



GUÍA 3 DE FÍSICA: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ONDAS

PROF. RODRIGO NAVAS F.

I. INTRODUCCIÓN

Es muy probable que alguna vez hayas estado largo rato observando las olas del mar y viendo como revientan una y otra vez sin parar. Si ingresas unos metros en el mar, habrás sentido como el movimiento del mar, te levanta y luego te deja caer, son las olas que pasan a través tuyo. Las olas del mar se mueven como ondas y nuestra vida está inmersa en el mundo de las ondas. La T.V., radio, teléfono y toda forma de comunicación a distancia son posibles gracias a la **energía** que transportan las ondas. Por tanto, no es difícil comprender la importancia de su estudio.

Debido a que toda onda tiene su origen en una vibración u oscilación, es necesario iniciar el estudio de esta unidad describiendo el comportamiento de vibraciones y oscilaciones.

II. VIBRACIONES

Cuando un cuerpo presenta un movimiento de vaivén como un péndulo, es decir, se mueve de un lado a otro, pasando por un punto de equilibrio con cierta regularidad, se dice que dicho cuerpo vibra.



Figura 1: Vibración de una regla

Como ya se señaló, los cuerpos que vibran lo hacen de modo tal que se van alejando de su posición de equilibrio hasta un punto extremo, generando un movimiento de vaivén. A la elongación máxima, es decir, la distancia entre el punto extremo y el de equilibrio se le denomina **Amplitud (A)**. A la vibración completa, es decir, cuando el cuerpo pasa nuevamente por un **punto equivalente**¹ se le llama **ciclo**². Cuando medimos el tiempo que demora en producirse un ciclo estamos determinando su **periodo (T)**, y si determinamos la cantidad de ciclos que se cumplen en una unidad de tiempo³, establecemos su **frecuencia (ν)**. Los conceptos antes definidos corresponden a parámetros que nos permiten describir matemáticamente el comportamiento de una vibración.

Dada las definiciones anteriores podemos inferir una relación entre frecuencia y periodo:

$$1) T = \frac{\text{tiempo que}}{\text{demora un ciclo}} \Rightarrow T = \frac{\Delta t}{\text{ciclo}} \Rightarrow T \cdot \text{ciclo} = \Delta t \quad (\text{reemplazando en 2})$$

$$2) \nu = \frac{\text{ciclos por}}{\text{unidad de tiempo}} \Rightarrow \nu = \frac{\text{ciclo}}{\Delta t} \Rightarrow \nu = \frac{\text{ciclo}}{T \cdot \text{ciclo}} \Rightarrow \nu = \frac{1}{T} \quad (\text{relación frecuencia - periodo})$$

Problema resuelto 1: Determinar la frecuencia de una vibración cuyo periodo es de 5 segundos

1° Datos:

$$T = 5s$$

$$\nu = ?$$

2° Desarrollo:

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{5s} \Rightarrow \boxed{\nu = 0,2Hz}$$

Algunas vibraciones se describen usando el **MODELO OSCILATORIO**, el cual define a una oscilación como un **movimiento periódico exacto** (el periodo y la amplitud se mantienen constante), producido por alguna perturbación sobre un sistema físico. Las oscilaciones, puesto que son vibraciones, poseen las mismas propiedades descritas en el punto anterior (A, T, ν).

1. Llamaremos puntos equivalentes a aquellos en los cuales una vibración u onda tiene el mismo comportamiento.
2. Ciclo es todo suceso que se produce repetitivamente en los intervalos de tiempo.
3. La unidad de tiempo S.I. es el segundo y la cantidad de ciclos por segundo (ciclos/segundo) se le llama Hertz (Hz).

III. MODELO CIENTÍFICO

El modelo oscilatorio es un ejemplo de modelo científico, los que corresponden a una agrupación de teorías y leyes que permiten describir una amplia gama de hechos similares, de modo que se considera que la creación de modelos es una parte esencial de toda actividad científica. Además, un modelo permite determinar un resultado final a partir de unos **datos de entrada**.

