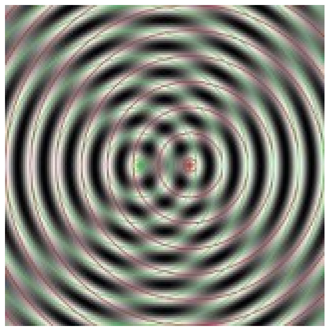
Licencias

UT02. Fenómenos ondulatorios

Materiales formativos de FP en línea, propiedad del Ministerio de Educación y Formación Profesional

1. Superposición de ondas

La superposición de ondas únicamente se produce en el punto en el que éstas coinciden; ese punto se verá perturbado por las ondas que, de forma simultánea lleguen a él, pero después, cada onda seguirá su camino como si no hubiera pasado nada. Gracias a esta propiedad de las ondas es como dos personas se pueden entender en entornos ruidosos, como en una reunión familiar, una discoteca...



1.1 Teorema de Fourier

Cualquier función periódica $\Psi(t)$, no necesariamente armónica, que sea continua, y cuya derivada también lo sea se puede descomponer en una suma infinita de funciones armónicas, mediante el desarrollo en serie de Fourier. Si la función $\Psi(t)$ tiene un periodo T, esto quiere decir que el valor de la función se repite cada vez que transcurre un periodo de tiempo:

$$\Psi(t) = \Psi(t + kT) \ \forall k \epsilon Z \quad (2.1)$$

El desarrollo en serie de Fourier permite expresarla como una suma infinita de senos y cosenos:

$$\Psi(t) = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T} kt\right) + \sum_{k=1}^{\infty} b_k \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T} kt\right) \quad \forall k \in N \quad (2.2)$$

donde:

- $\frac{2\pi}{T} = \omega$ es la frecuencia angular fundamental de la señal y en consecuencia $k\omega$ representa el k–ésimo armónico de la frecuencia fundamental. Con la condición de que:

$$\begin{aligned} \omega_2 &= 2\omega_1 \\ \omega_3 &= 3\omega_1 \\ &\cdots\cdots \\ \omega_n &= n\omega_1 \end{aligned}$$

Tabla 2.1. Frecuencia y longitud de onda fundamentales y todos sus armónicos en el desarrollo en serie de Fourier.

	Frecuencia	**Longitud de onda**
Fundamental	υ	λ
Primer armónico	2υ	λ/2
Segundo armónico	3υ	λ/3

...	...	...
n–ésimo armónico	nυ	λ/n

Los coeficientes que aparecen en la ecuación 2.2 son las incógnitas que hay que calcular:

- a_0, es el valor medio de la señal periódica $\Psi(t)$ sobre un periodo:

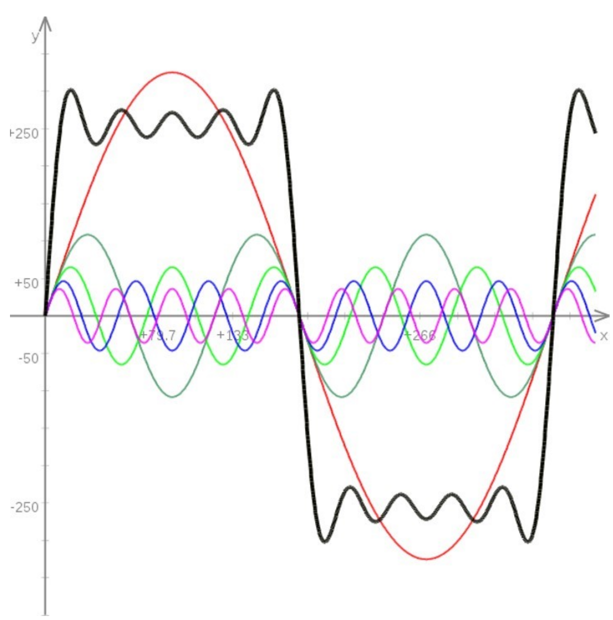
$$a_0 = \frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2} \Psi(t)dt \qquad (2.3)$$

- a_k y b_k representan las amplitudes desconocidas de los términos coseno y seno que se pueden calcular mediante las expresiones:

$$a_k = \frac{2}{T}\int_{-T/2}^{T/2} \Psi(t)\cos(k\omega t)dt \quad \forall K \in N \qquad (2.4)$$

$$b_k = \frac{2}{T}\int_{-T/2}^{T/2} \Psi(t)sen(k\omega t)dt \quad \forall K \in N \qquad (2.5)$$

- Este desarrollo en serie permite obtener el espectro de una señal, que describe el contenido frecuencial de dicha señal. Es decir, todo movimiento periódico está formado por su frecuencia fundamental, el primer elemento de la serie, y sus diversos armónicos, el resto de elementos de la serie.



