

Práctica 5: Ondas

1. Dos ondas armónicas con la misma frecuencia y longitud de onda, ambas de amplitud A , viajan en la misma dirección produciéndose interferencia entre ambas. (a) Encuentre la amplitud de la onda resultante si la diferencia de fase entre las ondas es de $\pi/2$ radianes. ¿Es la resultante también una onda armónica? (b) Calcule la diferencia de fase necesaria para que la amplitud resultante sea $3A/2$, A y $A/2$. ¿Qué sucede si la diferencia de fase es de π radianes?
2. Una de las cuerdas de una guitarra está en el eje x cuando está en equilibrio. El extremo en $x = 0$ (el puente de la guitarra) está fijo. Una onda armónica incidente de amplitud de 0.750 mm y frecuencia de 440 Hz viaja por la cuerda en la dirección $-x$ con una rapidez de 143.0 m/s. Esta onda se refleja en el extremo fijo en $x = 0$ de modo que la superposición de las ondas viajeras incidente y reflejada forma una onda estacionaria. (a) Obtenga la ecuación que da el desplazamiento de un punto de la cuerda en función de la posición y el tiempo. (b) Encuentre los puntos de la cuerda que no se mueven. (c) Calcule la amplitud, la velocidad transversal máxima y la aceleración transversal máxima en los puntos de máxima oscilación.
3. Se sujeta el extremo de una cuerda horizontal a uno de los brazos de un diapasón cuya frecuencia de vibración es de 240 Hz. El otro extremo pasa por una polea que sostiene un peso de 3 kg. La cuerda pesa 0.20 kg y tiene una longitud de 4 m. (a) ¿Cuál es la velocidad de una onda transversal en la cuerda? (b) ¿Cuál es la longitud de onda? (c) ¿Cuál es la frecuencia del sonido emitido? (d) ¿Cuál es la longitud de onda sonora? (e) ¿Cuánto debe aumentarse el peso para que la longitud de onda en la cuerda se duplique? (La rapidez del sonido en el aire en condiciones normales de presión y temperatura es $v = 343$ m/s.)
4. Una cuerda fija en ambos extremos tiene una longitud de 8.36 m y una masa de 122 g. Está sujeta a una tensión de 96.7 N y se pone en vibración. (a) Encuentre la velocidad de las ondas transversales en la cuerda. (b) ¿Cuál es la longitud de onda más grande para una onda estacionaria sobre esta cuerda? (c) Encuentre la frecuencia fundamental y para el segundo y tercer armónicos. (d) ¿Cuál será la frecuencia del n -ésimo armónico?
5. Una cuerda cuya densidad lineal de masa vale $\mu = 5 \times 10^{-2}$ kg/m está sometida a una tensión de 80 N. ¿Cómo es la potencia que se debe suministrar a esta cuerda para generar ondas armónicas de 60 Hz y 6 cm de amplitud?
6. Un alambre de hierro de 30 m y otro de cobre de 20 m, ambos con un diámetro de 1 mm, se conectan extremo con extremo y se estiran con una tensión $T = 150$ N. (a) ¿Cuánto tiempo le toma a una onda transversal viajar de un extremo al otro a lo largo de los alambres? ($\rho_{\text{Fe}} = 7.96 \times 10^3$ kg/m³, $\rho_{\text{Cu}} = 8.93 \times 10^3$ kg/m³). (b) Si la onda tiene en el hierro una longitud de onda de 2 m, calcule la longitud de onda en el cobre.
7. La quinta cuerda de una guitarra, de 0.65 m de longitud, está afinada en La, con una frecuencia fundamental de 110 Hz. (a) ¿Cuál es la velocidad de una onda sobre esta cuerda? (b) Si la densidad lineal de masa de la cuerda es $\mu = 4.27 \times 10^{-3}$ kg/m, ¿cuál es su tensión? (c) Para producir otras frecuencias, la longitud efectiva L de la cuerda se acorta presionando sobre ella en algún punto intermedio. ¿Qué longitud efectiva se necesita para producir el tono Mi, cuya frecuencia fundamental es 165 Hz?
8. Un extremo de una cuerda de 120 cm se mantiene fijo. El otro extremo está unido a un anillo sin peso que puede deslizarse a lo largo de una barra sin fricción. Determine las tres longitudes de onda más grandes posibles de ondas estacionarias en la cuerda.
9. Un tubo de órgano abierto tiene una frecuencia fundamental de 291 Hz. El primer sobretono ($n = 3$) de un tubo de órgano cerrado tiene la misma frecuencia que el segundo armónico del tubo abierto. ¿Qué longitud tiene cada tubo?

