sabe que en el punto $x = 1,5 \text{ m}$ y en el instante $t = 0,4 \text{ s}$, la cuerda tiene velocidad negativa y desplazamiento nulo. Calcular la frecuencia de la oscilación, la longitud de onda y la fase inicial ϕ_0 .

Ejercicio 5. El extremo de un tubo delgado de goma (o sea, una cuerda elástica) está fijo a un soporte. El otro extremo pasa por una polea situada a 5 m del extremo fijo y se cuelga de dicho extremo una carga de 2 kg . La masa del tubo entre el extremo fijo y la polea es $0,6 \text{ kg}$. Una onda armónica transversal de 1 mm de amplitud y 30 cm longitud de onda se propaga de izquierda a derecha a lo largo del tubo.

- (a) Calcular la velocidad de propagación de dicha onda.
(b) Escribir la ecuación que describe la onda.
(c) Calcular la velocidad transversal máxima.

Ejercicio 6. Encuentre la resultante de las siguientes dos ondas:

$$\psi_1(x, t) = A \cos(kx + \omega t) \text{ y } \psi_2(x, t) = A \cos(kx - \omega t)$$

¿Se obtiene una onda viajera?

Ejercicio 7. Sea una cuerda de longitud L y densidad lineal de masa μ , sometida a una tensión T . Para los siguientes casos, encontrar la velocidad de propagación de las ondas en la cuerda, la frecuencia, la longitud de onda fundamental (primer armónico) y las longitudes de onda de los armónicos superiores. Además, dibujar los primeros tres modos de oscilación de la cuerda.

(a) Uno de sus extremos se encuentra fijo a un soporte ideal, y se le permite al otro moverse libremente. Se deforma la cuerda de modo de generar ondas estacionarias.

(b) Ambos extremos de la cuerda se sujetan a soportes ideales, y la hace vibrar de modo que se generen ondas estacionarias. Determinar la frecuencia y la longitud del modo fundamental, así como las de sus armónicas. Dibujar los primeros tres modos de oscilación de la cuerda.

Ejercicio 8. Sea una cuerda de longitud $L = 80$ cm y densidad lineal de masa $\mu = 0,20$ kg/m, sujetada en ambos extremos a soportes ideales. La cuerda se encuentra sometida a una tensión de $T = 80$ N. Inicialmente la cuerda está deformada adoptando la forma de su tercer modo normal y con una amplitud de $A = 4,5$ mm. Calcular la frecuencia de la oscilación y el valor máximo de la velocidad transversal de la cuerda.

Ejercicio 9. Una cuerda de violín de 30 cm de longitud emite la nota La4 (440 Hz) en su modo fundamental. Calcule las modificaciones que deben realizarse en la longitud para que de las notas Si4 (495 Hz), Do5 (528 Hz) y Re5 (594 Hz), todas en su modo fundamental.

Ejercicio 10. Sea una cuerda masa $m = 0,2$ kg y longitud L sujetada en ambos extremos a soportes ideales. La cuerda se encuentra sometida a una tensión $T = 40$ N.

(a) Al vibrar la cuerda en el tercer armónico la longitud de onda es de 0,8 m. Hallar la longitud de la cuerda y hacer un esquema de la onda. Hallar la velocidad de propagación v y la frecuencia f .

(b) ¿Cuánto debería valer T para obtener $v = 20$ m/s? Calcular para este caso la frecuencia angular para el cuarto armónico y su longitud de onda.

(c) Suponga que se libera un extremo de la cuerda, calcular la longitud de onda y la frecuencia del modo fundamental y del segundo armónico. Utilizar los valores de L y v hallados en (a).

Ejercicio 11. La variación de presión $\delta P(x, t)$ en una columna de gas, con respecto a su estado de equilibrio, está dada por la siguiente ecuación de onda: $\delta P(x, t) = A_p \sin(kx - \omega t)$

(a) Hallar la expresión para las ondas de desplazamiento.

(b) Mostrar que las ondas de desplazamiento están desfasadas en $\pi/2$ respecto de las ondas de presión.

Ejercicio 12. En un tubo cilíndrico cerrado 5 cm de diámetro con aire ($\rho_a = 1,2$ kg/m³, $v = 330$ m/s), la distancia entre dos nodos consecutivos de una onda acústica estacionaria producida en ambos extremos es de 20 cm.

(a) Hallar la frecuencia de la onda sonora.

(b) Hallar la amplitud máxima de la onda de presión si la amplitud máxima de la onda de desplazamiento es de 10 μm.

Ejercicio 13. En un tubo órgano se observan dos armónicos sucesivos, con frecuencias de 450 Hz y 550 Hz. ¿El tubo está cerrado por un extremo o abierto en ambos? ¿Cuál es la longitud del tubo?

Ejercicio 14.

- (a) ¿Cuál es la menor longitud que puede tener un tubo de órgano abierto en ambos extremos para que produzca en el aire un sonido de frecuencia 440 Hz?
- (b) ¿Qué longitud deberá tener un tubo de órgano cerrado en su extremo superior (salida de aire) para que produzca el mismo tono que en el ítem (a), en su primer armónico?
- (c) Si la cuerda de un violín tiene 32 cm de longitud y una masa de 2g, ¿qué tensión debe aplicársele para que produzca la misma nota que en el ítem (a) como su modo fundamental?
- (d) Para la cuerda del punto (c) calcule la longitud de onda de la oscilación, y la longitud de onda del sonido producido.

Ejercicio 15.

El nivel de agua en una probeta de 1 m de longitud puede ser ajustado a voluntad. Se coloca un diapasón sobre el extremo abierto del tubo. El mismo oscila en una frecuencia de 600 Hz. ¿Para qué niveles de agua habrá resonancia?

Ejercicio 16.

Se tiene un tubo de Longitud L , lleno de aire en su interior. Considerar las siguientes posibilidades.

- Ambos extremos del tubo están cerrados.
- El tubo tiene un extremo cerrado y el otro abierto.

Datos: velocidad de propagación de las ondas, v ; L , p_0 (presión atmosférica), $\rho_0 = \gamma p_0 / v^2$, donde γ es el coeficiente adiabático del aire (densidad del aire en equilibrio o densidad del aire no perturbado).

Hallar, para cada una de las situaciones antes mencionadas:

- (a) Las posibles longitudes de onda con las que puede vibrar el aire en el tubo, y sus correspondientes frecuencias.
- (b) Encontrar los posibles modos normales de desplazamiento del sistema.
- (c) A partir de la expresión hallada en (b), calcule $\delta p(x, t)$ (variación de la presión en cada punto, tomando como referencia la atmosférica).