Autoevaluación

Para que una función se pueda descomponer en una suma infinita de senos y cosenos es necesario:

- Que sea periódica.
- Todas las respuestas son válidas.
- Que sea continua.
- Que la derivada de la función sea continua.

No. Es una de las razones, pero hace falta algo más.

Sí. En efecto para poder aplicar el teorema de Fourier se deben cumplir todas estas condiciones.

No. También es una razón pero sólo esta no sería una respuesta completa.

No. Además de que la derivada de la función sea continua, son necesarias otras condiciones.

Solución

1. Incorrecto
2. Opción correcta
3. Incorrecto
4. Incorrecto

1.2 Estacionarias

Supongamos una onda plana que penetra en un tubo, por un extremo abierto del mismo, cuando la onda llega al final del tubo, rebota con la pared perpendicular del fondo y la onda vuelve, onda reflejada, por el mismo camino, encontrándose con la onda incidente en el interior del tubo e interaccionando con ella. Cada punto del interior del tubo se verá perturbado por las dos ondas simultáneamente.

Sea $\Psi_i(x, t)$ la onda incidente, y $\Psi_r(x, t)$ la onda reflejada, cuyas ecuaciones son las siguientes:

$$\begin{aligned} \Psi_i(x,t) &= A\cdot\ sen(\omega t - kx) \\ \Psi_r(x,t) &= A\cdot\ sen(\omega t + kx) \end{aligned} \quad (2.6)$$

Se considera que la fase inicial, φ, en ambas ecuaciones es cero para facilitar los cálculos. Se observa que las ecuaciones son en todo iguales excepto en el signo que indica que la onda reflejada vuelve en sentido contrario al que entró en el tubo. En cada uno de los puntos perturbados por ambas ondas el resultado será la suma de ambas perturbaciones:

$$\Psi(x,t) = \Psi_i(x,t) + \Psi_r(x,t) = A\cdot sen(\omega t - kx) + A\cdot sen(\omega t + kx) = 2\cdot A\cdot coskx\cdot sen\omega t \quad (2.7)$$

La ecuación 2.7 es la ecuación de una estacionaria, esto quiere decir que es una onda que no se propaga ya que en los argumentos de las funciones armónicas no aparecen expresiones del tipo $x \pm vt$. En las estacionarias la amplitud es dependiente de la posición de la partícula, que realizará un movimiento armónico simple con esa amplitud, siempre la misma. Si nos fijamos en la ecuación de la estacionaria, se observa que lo que multiplica a la función seno es la amplitud, tomemos el mismo criterio para las estacionarias y establezcamos que lo que multiplica a la función seno es la amplitud de la onda estacionaria, A_{est}, en esa posición:

$$A_{est} = 2\cdot A\cdot coskx \quad (2.8)$$

Cuando $\cos(kx) = \pm 1$ la amplitud de la estacionaria alcanza su valor máximo, son los vientres y los puntos del espacio en los que se vas a encontrar estos vientres deben cumplir la siguiente ecuación:

$$x = \frac{n\pi}{k} = \frac{n\pi}{2\pi/\lambda} = \frac{n\lambda}{2}\ \ \forall n \in Z \quad (2.9)$$

Cuando cos(kx) = 0 la amplitud de la estacionaria es cero, el medio se encuentra en reposo, son los nodos, que se encuentran en posiciones del espacio en las que:

$$x = \frac{(2n+1)\pi/2}{k} = \frac{(2n+1)\pi/2}{2\pi/\lambda} = \frac{(2n+1)\lambda}{4} \quad \forall n \in Z \qquad (2.10)$$

En este caso, como un extremo está abierto y el otro cerrado, sucede siempre que sobre el extremo abierto se forma un vientre, mientras que en el extremo cerrado se forma un nodo. Como la distancia entre un nodo y un vientre es la cuarta parte de la longitud de onda, si *L* fuera la longitud total del tubo, y sea *v* la velocidad de propagación de la onda en el interior del tubo, las longitudes de onda de cada modo de vibración deben cumplir:

$$L = \frac{n \cdot \lambda_n}{4} \quad \forall\, \mathrm{n} = 1, 3, 5, 7, 9,... \qquad (2.11)$$

Observamos la ausencia de los armónicos pares, y las frecuencias de cada modo:

