

Sexta serie de problemas de Mecánica II

(Fecha de revisión: Viernes 29 de Noviembre)

Sección 6.1. Características del movimiento ondulatorio. Tipos de ondas.

Sección 6.2. Ondas viajeras y velocidad de onda.

1. Ciertas ondas transversales en una cuerda tienen rapidez de 8.00m/s , amplitud de 0.0700m y longitud de onda de 0.320m . Las ondas viajan en la dirección $-x$, y en $t = 0$ el extremo $x = 0$ de la cuerda tiene su máximo desplazamiento hacia arriba. (a) Calcule la frecuencia, el periodo y el número de onda de estas ondas. (b) Escriba una función de onda que describa la onda. (c) Calcule el desplazamiento transversal de una partícula en $x = 0.360\text{m}$ en el tiempo $t = 0.150\text{s}$. (d) ¿Cuánto tiempo debe pasar después de $t = 0.150\text{s}$ para que la partícula en $x = 0.360\text{m}$ vuelva a tener su desplazamiento máximo hacia arriba?
2. El 26 de diciembre de 2004 ocurrió un intenso terremoto en las costas de Sumatra, y desencadenó olas inmensas (un tsunami) que provocaron la muerte de 200,000 personas. Gracias a los satélites que observaron esas olas desde el espacio, se pudo establecer que había 800km de la cresta de una ola a la siguiente, y que el periodo entre una y otra fue de 1.0 hora. ¿Cuál fue la rapidez de esas olas en m/s y en km/h ? ¿Su respuesta le ayudaría a comprender por qué las olas causaron tal devastación?

Sección 6.3. Velocidad de onda en una cuerda.

3. La ecuación de una onda transversal en una cuerda es $y = (1.8\text{mm}) \sin[(23.8\text{rad/m})x + (317\text{rad/s})t]$. La cuerda está bajo una tensión de 16.3N . Determine su densidad lineal de masa.
4. Un alambre de acero, de 5.0m de longitud y 0.30mm de radio, se suelda a otro alambre de acero de 5.0m de longitud y 0.10mm de radio. Los alambres se sujetan con una tensión de 150N . ¿Cuánto tarda un pulso de onda transversal en recorrer la distancia de 10m desde el comienzo de la primera cuerda hasta el final de la segunda? La densidad del acero es de $7.8 \times 10^3\text{kg/m}^3$.
5. Una cuerda de masa total m y longitud L se suspende verticalmente. Si una masa M se suspende de la parte inferior de tal cuerda, (a) demuestre que el tiempo necesario para que la onda transversal recorra la longitud de la cuerda es $t = 2 \sqrt{\frac{L}{mg}} [\sqrt{(M+m)} - \sqrt{M}]$. (b) Demuestre que para $m \ll M$, la expresión en el inciso anterior se reduce a $t = \sqrt{\frac{mL}{Mg}}$.

Sección 6.4. Ondas senoidales o armónicas.

6. Una onda transversal en una cuerda se describe mediante la expresión $y(x, t) = (0.120\text{m}) \sin[\pi(x/8 + 4t)]$. (a) Determine la rapidez y aceleración transversal de la cuerda al tiempo $t = 0.200\text{s}$ para un punto de la cuerda localizado en $x = 1.60\text{m}$. (b) ¿Cuáles son la longitud de onda, el periodo y la rapidez de propagación de esta onda?
7. Imagine que tiene como mascota una hormiga llamada Chepina (con masa m) y la coloca sobre una cuerda horizontal estirada, a la que se aferra. La cuerda tiene masa M y longitud L , y está sometida a una tensión F .

Usted inicia una onda transversal senoidal con longitud de onda λ y amplitud A que se propaga por la cuerda, cuyo movimiento es en un plano vertical. La masa de Chepina es tan pequeña que no afecta la propagación de la onda. (a) Calcule la rapidez máxima de Chepina al oscilar verticalmente. (b) A Chepina le gusta el movimiento y quiere más. Usted decide aumentar al doble su rapidez máxima alterando la tensión, sin variar la longitud de onda ni la amplitud. ¿Deberá aumentar o disminuir la tensión, y en qué factor?

