

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 μ_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 θ un elemento de cuerda de longitud Δx , 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.