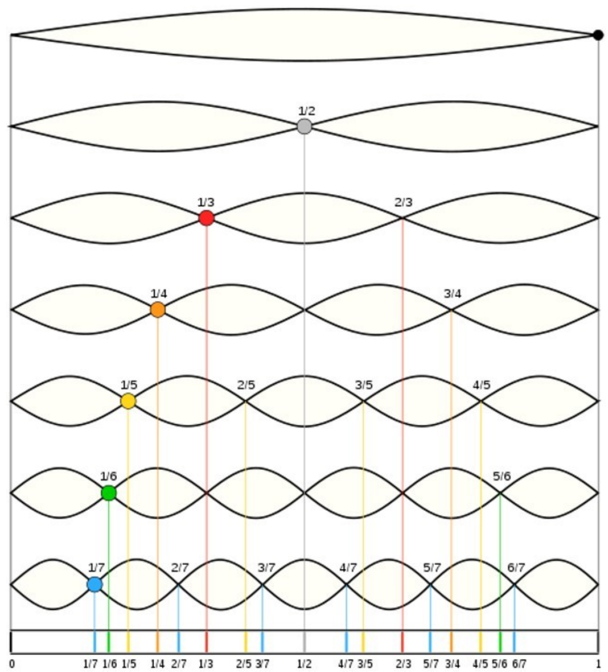
$$\nu_n = \frac{\mathrm{v}}{\lambda_n} = \frac{n \cdot \mathrm{v}}{4 \cdot \mathrm{L}} = n \cdot \nu_1 \quad \forall\, \mathrm{n} = 1,3,5,7,9,... \qquad (2.12)$$

A la frecuencia de número más bajo, se le denomina frecuencia fundamental de vibración del tubo, y las demás frecuencias, más agudas, corresponden a los armónicos.

En el caso de que el tubo tuviera los dos extremos abiertos entonces en ambos extremos se formarían vientres, o los dos extremos cerrados, se formarían nodos, como en la figura. La distancia entre dos nodos o dos vientres consecutivos es la mitad de la longitud de onda, encontramos que las longitudes de onda de cada modo de vibración deben cumplir:

$$L = \frac{n \cdot \lambda_n}{2} \quad \forall\, \mathrm{n} \in \mathrm{N} \qquad (2.13)$$

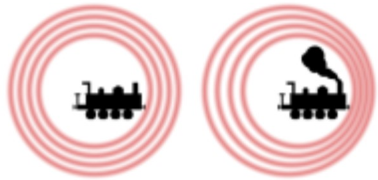
$$\nu_n = \frac{\mathrm{v}}{\lambda_n} = \frac{n \cdot \mathrm{v}}{2 \cdot \mathrm{L}} = n \cdot \nu_1 \quad \forall\, \mathrm{n} \in \mathrm{N} \qquad (2.14)$$



Reflexiona

¿Podría calcular la distancia entre dos vientres o dos nodos consecutivos?

1.3 Efecto Doppler



Se denomina efecto Doppler ya que fue este investigador el primero en darse cuenta de esta característica de las ondas, y publicarlo en 1842. Este efecto se produce cuando. o bien la fuente de sonido se mueve mientras que el observador se mantiene en una posición fija; o bien es el observador el que se mueve mientras la fuente está quieta; o cuando ambos fuente de sonido y observador se mueven a la vez.

Se produce una variación en la frecuencia percibida por el observador, respecto de la frecuencia emitida por la fuente que va a depender únicamente de la velocidad a la que se desplace el sonido en el ambiente, y a la velocidad a la que se desplacen tanto la fuente como el observador.

Empecemos el estudio suponiendo que un emisor se encuentra fijo y es el observador el que se mueve. Si el movimiento del observador es de acercamiento hacia el emisor, resulta que se encuentra la onda avanzando hacia él se encontrará más frentes de onda por unidad de tiempo cuanto más cerca se encuentre del emisor, es decir, la frecuencia que percibirá será mayor que la emitida por el emisor:

$$v' = v \cdot \left(\frac{v_s + V_o}{V_s} \right) \quad (2.15)$$

donde:

- v' es la frecuencia percibida por el observador, medida en hercios.
- v es la frecuencia emitida por el emisor, medida en hercios.
- v_s, es la velocidad de propagación de la onda en el medio, medida en metros por segundo.
- v_o, es la velocidad a la que el observador se acerca al emisor, medida en metros por segundo.

En el caso de que el observador en su movimiento se alejase del emisor, cada vez se encontraría con menos frentes de onda por unidad de tiempo, por lo que la frecuencia percibida sería cada vez menor:

$$v' = v \cdot \left(\frac{v_s - V_o}{V_s} \right) \quad (2.16)$$

Algo similar sucede cuando el observador está fijo y es el emisor el que se mueve:

$$\upsilon' = \upsilon\cdot\left(\frac{V_s}{V_s \mp V_e}\right) \quad (2.17)$$

Cuando el emisor se acerca al observador se utiliza el signo –, y el signo + cuando se aleja.

