

## Cap.: 15 – Ondas mecánicas

**15.1.** La rapidez del sonido en aire a 20 °C es de 344 m/s. *a)* Calcule la longitud de onda de una onda sonora con frecuencia de 784 Hz, que corresponde a la nota sol de la quinta octava de un piano, y cuántos milisegundos dura cada vibración. *b)* Calcule la longitud de onda de una onda sonora una octava más alta que la nota del inciso *a)*.

**15.3. ¡Tsunami!** 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 800 km 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?

**15.6.** La ecuación de cierta onda transversal es:

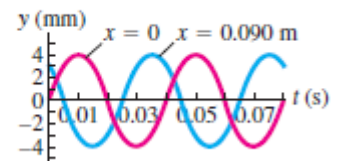
$$y(x, t) = (6.50 \text{ mm}) \cos 2\pi \left( \frac{x}{28.0 \text{ cm}} - \frac{t}{0.0360 \text{ s}} \right)$$

Determine la *a)* amplitud, *b)* longitud de onda, *c)* frecuencia, *d)* rapidez de propagación y *e)* dirección de propagación de la onda.

**15.7.** Ciertas ondas transversales en una cuerda tienen rapidez de 8.00 m/s, amplitud de 0.0700 m y longitud de onda de 0.320 m. 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?

**15.11.** Una onda senoidal se propaga por una cuerda estirada en el eje  $x$ . El desplazamiento de la cuerda en función del tiempo se grafica en la figura 15.30 para partículas en  $x = 0$  y en  $x = 0.0900 \text{ m}$ . *a)* Calcule la amplitud de la onda. *b)* Calcule el periodo de la onda. *c)* Se sabe que los puntos en  $x = 0$  y  $x = 0.0900 \text{ m}$  están separados una longitud de onda. Si la onda se mueve en la dirección  $+x$ , determine la longitud de onda y la rapidez de la onda. *d)* Si ahora la onda se mueve en la dirección  $-x$ , determine la longitud de onda y la rapidez de la onda. *e)* ¿Sería posible determinar de manera definitiva la longitud de onda en los incisos *c)* y *d)* si no supiéramos que los dos puntos están separados una longitud de onda? ¿Por qué?

Figura 15.30 Ejercicio 15.11.



**15.13.** Una onda transversal que viaja en una cuerda tiene amplitud de 0.300 cm, longitud de onda de 12.0 cm y rapidez de 6.00 cm/s y se representa con  $y(x, t)$  del ejercicio 15.12. *a)* En el tiempo  $t = 0$ , calcule  $y$  a intervalos de  $x$  de 1.5 cm (es decir, en  $x = 0$ ,  $x = 1.5$  cm,  $x = 3.0$  cm, etcétera) de  $x = 0$  a  $x = 12.0$  cm. Muestre los resultados en una gráfica. Ésta es la forma de la cuerda en el tiempo  $t = 0$ . *b)* Repita los cálculos para los mismos valores de  $x$  en  $t = 0.400$  s y  $t = 0.800$  s. Muestre gráficamente la forma de la cuerda en esos instantes. ¿En qué dirección viaja la onda?

**15.14.** ¿Con qué tensión debe estirarse una cuerda de 2.50 m de longitud y masa de 0.120 kg para que ondas transversales con frecuencia de 40.0 Hz tengan una longitud de onda de 0.750 m?

**15.20.** Un alambre de piano con masa de 3.00 g y longitud de 80.0 cm se estira con una tensión de 25.0 N. Una onda con frecuencia de 120.0 Hz y amplitud de 1.6 mm viaja por el alambre. *a)* Calcule la potencia media que transporta esta onda. *b)* ¿Qué sucede con la potencia media si la amplitud de la onda se reduce a la mitad?

**15.21.** Cuando despegue un avión a propulsión, produce un sonido con intensidad de 10.0 W/m<sup>2</sup> a 30.0 m de distancia. Usted prefiere el tranquilo sonido de la conversación normal, que es de 1.0 mW/m<sup>2</sup>. Suponga que el avión se comporta como una fuente puntual de sonido. *a)* ¿Cuál es la distancia mínima a la pista de aterrizaje a la que usted podría vivir para conservar su estado de paz mental? *b)* ¿Qué intensidad del sonido de los aviones experimenta un amigo suyo, quien vive a una distancia de la pista de aterrizaje que es el doble de la distancia a la que usted vive? *c)* ¿Qué potencia de sonido produce el avión en el despegue?

**15.24.** Imagine que un compañero con dotes matemáticas le dice que la función de onda de una onda viajera en una cuerda delgada es  $y(x, t) = 2.30 \text{ mm} \cos[(6.98 \text{ rad/m})x + (742 \text{ rad/s})t]$ . Usted, que es una persona más práctica, efectúa mediciones y determina que la cuerda tiene una longitud de 1.35 m y una masa de 0.00338 kg. Ahora le piden determinar lo siguiente: *a)* amplitud; *b)* frecuencia; *c)* longitud de onda; *d)* rapidez de la onda; *e)* dirección en que viaja la onda; *f)* tensión en la cuerda; *g)* potencia media transmitida por la onda.

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

$$y(x, t) = (0.750 \text{ cm}) \cos \pi [(0.400 \text{ cm}^{-1})x + (250 \text{ s}^{-1})t]$$

*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, 0.0005 s y 0.0010 s. *c)* ¿La onda viaja en la dirección  $+x$  o  $-x$ ? *d)* La masa por unidad de longitud de la cuerda es de 0.0500 kg/m. Calcule la tensión. *e)* Calcule la potencia media de esta onda.

**15.54. Hormiga en ingravidez.** Una hormiga con masa  $m$  está parada tranquilamente sobre una cuerda horizontal, con masa por unidad de longitud  $\mu$ , estirada mediante una tensión  $F$ . De repente, su primo Morton comienza a propagar por la cuerda una onda senoidal transversal con longitud de onda  $\lambda$ . El movimiento de la cuerda es en un plano vertical. ¿Qué amplitud mínima de la onda hará que la

hormiga sienta momentáneamente que no pesa nada? Suponga que  $m$  es tan pequeña que la presencia de la hormiga no afecta la propagación de la onda.

### Problemas de examen

1. Una estación de radio emite una onda sinusoidal con una potencia media de 50 kW. 1.1. Suponiendo que el transmisor irradia por igual en todas las direcciones sobre la superficie terrestre, calcule las amplitudes de los campos eléctrico y magnético que detecta un satélite ubicado a 100 km de la antena. 1.2. Si la estación es la de la UNL (1020 kHz), indique cuantas longitudes de onda hay entre la antena y el satélite.
2. Considere una onda mecánica en una cuerda dada por  $y(x,t) = 0,005 \sin[\pi(x-2t)]$ , cuyas magnitudes corresponden al SI de unidades. Indique:
  - 2.1. Amplitud, velocidad, frecuencia y longitud de la onda, con las correspondientes unidades.
  - 2.2. La velocidad en función del tiempo de un elemento de la cuerda situado en  $x = 3$  m, e indique el valor de la velocidad máxima que puede lograr.