Sección 6.5. Energía transportada por una onda.

8. Una cuerda de $2.72m$ de largo, tiene una masa de $263g$. Su tensión es $36.1N$. ¿Cuál debe ser la frecuencia de las ondas viajeras de $7.70mm$, a fin de que la potencia transmitida promedio sea $85.5W$?

9. La ecuación de una onda transversal que viaja por una cuerda es

$$y(x, t) = (0.750cm) \cos(\pi[(0.400 rad/cm)x + (250 rad/s)t])$$

(a) Calcule la amplitud, la longitud de onda, la frecuencia, el periodo y la rapidez de propagación. (b) Dibuje la forma de la cuerda en los siguientes valores de t : 0 , $0.0005s$ y $0.0010s$. (c) ¿La onda viaja en la dirección $+x$ o $-x$? (d) La masa por unidad de longitud de la cuerda es de $0.0500kg/m$. Calcule la tensión. (e) Calcule la potencia media de esta onda.

10. Una onda senoidal transversal viaja por una cuerda de longitud $8.00m$ y masa $6.00g$. Su rapidez es de $30.0m/s$ y su longitud de onda es de $0.200m$. (a) ¿Qué amplitud debe tener la onda para que su potencia media sea de $50.0W$? (b) En esta misma cuerda, si la amplitud y la longitud de onda son las del inciso anterior, ¿qué potencia media tendrá la onda si la tensión se aumenta de modo que la rapidez de la onda sea el doble?

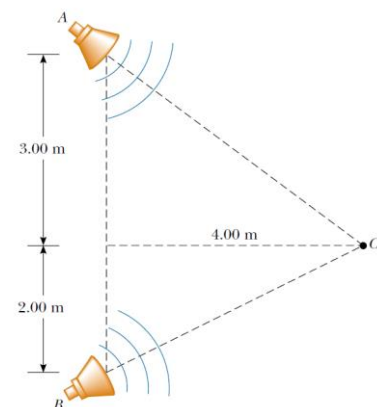
Sección 6.6. Potencia e intensidad de las ondas sonoras. Decibeles.

11. Un observador mide una intensidad de $1.13W/m^2$ a una distancia desconocida de una fuente de ondas esféricas cuya salida de potencia se ignora. El observador camina $5.30m$ acercándose a la fuente, y mide una intensidad de $2.41W/m^2$ en este nuevo lugar. Calcule la salida de potencia de la fuente.

12. Cierta altavoz (supuesto fuente puntual) emite $31.6W$ de potencia acústica. Un pequeño micrófono con una superficie transversal efectiva de $75.2mm^2$ está situado a $194m$ de él. Calcule (a) la intensidad del sonido en el micrófono; (b) la potencia incidente en el micrófono; y (c) la energía que llega al micrófono en $25.0min$.

13. En un auditorio cerrado se ofrece un espectáculo sobre hielo para familias. Los patinadores realizan un espectáculo musical con un nivel de sonido de $80.0dB$. Esto es demasiado fuerte para su bebé, quien por consiguiente grita a un nivel de $75.0dB$. (a) ¿Cuál es la intensidad de sonido total que le rodea a Usted? (b) ¿Cuál es el nivel del sonido combinado?

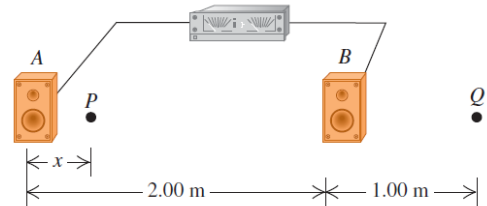
14. Dos pequeños altavoces emiten ondas sonoras esféricas de diferentes frecuencias. El altavoz A tiene una salida de $1.00mW$, en tanto que el altavoz B tiene una salida de $1.50mW$. Determine el nivel sonoro (en decibeles) en el punto C (ver figura anexa) si (a) sólo el altavoz A emite sonido; (b) sólo el altavoz B emite sonido; y (c) ambos altavoces emiten sonido.