Para terminar hay que tener en cuenta la posibilidad de que ambos se muevan, en ese caso se utiliza la siguiente ecuación:

$$\upsilon' = \upsilon\cdot\left(\frac{V_s \pm V_o}{V_s \mp V_e}\right) \quad (2.18)$$

Del estudio de la ecuación 2.18 podemos obtener cuatro casos:

- Cuando se acercan el uno al otro se utiliza la combinación de signos $\frac{+}{-}$.
- En el caso de que se alejen el uno del otro en sentidos opuestos $\frac{-}{+}$.
- Si el observador persigue al emisor $\frac{+}{+}$.
- Y si es el emisor el que persigue al observador $\frac{-}{-}$.

Debes conocer

Lo que le sucede a la partícula afectada por una fuente de sonido en movimiento, o cuando a su vez esta partícula también se mueve. Visita la siguiente página.

[El efecto Doppler en acción]

2. Fenómenos fronterizos

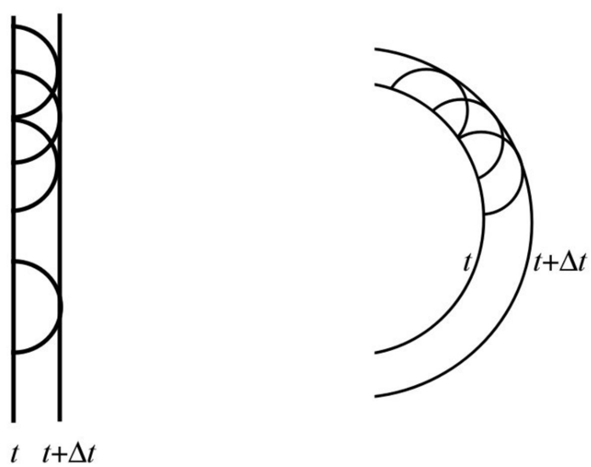
Una frontera no es más que el límite entre dos fases o entre dos zonas del medio que tengan diferentes propiedades físicas como densidad, temperatura, molaridad o cualquier otra. Puesto que las ondas sonoras se desplazan en medios materiales, los cambios de estos medios provocarán cambios en la onda. Estos cambios se producirán en la frontera, en el límite entre los medios.

Estudiaremos en este apartado las razones de que el ruido de las máquinas se escuche a pesar de que se encuentren detrás de la valla.

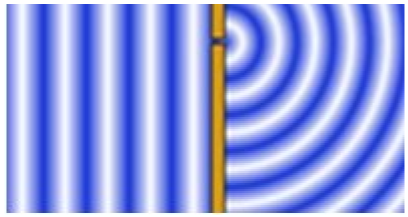
2.1 Difracción

El fenómeno de la difracción fue estudiado por primera vez por Huygens. Cualquier punto del medio en el que se propaga una onda se convierte en emisor de ondas, ya que al ser perturbado por la misma se pone a vibrar con las características que le ha transmitido la onda. Por lo tanto si conocemos la velocidad de propagación de la onda en el medio y la posición del frente en un instante, podemos calcular dónde estará el frente un tiempo después y la forma que tendrá. Esto es así independientemente de la forma que tenga el frente de ondas, como se puede ver en la figura en la que ser representa un frente plano y un frente circular.

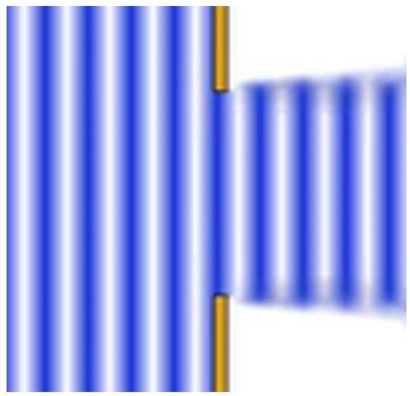
Para determinar tanto la forma como la posición de un nuevo frente de ondas no hay más que dibujar desde todos los puntos del frente de onda semiesferas cuyo radio sea el producto de la velocidad de la onda en el medio y el tiempo que queremos que transcurra, la envolvente de todas las semiesferas dibujadas constituirá el nuevo frente de ondas. Las semiesferas sólo se dibujan en el sentido de avance de la onda ya que la onda no se propaga "hacia atrás".