Se debe tener presente que un modelo no establece el conocimiento en sí de los sucesos o sistemas, ni mucho menos que la naturaleza siga ciertas “leyes”, sino que más bien corresponde a una representación abstracta, conceptual, gráfica o visual, física, matemática, muy aproximada de la realidad que nos permite describir y comprender con propiedad fenómenos naturales, dicho de otro modo, es el modelo el que se debe ajustar al comportamiento de la naturaleza.

Un modelo científico además de explicar satisfactoriamente fenómenos y de predecir futuros efectos poseen como característica el grado de precisión, es decir, su aproximación a la realidad, y el rango de validez, que indica que tipos de fenómenos le son aplicables.

IV. ONDAS

Las ondas son vibraciones u oscilaciones que se propagan a través del espacio y esencialmente transportan energía.

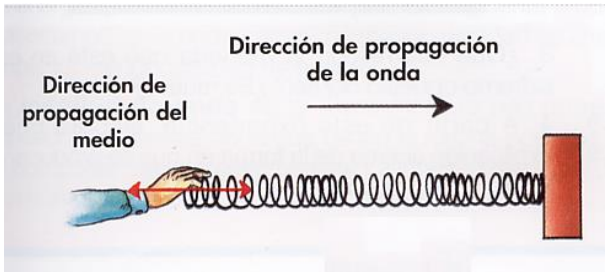
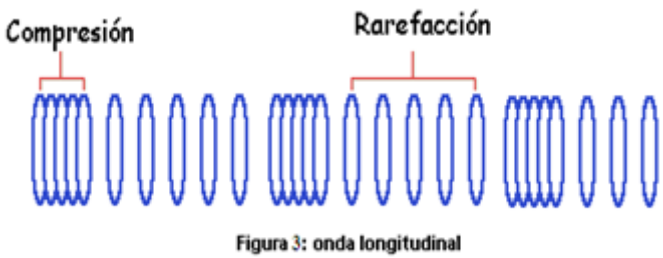
1. Clasificación de las ondas: las ondas pueden ser clasificadas según distintos criterios, a saber:

1.1 Según su naturaleza de emisión:

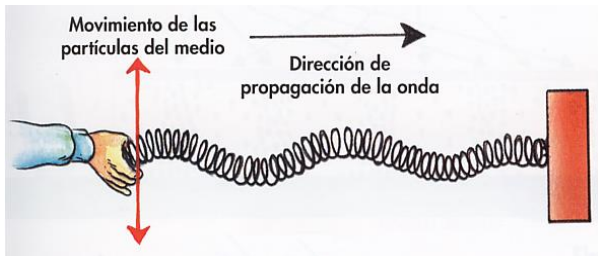
- a) **Ondas Mecánicas:** Son aquellas que utilizan un medio material para propagarse, ejemplo las ondas sonoras.
- b) **Ondas Electromagnéticas:** Son aquellas que no necesitan de un medio material para propagarse, es decir, pueden viajar en el vacío. Ejemplo: las ondas luminosas.

1.2 Según dirección de oscilación de las partículas:

- a) **Ondas Longitudinales:** Aquellas en las cuales la vibración u oscilación es paralela al desplazamiento de la onda, como por ejemplo las ondas de sonido.



- b) **Ondas Transversales:** Son aquellas en las cuales la vibración u oscilación es perpendicular al desplazamiento de la onda. Ejemplos de este tipo de ondas son las electromagnéticas.



1.3 Según el sentido de la propagación:

- a) **Ondas Viajeras:** Es aquella en que el sentido de la propagación de la onda se realiza en sentido único sin restricciones, por ejemplo: ondas de luz

b) **Ondas Estacionarias:** Es toda onda que, al incidir en un punto fijo, se devuelve invertida, es decir, se encuentra restringida a un espacio definido.

