

## Guía de problemas capítulo 1

### 1 Objetivos

- (1) En base a las leyes de Newton y las propiedades elásticas de los materiales deducir la velocidad de propagación de ondas  $1D$  mecánicas.
- (2) Conocer la diferencia entre ondas longitudinales y ondas transversales, armónicas y no armónicas.
- (3) Entender las leyes de conservación de cantidades escalares y los conceptos de corriente  $I$  y vector densidad de corriente  $J$  para cada cantidad escalar.
- (4) Entender el efecto Doppler para ondas mecánicas.

### 2 Problemas básicos de propagación de ondas mecánicas

- (1) Una cuerda de piano tiene  $0,7m$  de longitud y una masa de  $5gr$ . Se la somete a una tracción de  $50kp$ .
  - (a) Cuál es la velocidad de las ondas en la cuerda?
  - (b) Para reducir la velocidad a la mitad sin modificar la tracción, qué masa de alambre de cobre deberá enrollarse alrededor del hilo de acero?
- (2) Un resorte tiene una longitud natural de  $1m$  y una masa de  $0.2kg$ . Cuando se le aplica una fuerza de  $10N$  se estira  $4cm$ . Hallar la velocidad de propagación de las ondas longitudinales a lo largo del resorte.
- (3) Una onda sonora típica tiene una frecuencia de  $1000Hz$ . Su amplitud de sobrepresión es de  $10^{-4}$  atmósferas aproximadamente.
  - (a) En el instante  $t = 0$  la presión es máxima en cierto punto  $x_1$ . Cuál es el desplazamiento en dicho punto?
  - (b) Cuál es el valor máximo del desplazamiento?
- (4) La función

$$f(x) = \begin{cases} 4 - x^2 & \dots |x| < 2 \\ 0 & \dots |x| > 2 . \end{cases} \quad (1)$$

tiene la forma de un pulso. Conviértala de modo que represente un pulso de desplazamiento longitudinal, que viaja a lo largo de una barra sólida, en la dirección  $+x$ , con velocidad de propagación  $2000m/s$ .

---

### 3 Propagación de energía en ondas

- (5) Una cuerda de  $20m$  tiene una masa de  $0,06kg$ . Está sometida a una tracción de  $50N$ . Ondas armónicas, de frecuencia  $200Hz$  y amplitud  $1cm$  se mueven a lo largo de la cuerda de izquierda a derecha.
- Cuál es la energía total por unidad de longitud  $\mu_E$  de las ondas en la cuerda?
  - Cuál es la potencia transmitida que pasa por un punto determinado de la cuerda? .
  - Verificar que la potencia calculada en el punto (b) es igual al producto de la densidad de energía obtenida en (a) multiplicada por la velocidad de fase de las ondas.
- (6) En una onda sonora plana armónica es  $\phi(x, t) = A_0 \cos(kx - \omega t)$ .
- Hallar  $u_E(x, t) = u_{cin} + u_{pot}$
  - En base al resultado de (a) encuentre la potencia transmitida por unidad de área.
  - Verifique que el valor obtenido en (b) coincide con el valor del "vector de Poynting"  $\vec{S} = p \vec{v}$ .
- (7) Una membrana elástica, de masa despreciable, situada en el extremo de un tubo largo lleno de aire a la temperatura ambiente y a la presión normal, oscila con una frecuencia de  $500Hz$  y una amplitud de  $0.1mm$ . El área de la membrana es de  $100cm^2$ .
- Cuál es la amplitud de presión de las ondas sonoras generadas en el tubo?
  - Cuál es la intensidad de las ondas?
  - Qué potencia media se necesita para mantener oscilando la membrana, si se desprecia cualquier tipo de disipación energética?
- (8) (a) Dos ondas sonoras poseen intensidades de  $10^{-10}W/m^2$  y  $10^{-2}W/m^2$ . Cuál es la intensidad medida en  $dB$ ?
- (b) Cuál es la amplitud de la onda sonora de frecuencia  $1000Hz$  correspondiente a la intensidad umbral de la audición humana ( $10^{-12}W/m^2$ )?
- (c) Demostrar que cuando la intensidad de un sonido, en  $W/m^2$ , se duplica, su nivel, en  $dB$ , aumenta en  $10 \log 2 (= 3,0103dB \cong 3dB)$ .
- (9) Demostrar que en una onda  $1D$  progresiva (armónica o no) la energía cinética por unidad de volumen y la energía potencia por unidad de volumen son iguales.
- (10) Considere el caso de una onda que se propaga a lo largo de una cuerda tensa. Demostrar que el trabajo necesario para rotar en  $\theta$  un elemento de cuerda de longitud  $\Delta x$ , partiendo de la posición horizontal, es igual y de signo contrario a la energía potencial por unidad de longitud  $\mu_{pot} = \frac{T}{2} \left( \frac{\partial \phi}{\partial x} \right)^2 \times \Delta x$ .
- (11) Un vendedor asegura que la potencia de salida de audio de un equipo estéreo es de  $110W$ . Al probar el sistema con varios parlantes, de modo de simular una sola fuente puntual, se encuentra que es posible acercarse

---

hasta  $1.3m$  del equipo, funcionando éste a todo volumen, antes de que el sonido lastime los oídos. Estime si los datos que ofrece el vendedor son correctos o no.

#### 4 Efecto Doppler

- (12) En un día de aire calmo una locomotora se aproxima a un observador quieto con una velocidad de  $20m/s$ .
- (a) Cuál es la frecuencia del silbato que oye el observador si se sabe que el tono propio del silbato es de  $300Hz$ ?
  - (b) Cuál es la variación de frecuencia para un armónico (múltiplo de la frecuencia anterior) del silbato?
  - (c) Repita para el caso en que hay viento de  $18km/h$  en el sentido de la locomotora.
- (13) Cuál debería ser la velocidad de un observador al moverse entre dos diapasones fijos, de frecuencias  $430Hz$  y  $440Hz$  respectivamente, si percibiese ambos sonidos con el mismo tono.
- (14) Dos submarinos se encuentran en ruta de colisión frontal. Viajan uno hacia el otro a  $20.2$  y  $94.6Km/h$ . El primero envía una señal de sonar de  $1030Hz$ . Las ondas del sonar viajan en el agua a  $5470Km/h$ . Suponga que las aguas se hallan en calma y sin corrientes. Calcule: a) La frecuencia de la señal que capta el segundo submarino. b) La frecuencia de la señal reflejada que recibe el primer submarino.