Pensemos ahora en un obstáculo que impida el paso de la onda, pero que tenga un orificio de diámetro similar al de la longitud de onda. Cuando llega la onda al orificio este se convierte en un nuevo punto emisor, que vibrará y propagará esta vibración por todos los puntos del espacio que haya detrás del obstáculo. Habrá puntos del medio que se pondrán a vibrar a pesar de que inicialmente no deberían hacerlo por la presencia del obstáculo que impide el paso de la onda. Se dice que la onda se ha difractado.



En cambio, si el orificio del obstáculo es mucho mayor que la longitud de onda, no se produce difracción, y la onda se mantiene dentro del cono formado por la fuente y los extremos del orificio. En este caso no hay difracción.



Esta también es la razón por la que el sonido es capaz de rodear los obstáculos, en realidad no lo hace sino que se produce la difracción de la onda sonora. La onda sonora cuando llega a un obstáculo le transmite su energía y se pone a vibrar, y los bordes del obstáculo también vibrarán, convirtiéndose en nuevos focos emisores. Focos que emitirán en todas direcciones, y éstas incluyen zonas a las que debido a la presencia del obstáculo no deberían vibrar.

Para saber más

Lea más acerca de la difracción.

[La difracción]

Autoevaluación

Para que se produzca la difracción de una onda el orificio de la frontera:

- No debe haber orificio.
- Debe tener un diámetro mucho mayor que la longitud de la onda.
- Las ondas no se pueden difractar.
- Debe tener un diámetro similar a la longitud de la onda.

No. Entonces no se difractaría.

No. Entonces no se difracta y la onda se encuentra se encuentra limitada al cono formado por el foco y los límites del orificio.

No. Esta no es la respuesta correcta.

Sí. La onda se difracta cuando el diámetro del orificio es similar a la longitud de la onda.

Solución

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Incorrecto
4. Opción correcta

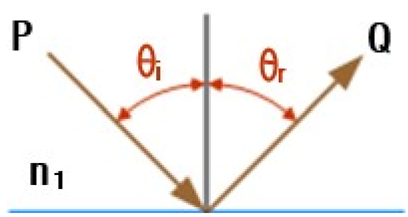
2.2 Reflexión y refracción

Cuando una onda mecánica alcanza la frontera que separa dos medios materiales, o dos fases dentro del mismo medio, por ejemplo, zonas de diferente temperatura, o densidad, se producen en el mismo punto de contacto y de forma simultánea estos dos fenómenos que vamos a estudiar en este apartado, la reflexión y la refracción.

La reflexión se produce cuando la onda no traspasa la frontera, y por lo tanto, sigue moviéndose en el mismo medio, manteniendo su frecuencia, longitud de onda y velocidad. En este caso se cumplen las leyes de la reflexión:

1. El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal a la superficie de separación de los dos medios se encuentran en el mismo plano.
2. El ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión son iguales:

$$\theta_i = \theta_r \quad (2.19)$$



Ejemplos de reflexión los podemos encontrar en el eco, que es la reflexión única de la onda sonora, y la reverberación que es la reflexión continua que se produce en el interior de una sala. Estos dos fenómenos los estudiaremos más adelante.

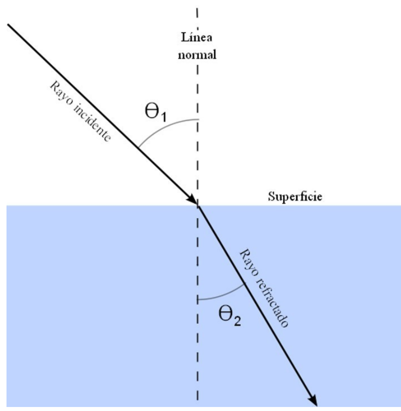
En el choque con la frontera, parte de la energía que transporta la onda se utiliza en poner en vibración las partículas del otro medio, se ha absorbido, razón por la que la onda reflejada transporta una energía menor.

Puestas a vibrar las partículas del segundo medio van a propagar esa vibración a una velocidad que dependerá de las características físicas del mismo, y presumiblemente diferente a la velocidad con la que la onda se propagaba en el medio de partida. Entonces se dice que la onda se ha refractado, y se cumplen las leyes de la refracción:

1. El rayo incidente, el rayo refractado y la normal a la superficie de separación de los medios se encuentran en el mismo plano.

2. El cociente del seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción es constante, el índice de refracción relativo de ambos medios, que es igual al cociente de las velocidades de la onda en cada uno de los medios:

$$\frac{sen\ \hat{i}}{sen\ \hat{d}} = \frac{V_1}{V_2} = n \qquad (2.20)$$



Para saber más

En la red puedes encontrar múltiples páginas con ejemplos y diagramas acerca de las leyes de la refracción, por ejemplo esta.