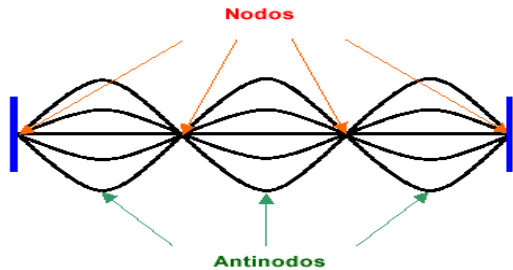


Figura 5: Ondas estacionarias

2. Parámetros de una Onda

Para una mejor descripción de los parámetros de una onda, recurriremos a ondas transversales. Sin embargo, el análisis es igualmente válido para todo tipo de ondas.

Suponga que se tiene una cuerda atada de un extremo a un punto fijo, y desde el otro extremo se hace un rápido movimiento vertical, produciremos una perturbación la que se denomina **pulso**, una perturbación continua genera una onda, cuya forma elemental recibe el nombre de **sinusoide**. La forma sinusoidal de una onda se compone, respecto de su eje de equilibrio, de lomos y depresiones, llamados **montes** y **valles** respectivamente.

Consideremos ahora que la onda además de ser transversal es mecánica: al desplazamiento de una partícula desde su posición de equilibrio se denomina elongación. A la máxima elongación en una onda se le llama **amplitud**. Si tenemos en consideración que un ciclo se completa cuando el movimiento de la onda se repite, y que además se desplaza por el espacio, podemos calcular la velocidad de propagación de la onda, si medimos el espacio lineal que recorre un ciclo en una unidad de tiempo determinada.

El análisis de periodo y frecuencia para una oscilación es igualmente válido para las ondas, en donde: $v = 1/T$. La longitud de onda (λ , lambda) es la distancia mínima que hay entre dos puntos consecutivos, es decir, corresponde a la distancia al completarse un ciclo, de modo que también podemos establecer una relación matemática:

$$\lambda = \frac{\text{desplazamiento total}}{\text{cantidad de ciclos}} = \frac{\Delta x}{\text{ciclos}} \Rightarrow \boxed{\lambda = \frac{\Delta x}{\text{ciclos}}}$$

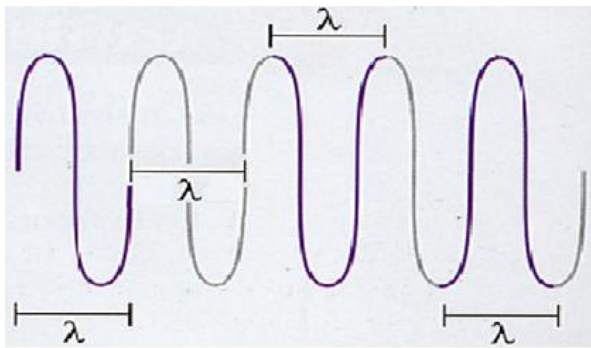
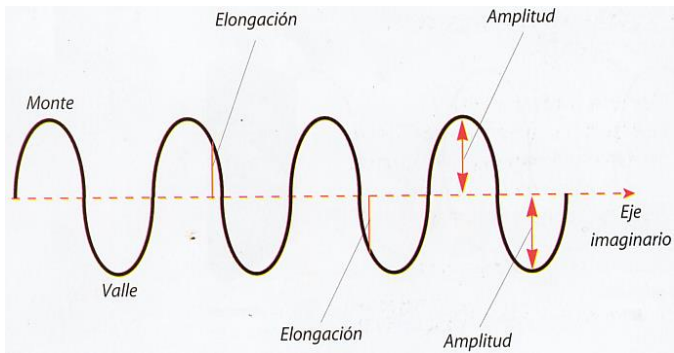


Figura 6: Parámetros de una onda.