10. Una varilla delgada de acero está forzada a transmitir ondas longitudinales mediante un oscilador acoplado a uno de sus extremos. La amplitud de las oscilaciones es de 10^{-4} m y su frecuencia de 10 oscilaciones por segundo. Encuentre la función que describe la onda en la varilla. Datos: $Y_{\text{acero}} = 2 \times 10^{11}$ N/m², $\rho_{\text{acero}} = 7.85 \times 10^3$ kg/m³.
11. (a) Encuentre la amplitud de desplazamiento y la velocidad máxima de las partículas de un onda sonora de frecuencia 500 Hz en el umbral de audición, que corresponde a una amplitud de presión de 2.9×10^{-5} Pa. (b) Encuentre la amplitud de desplazamiento para una onda de la misma amplitud de presión pero de frecuencia 1 kHz. (c) Repita los incisos (a) y (b) si la onda corresponde al umbral de dolor, con una amplitud de presión de 29 Pa.
12. A cierta distancia de una fuente sonora, la intensidad es de 60 dB. ¿Cuál es la intensidad del sonido en W/m²? ¿Cuánta energía pasa por una superficie de 2 m² a esa distancia durante 10 seg?
13. Dos parlantes situados a una distancia de 3 m son alimentados por el mismo amplificador y emiten ondas armónicas en fase. Una persona se para a 4 m de uno de los parlantes (donde la distancia se mide perpendicularmente a la recta que une los parlantes). (a) ¿Para qué frecuencias hay interferencia constructiva en el punto donde está la persona? (b) ¿Para cuáles hay interferencia destructiva?
14. Una persona afina la primera cuerda de un violín con el tono La de 440 Hz. Luego toca con el arco simultáneamente las cuerdas La y Mi (que debe afinarse a 660 Hz), detectando una frecuencia de batido de 3 Hz. (a) ¿Cuál es la frecuencia de la cuerda Mi en este violín? (b) Si la tensión de la cuerda Mi es de 80 N cuando se produce el batido, determine la tensión adecuada para obtener el Mi correcto.
15. Un observador viaja en un automóvil a 90 km/h acercándose a un silbato estacionario. Calcule el cociente entre la frecuencia que percibe el observador y la frecuencia emitida por el silbato.
16. Un tren se mueve con una rapidez de 30 m/s. La frecuencia de la nota emitida por el silbato de la locomotora es de 500 Hz. (a) ¿Cuál es la longitud de las ondas sonoras determinada por un observador en reposo ubicado delante y detrás de la locomotora? (b) ¿Cuál sería la frecuencia del sonido percibido por un observador inmóvil situado delante y detrás de la locomotora? (c) ¿Qué frecuencia percibiría un viajero de otro tren que se aproxima con una rapidez de 15 m/s? ¿Y si estuviera alejándose con la misma rapidez? (d) ¿Cómo se modificarían estos resultados si soplara un viento de 9 m/s en el mismo sentido en el que se mueve la locomotora?

Problemas adicionales

17. Una onda armónica en una cuerda $Y(x, t)$ es la resultante de superponer dos ondas armónicas $y_1(x, t)$ y $y_2(x, t)$ de igual amplitud y_0 , número de onda k y frecuencia ω y viajando en la misma dirección, pero con una diferencia $\Delta\phi$ de fase inicial. Encuentre $\Delta\phi$ en términos de y_0 y de la amplitud Y_0 de la onda resultante.
18. Ondas transversales armónicas transmiten potencia por medio de un cable tenso. La velocidad de las ondas es de 100 m/s y la densidad lineal del cable es 0.01 kg/m. La fuente de potencia oscila con una amplitud de 0.50 mm. ¿Cuál es la potencia promedio transmitida si la frecuencia es de 400 Hz?
19. La función de onda de una onda estacionaria en una cuerda fija en ambos extremos está dada por $y(x, t) = 0.3 \text{ sen}(0.20x) \cos(500t)$, donde x e y se miden en centímetros y t en segundos. (a) ¿Cuáles son la amplitud y la velocidad de dos ondas armónicas cuya superposición da lugar a esta vibración? (b) ¿Cuánto valen la longitud de onda y la frecuencia de estas ondas? (c) Si la cuerda está vibrando en su cuarto armónico, ¿cuál es su longitud? (e) ¿Cuál es la rapidez de una partícula de la cuerda en la posición $x = 1.47$ cm en el tiempo $t = 1.36$ s?
20. Una fuente puntual emite ondas sonoras con una potencia de 80 W. (a) Encuentre la intensidad a una distancia de 3 m de la fuente. ¿A cuántos decibeles corresponde? (b) Encuentre la distancia a la cuál

el sonido se reduce a 40 dB. (Tome la intensidad de referencia $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ igual al umbral de audición. Como referencia, tenga en cuenta que, por ejemplo, 140 dB corresponden al umbral de dolor, 40 dB al nivel de intensidad de una conversación.)

21. Dos fuentes sonoras que están separadas 20 cm emiten en fase a una frecuencia de 6800 Hz ¿A que ángulos respecto de la mediatriz la intensidad es máxima? ¿y mínima?
22. Para las notas agudas de los pianos se emplean cuerdas dobles o triples, formadas por hilos de acero paralelos. El La de la octava menor (110 Hz) está formado por dos hilos, tensados teóricamente a 600 N. Suponga que uno de los hilos se destensa ligeramente y al tocar la tecla se escuchan batidos con una frecuencia de 4 Hz. ¿Cuál es la tensión del hilo?
23. Si f es la frecuencia emitida por una fuente sonora y f_O es la frecuencia escuchada por un observador, determine en cuáles de los siguientes casos se cumple $f_O > f$: (a) La fuente está en reposo y el observador se aleja. (b) La fuente está en reposo y el observador se acerca. (c) El observador está en reposo y la fuente se acerca. (d) El observador está en reposo y la fuente se aleja. (e) El observador y la fuente se alejan mutuamente. (f) El observador y la fuente se acercan mutuamente.
24. Un radar que controla la velocidad de los automóviles en una carretera emite microondas con una frecuencia de 2 GHz. Cuando las ondas se reflejan en un auto en movimiento, la frecuencia de batido es de 293 pulsaciones por segundo. Calcule la velocidad del auto.