Las leyes de la refracción

Autoevaluación

Una onda llega a una frontera y sufre el fenómeno de la reflexión, la velocidad de desplazamiento de la onda reflejada será:

○ La misma que la velocidad de la onda antes de la reflexión.

- $V_r = V_i \cdot \frac{sen\ \widehat{r}}{sen\ \widehat{i}}$
- Menor.
- Mayor.

Sí. Al no cambiar de medio la velocidad de la onda será la misma que antes de la reflexión.

No. Así se calcula la velocidad de la onda refractada.

No. La onda se sigue desplazando en el mismo medio.

No. La onda se sigue desplazando en el mismo medio.

Solución

1. Opción correcta
2. Incorrecto
3. Incorrecto
4. Incorrecto

3. Amplificación y debilitamiento de la onda

En ocasiones, no oímos que nos llaman desde cierta distancia. Esto se debe a que, con la distancia, la energía de las ondas se va perdiendo y a una distancia suficientemente lejana de la fuente no se percibe ningún sonido de ella. Veremos este fenómeno con detalle al estudiar el debilitamiento de la onda.

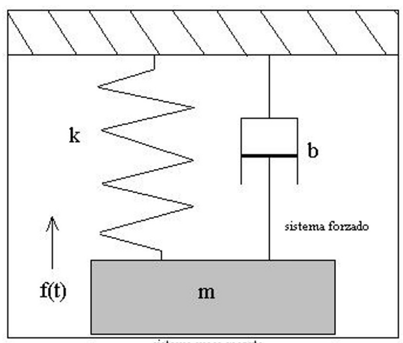
Otra de las razones de esta pérdida es por la impedancia, la resistencia del aire al paso de la onda sonora, que, además, participará en el debilitamiento de la misma.

3.1 Impedancia

La impedancia es la resistencia u oposición del medio al paso del sonido, se puede calcular como el producto de la densidad, ρ, del medio y la velocidad del sonido, v_s, en el mismo, ambas funciones son dependientes de la temperatura:

$$Z = \rho \cdot V_s \quad (2.21)$$

Es como si pusiéramos un impedimento al avance del muelle, como en la figura, el muelle acercaría la masa más al techo si no fuera porque el freno **b** se lo impide.



sistema masa resorte

Otra forma de calcular la impedancia del medio es como la razón entre la presión sonora, p, medida en pascales, Pa, y la velocidad, $v(x,t)$, que las partículas adquieren al ser perturbadas por la onda:

$$Z = \frac{p}{v(x,t)} \quad (2.22)$$

Hay que hacer notar, en este punto, que la diferencia entre las dos ecuaciones anteriores se encuentra en la velocidad, en la primera de ellas, 2.21, nos estamos refiriendo a la velocidad de propagación de la onda en el medio. Mientras que en la 2.22 la velocidad es de la partícula y por tanto se puede calcular como la derivada respecto al tiempo de la ecuación de onda (1.29).

La unidad de medida de la impedancia acústica es el Rayl (Rayleigh) que no es una unidad del Sistema Internacional pero que se utiliza para medir la resistencia del medio al paso de la onda. Un rayl es la presión de un pascal que produce en el medio una velocidad de la partícula de un metro por segundo:

$$Rayl = \frac{Pa}{m/s} = kg \cdot m^{-2} \cdot s^{-1} \quad (2.23)$$

Autoevaluación

La resistencia que opone el medio al paso de la onda se llama:

- Resonancia.
- Reflexión.
- Interferencia.
- Impedancia.

No. La resonancia es un efecto de aumento de la frecuencia.

No. La reflexión es el cambio de dirección de la onda al encontrarse con una frontera.

No. La interferencia es el resultado de más de una onda que coinciden en un punto.

Sí. Esa es la definición.

Solución

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Incorrecto
4. Opción correcta

3.2 Debilitamiento de la onda

Cuando un punto material vibra con un movimiento armónico simple vimos en la unidad 1 que este movimiento se propagaba por todo el medio. Esto sería así si no se produjeran algunos factores que provocan que por un lado el foco llegue a pararse, y por tanto a dejar de emitir, y por otro que a medida que me alejo del mismo la vibración sea cada vez más pequeña hasta desaparecer como la vibración térmica propia de la temperatura a la que se encuentre el medio.