2.1 Rapidez de propagación de una onda

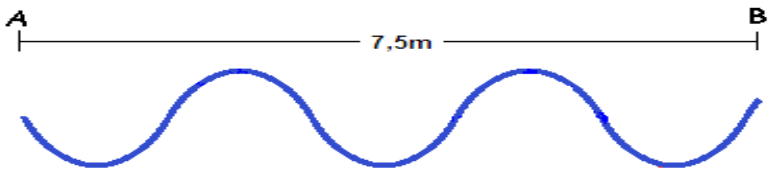
Una onda se propaga a través de un medio con rapidez constante, de modo que:

- 1) $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ (definición de rapidez)
- 2) Como la velocidad es constante tomamos convenientemente una sección de onda equivalente a un ciclo entonces: $\Delta x = \lambda$ y $\Delta t = T$. Reemplazando en 1).
- 3) $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow v = \frac{\lambda}{\frac{1}{v}}$, además como $T = \frac{1}{v}$, tenemos: $v = \frac{\lambda}{\frac{1}{v}} \Rightarrow \boxed{v = \lambda \cdot v}$

Otro aspecto destacable de la rapidez de propagación de una onda dice relación con su módulo, el cual es específico para un **determinado medio** por el cual se desplaza, es decir, si por alguna razón se modifica la frecuencia de oscilación de la onda, la longitud de onda sufrirá una variación inversamente proporcional a la frecuencia, permaneciendo constante la velocidad de propagación.

Problema resuelto 2: Si desde A hasta B la onda demora 12,5s, dado el siguiente diagrama. Determine

- a) Número de ciclos.
- b) Longitud de onda.
- c) Periodo.
- d) Frecuencia.
- e) Velocidad de propagación.



Datos:

$\Delta x = 7,5 \text{ m}$
 $\Delta t = 12,5 \text{ s}$
 ciclos = 2,5
 $T = ?$
 $v = ?$
 $\lambda = ?$

$$\lambda = \frac{\Delta x}{\text{ciclos}} = \frac{7,5\text{m}}{2,5} = 3\text{m}$$

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{3\text{m}}{5\text{s}} = 0,6 \text{ m/s}$$

$$T = \frac{\Delta t}{\text{ciclos}} = \frac{12,5\text{s}}{2,5} = 5\text{s}$$

$$v = \frac{1}{T} = \frac{1}{5\text{s}} = 0,2 \text{ 1/s} = 0,2\text{Hz}$$

3. Propiedades de propagación de una onda

3.1 Reflexión, transmisión-refracción y absorción de una onda

Toda onda posee un comportamiento determinado por el medio en que viaja, de modo que cuando una onda cambia de medio durante su propagación, sufre ciertos fenómenos justo en el límite de ambos medios.

Si una onda llega al límite del medio donde se propaga, una parte de ella “choca” y se devuelve al mismo medio, es decir se refleja, de modo que si dibujamos una línea imaginaria perpendicular a la superficie (denominada normal), en el punto de incidencia de la onda, los ángulos que se forman, entre las ondas incidentes y reflejadas y la normal son iguales, a este fenómeno se le conoce como **Ley de la Reflexión**. El “resto” de la onda pasa al nuevo medio material, es decir, se transmite. Ambos fenómenos se conocen como **reflexión y transmisión** de una onda.

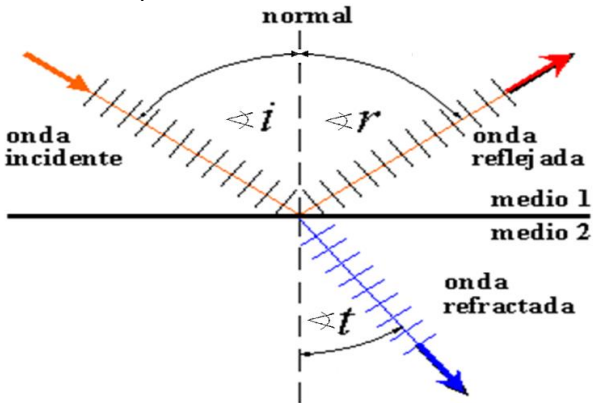
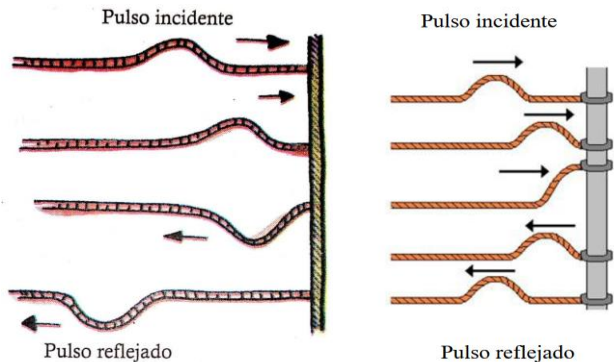