Sección 6.7. El principio de superposición. Interferencia de ondas.

15. Dos altavoces, A y B , son alimentados por el mismo amplificador y emiten ondas senoidales en fase. B está 12.0m a la derecha de A . La frecuencia de las ondas emitidas por los altavoces es de 688Hz . Imagine que está parado entre los altavoces, sobre la línea que los une, y está en un punto de interferencia constructiva. (a) ¿Qué distancia deberá moverse hacia el altavoz B , para estar en un punto de interferencia destructiva? (b) Si continúa acercándose a B , ¿pasa por otro punto de interferencia constructiva? En caso afirmativo, indique su ubicación.

16. Dos altavoces, A y B (ver figura), son alimentados por el mismo amplificador y emiten ondas senoidales en fase. B está 2.00m a la derecha de A . La frecuencia de las ondas sonoras producidas por los altavoces es de 206Hz . Considere el punto P entre los altavoces a lo largo de la línea que los une, a una distancia x a la derecha de A . Ambos altavoces emiten ondas sonoras que viajan directamente del altavoz a P . (a) ¿Con qué valores de x habrá interferencia destructiva en P ? (b) ¿Y constructiva?



17. Dos altavoces, A y B , son alimentados por el mismo amplificador y emiten ondas senoidales en fase. La frecuencia de las ondas emitidas por los altavoces es de 172Hz . Imagine que está a 8.00m de A . (a) ¿Cuánto es lo más cerca que puede estar de B y estar en un punto de interferencia destructiva? (b) ¿y en un punto de interferencia constructiva?

Sección 6.8. Ondas estacionarias. Cuerdas vibrantes y columnas de aire.

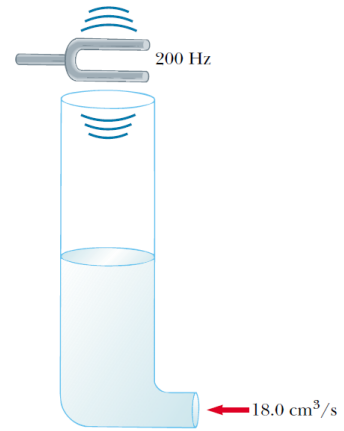
18. Un alambre de telégrafo hecho de cobre se estira firmemente entre dos postes separados 50m . La tensión en el alambre es de 500N y la masa por unidad de longitud es de $2.0 \times 10^{-2}\text{kg/m}$. ¿Cuál es la frecuencia del modo fundamental y cuál es el primer sobretono?

19. Se supone que la cuerda do central de un piano vibra a 261.7Hz cuando se hace vibrar en su modo fundamental. Un afinador de piano encuentra que, en un piano que tiene una tensión de 900N en esta cuerda, la frecuencia de vibración está 15.0Hz por debajo. ¿Cuánto debe aumentar la tensión de la cuerda para lograr la frecuencia correcta?

20. Una mandolina tiene cuerdas de 34.0cm de largo, fijas en sus extremos. Cuando el músico que la toca pulsa una de estas cuerdas, y excita su modo fundamental, esta cuerda produce la nota musical re . Para producir otras notas de la escala musical, el músico acorta la cuerda al sostener una porción de ella contra uno y otro de varios trastes (pequeñas barras metálicas transversales) colocadas bajo la cuerda. El músico acorta la cuerda en un traste para producir la nota re^\sharp , en dos trastes para producir la nota mi , en tres para producir la nota fa , y así sucesivamente. Calcule el espaciamiento correcto entre los trastes sucesivos de la mandolina para una octava completa. Suponga que la cuerda siempre vibra en su modo fundamental y también que la tensión en la cuerda siempre es la misma.