• Amortiguamiento del foco

La partícula perturbada en primer lugar, el foco de la onda, al desplazarse de su posición de equilibrio roza con las partículas de alrededor. La consecuencia de este rozamiento es que se pierde energía en forma de calor. Supongamos que en un tiempo d*t*, la partícula del foco pierde una cantidad de energía d*E*, que será proporcional a su energía inicial:

$$dE = -\alpha \cdot E \cdot dt \quad (2.24)$$

donde α es el coeficiente de amortiguamiento del foco y sus unidades son inverso de tiempo. Al integrar esta ecuación y considerando que en el instante $t = 0$ la energía de la partícula sea E_0:

$$E = E_0 \cdot e^{-\alpha \cdot t} \quad (2.25)$$

Y si tenemos en cuenta que la amplitud del movimiento del foco está relacionada con la energía, encontramos que:

$$A = A_0 \cdot e^{-\alpha \cdot \frac{t}{2}} \quad (2.26)$$

La consecuencia de todo esto es que al cabo de un tiempo la amplitud de la vibración es lo suficientemente pequeña como para ser indistinguible de la vibración producida por los movimientos térmicos del medio, momento en el que el foco deja de emitir.

• Atenuación por la distancia.

Ya vimos en la unidad 1 cómo a medida que nos alejamos del foco la intensidad de las ondas va disminuyendo. En el caso de las ondas planas no se produce esta disminución. En el caso de las ondas esféricas se va produciendo una disminución de la amplitud de la onda que es inversamente proporcional a la distancia al foco:

$$\frac{A_1}{A_2}=\frac{r_2}{r_1} \quad (2.27)$$

Y en el caso de las ondas cilíndricas la disminución de la amplitud es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la distancia al foco:

$$\frac{A_1}{A_2}=\sqrt{\frac{r_2}{r_1}} \quad (2.28)$$

• Absorción por el medio.

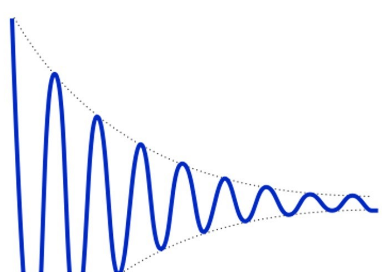
El medio, debido al rozamiento producido por la vibración de las partículas que se van viendo perturbadas por la onda, va absorbiendo parte de la energía de la onda y disipándola en forma de calor, de forma que llega un momento en el que la amplitud de la onda no se distingue de la vibración de origen térmico. Sea la disminución de la intensidad de la onda debida a este fenómeno dI, que será proporcional a la intensidad inicial de la onda, en el espacio recorrido dx:

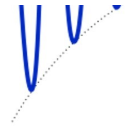
$$dI=-\beta\cdot I\cdot dx \quad (2.29)$$

donde β es el coeficiente de absorción , cuyas unidades son inverso de distancia. Al integrar obtenemos la siguiente expresión:

$$I=I_0\cdot e^{-\beta\cdot\mathscr{L}} \quad (2.30)$$

donde $\mathscr{L}$ es el espesor del medio atravesado por la onda, e I_0 es la intensidad de la onda en el foco.



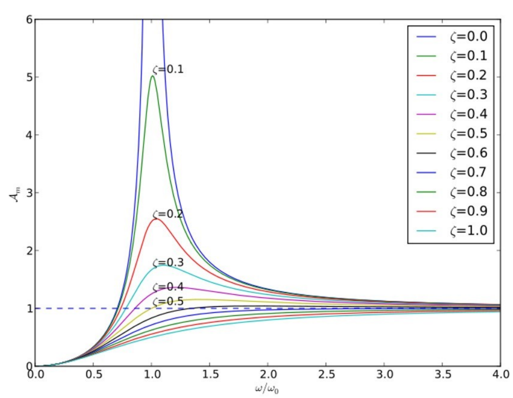


3.3 Resonancia

Hemos visto que las ondas con el tiempo van perdiendo energía y se van disipando, es decir, terminan por desaparecer debido a las fuerzas de rozamiento que se generan por el movimiento armónico de las partículas. Pero podría darse el caso de que en el foco o en cualquier otra posición hubiera alguna fuerza externa a la onda que impulsase a la partícula de forma que esta no dejara nunca de moverse y por tanto la onda no se disiparía.

En el caso de que la fuerza externa fuera armónica, la onda tras un inicio variable terminaría oscilando a la frecuencia angular de la fuerza externa.

Cuando la frecuencia angular de la fuerza externa se acerca a la frecuencia natural del medio en el que se está propagando la onda entonces nos encontramos con el fenómeno de la resonancia. El efecto del cual es que la amplitud de la onda va aumentando cada vez más, es decir en el caso de sonido se produce un aumento de la intensidad sonora.



Para saber más

Este fenómeno de la resonancia es un problema que hay que evitar. Lo tienen que evitar los ingenieros cuando construyen edificios, puentes... y lo tienen que evitar los que diseñan salas para audiometrías ya que se pueden potenciar determinadas frecuencias que pueden dañar el oído. Observa el vídeo acerca del puente de Tacoma.

Autoevaluación

Cuando una fuerza armónica actúa sobre un oscilador con una frecuencia angular cercana a la frecuencia angular normal del oscilador:

- ○ Nos encontramos ante el fenómeno de la reflexión.
- ○ Nos encontramos ante el fenómeno de la resonancia.
- ○ Nos encontramos ante el efecto Doppler.
- ○ Nos encontramos ante el efecto de la atenuación por la distancia.

No. La reflexión es el cambio de dirección de la onda al llegar a una frontera.

Sí. La fuerza externa provoca que el oscilador termine haciéndolo con la frecuencia de la fuerza, pero si esta frecuencia es similar a la frecuencia fundamental del oscilador se produce el fenómeno de la resonancia.

No. El efecto Doppler es la modificación de la frecuencia percibida por el receptor respecto a la frecuencia emitida por el emisor, por efecto del movimiento de uno, de otro o de ambos.

No. La atenuación por la distancia es la pérdida de energía que va sufriendo la onda, por efecto del rozamiento de las partículas del medio, y que se disipa en forma de calor.

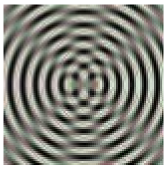
Solución

1. Incorrecto
2. Opción correcta
3. Incorrecto
4. Incorrecto

Anexo. Licencias de recursos

Licencias de recursos utilizados en la Unidad de Trabajo.

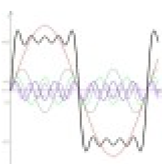
Recurso | **Datos del recurso**



Autoría: Xorx.

Licencia: Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported, 2.5 Generic, 2.0 Generic and 1.0 Generic license.

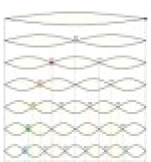
Procedencia: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Interferenz.jpg



Autoría: Crochet.david.

Licencia: Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported license.

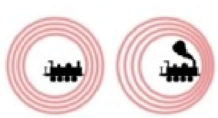
Procedencia: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fourier_d%27un_carr%C3%A9.svg



Autoría: W axell.

Licencia: Dominio público.

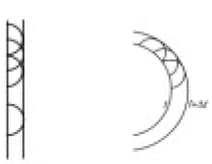
Procedencia: http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Moodswingerscale.svg



Autoría: Dirk Hünniger.

Licencia: Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported license.

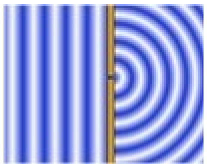
Procedencia: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:TrainDoppelEffect.svg



Autoría: Claudio Oleari.

Licencia: Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported license.

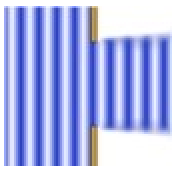
Procedencia: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Huygens_principle.png



Autoría: Pajs.

Licencia: Dominio público.

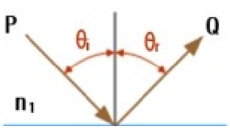
Procedencia: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Difrakce_sterbina_bodova.png



Autoría: Pajs.

Licencia: Dominio público.

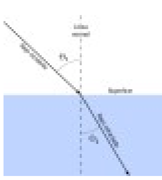
Procedencia: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Difrakce_sterbina_velka.png



Autoría: Inakicuadra.

Licencia: Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported, 2.5 Generic, 2.0 Generic and 1.0 Generic license.

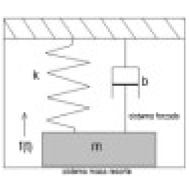
Procedencia: Montaje sobre http://commons.wikimedia.org/wiki/File:DiagramaEcFesnel01.png



Autoría: Josell7.

Licencia: Creative Commons de Atribución/Compartir-Igual 3.0 Unported, 2.5 Genérica, 2.0 Genérica y 1.0 Genérica.

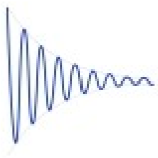
Procedencia: Montaje sobre http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Refracci%C3%B3n.svg



Autoría: Yoneltorres.

Licencia: Dominio público.

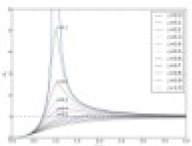
Procedencia: Montaje sobre http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Masaresorte.JPG



Autoría: Guillom.

Licencia: Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported license.

Procedencia: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Exponential_loss_blue.svg



Autoría: Wlongqi.

Licencia: Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported license.

Procedencia: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Relative_Amplitude.svg