Escala cromática musical	
Nota	Frecuencia
do	261.7Hz
do^\sharp	277.2Hz
re	293.7Hz
re^\sharp	311.2Hz
mi	329.7Hz
fa	349.2Hz
fa^\sharp	370.0Hz
sol	392.0Hz
sol^\sharp	415.3Hz
la	440.0Hz
la^\sharp	466.2Hz
si	493.9Hz

21. En un cilindro vertical largo se bombea agua a una rapidez de flujo volumétrico G , como se muestra en la figura. El radio del cilindro es r , y en la abertura superior del cilindro vibra un diapasón con una frecuencia f . Conforme el agua asciende, (a) ¿cuánto tiempo transcurre entre resonancias sucesivas? (b) ¿Cuánto es este tiempo si considera $G = 18.0\text{cm}^3/\text{s}$, $r = 4.00\text{cm}$ y $f = 200\text{Hz}$?



Sección 6.9. Efecto Doppler.

22. La fuente de sonido del sistema de sonar de un barco opera a una frecuencia de 22.0kHz . La rapidez del sonido en agua (que suponemos está a una temperatura uniforme de 20°C) es de 1482m/s . (a) Calcule la longitud de las ondas emitidas por la fuente. (b) Calcule la diferencia en frecuencia entre las ondas radiadas directamente y las reflejadas de una ballena que viaja directamente hacia el barco a 4.95m/s . El barco está en reposo en el agua.
23. Un estudiante sostiene un diapasón que oscila a 256Hz . Camina hacia una pared a una rapidez constante de 1.33m/s . (a) ¿Qué frecuencia de pulsación observa entre el diapasón y su eco? (b) ¿Qué tan rápido debe alejarse de la pared caminando para observar una frecuencia de pulsación de 5.00Hz ?
24. Una onda sonora de 2.00MHz viaja por el abdomen de una mujer embarazada y es reflejada por la pared cardiaca del feto, que se mueve hacia el receptor de sonido al latir el corazón. El sonido reflejado se mezcla con el transmitido, detectándose 85 pulsos por segundo. La rapidez del sonido en el tejido corporal es de 1500m/s . Calcule la rapidez de la pared cardiaca fetal, en el instante en que se hace la medición.

Sección 6.10. La ecuación de onda.

Problemas adicionales.

- Una cuerda uniforme con longitud L y masa m se sujeta por un extremo y se gira en un círculo horizontal con velocidad angular ω . Desprecie el efecto de la gravedad sobre la cuerda. Calcule el tiempo que una onda transversal tarda en viajar de un extremo de la cuerda al otro.
- Un bloque con un altavoz atornillado a él se conecta a un resorte que tiene una constante $k = 20.0\text{N/m}$, como se muestra en la figura. La masa total del bloque y altavoz es de 5.00kg y la amplitud del movimiento de este conjunto es de 0.500m . (a) Si el altavoz emite ondas sonoras de 440Hz de frecuencia, determine las más bajas y más altas frecuencias que escucha una persona a la derecha del altavoz. (b) Si el nivel sonoro máximo escuchado por la persona es de 60dB cuándo está más cerca del altavoz, a 1.00m de distancia, ¿cuál es la intensidad mínima escuchada por el observador? Suponga que la rapidez del sonido es de 340m/s .



RESPUESTAS:

1. (a) $f = 25 \text{ Hz}$, $T = 0.04 \text{ s}$, $k = 6.25\pi \text{ rad/m}$; (b) $y(x, t) = (0.07\text{m}) \cos[\pi(6.25\text{rad/m})x + \pi(50.0\text{rad/s})t]$; (c) $y(0.360\text{m}, 0.150\text{s}) = 0.049497 \text{ m}$; (d) $\Delta t = 0.005 \text{ s}$.
2. $v = 222.222 \text{ m/s} = 800 \text{ km/h}$
3. $\mu = 0.09188 \text{ kg/m}$.
4. $t = 0.025563 \text{ s}$.
5. Demostración.
6. (a) $v_y(1.60 \text{ m}, 0.20 \text{ s}) = -1.50796 \text{ m/s}$ y $a_y(1.60 \text{ m}, 0.20 \text{ s}) = 0 \text{ m/s}^2$; (b) $\lambda = 16.0 \text{ m}$, $T = 0.50 \text{ s}$, $v = 32.0 \text{ m/s}$.
7. (a) $v_{max} = \left(\frac{2\pi A}{\lambda}\right) \sqrt{\frac{FL}{M}}$; (b) Debe aumentarse la tensión F en un factor de 4.
8. $f = 197.7443 \text{ Hz}$.
9. (a) $A = 0.0075 \text{ m}$, $\lambda = 0.05 \text{ m}$, $f = 125 \text{ Hz}$, $T = 0.008 \text{ s}$, $v = 6.25 \text{ m/s}$; (b) Esquema; (c) Viaja a la izquierda; (d) $T = 19.53125 \text{ N}$; (e) $P = 54.2154 \text{ W}$.
10. (a) $A = 0.070736 \text{ m}$; (b) $P = 400 \text{ W}$.
11. $P = 4.0135 \text{ kW}$.
12. (a) $I = 66.81497 \mu\text{W/m}^2$; (b) $P = 5.02449 \text{ nW}$; (c) $E = 7.5367 \mu\text{J}$.
13. (a) $I = 131.6228 \mu\text{W/m}^2$; (b) (a) $\beta = 81.1933 \text{ dB}$;
14. (a) $I_A = 3.1831 \mu\text{W/m}^2$, $\beta = 65.0285 \text{ dB}$; (b) $I_B = 5.9683 \mu\text{W/m}^2$, $\beta = 67.7585 \text{ dB}$; (c) $I_{AB} = 9.1514 \mu\text{W/m}^2$, $\beta = 69.6149 \text{ dB}$.
15. (a) Debe caminarse una distancia $d = 0.125 \text{ m}$; (b) Sí, caminando, una vez más, una distancia $d = 0.125 \text{ m}$.
16. (a) $x_{destruktiva} = 0.5825 \text{ m}, 1.4175 \text{ m}$; (b) $x_{constructiva} = 0.1650 \text{ m}, 1.00\text{m}, 1.8349 \text{ m}$.
17. (a) $x_{min-destruktiva} = 1.00 \text{ m}$; (b) $x_{min-constructiva} = 2.00 \text{ m}$
18. $f_1 = 1.58114 \text{ Hz}$, $f_2 = 3.16228 \text{ Hz}$
19. $\Delta T = 112.8190 \text{ N}$.
20. $\Delta r_{re\#} = 0.01912 \text{ m}$, $\Delta r_{mi} = 0.018005 \text{ m}$, $\Delta r_{fa} = 0.016913 \text{ m}$, $\Delta r_{fa\#} = 0.016076 \text{ m}$,
 $\Delta r_{sol} = 0.015147 \text{ m}$, $\Delta r_{sol\#} = 0.014292 \text{ m}$, $\Delta r_{la} = 0.013498 \text{ m}$, $\Delta r_{la\#} = 0.012754 \text{ m}$,
 $\Delta r_{si} = 0.012013 \text{ m}$.
21. (a) $\Delta t = \frac{\pi r^2 v}{2G\epsilon}$; (b) $\Delta t = 240.1573 \text{ s} \sim 4 \text{ minutos}$.
22. (a) $\lambda = 0.067364 \text{ m} = 6.73636\text{cm}$; (b) $\Delta f = 147.4561 \text{ Hz}$.
23. (a) $\Delta f = 1.9872 \text{ Hz}$; (b) $v = 3.3925 \text{ m/s}$.
24. $v = 0.031875 \text{ m/s} = 3.1875\text{cm/s}$.