Figura 7: Reflexión, transmisión-refracción y absorción de una onda.



Un ejemplo es la reflexión de pulsos que se propagan a través de cuerdas. Si el medio donde choca la onda es más denso (por ejemplo, una pared) que la cuerda, entonces el pulso se invierte. Pero si la cuerda está atada a un extremo móvil (libre), como una argolla, el pulso mantiene su orientación. En ambos casos, en un sistema idealizado, es decir, sin roce, la rapidez de propagación se mantiene, sin embargo, siempre debemos tener presente que parte de la energía se transmite al medio que causa la reflexión y se termina por absorber y disipar.

Otros ejemplos de pulsos en cuerdas son aquellos en que dos cuerdas de distinta densidad lineal se encuentran unidas. La consecuencia depende de si la onda original se mueve desde la cuerda más, o desde la menos densa. Si la onda viaja desde la cuerda menos densa ocurre una reflexión en el pulso original con inversión de fase y una refracción en la cuerda más densa sin inversión de fase, por el contrario, si la onda viaja desde la cuerda más densa, tanto la reflexión como la refracción ocurre sin cambio de fase. En ambos casos la rapidez del pulso reflejado se mantiene, y del transmitido, cambia.

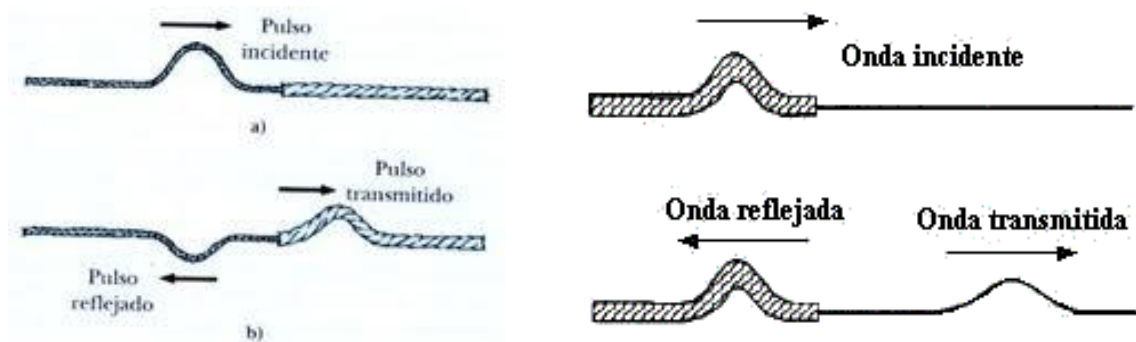


Figura 8: Reflexión, transmisión-refracción y absorción de una onda en una cuerda.

Por otro lado, si consideramos que la onda incidente transporta energía, también lo harán (como toda onda) la onda reflejada y la onda transmitida. En este proceso no hay pérdida de energía, ya que la suma de la energía de las ondas generadas será igual a la energía de la onda incidente. Las cantidades de energía con que resultarán las ondas producidas estarán en directa relación con el tipo de onda incidente y las características del nuevo material.

Como ya se señaló la onda tiene ciertas características en un medio, se ha observado que, aunque la onda cambie de medio, la frecuencia se mantiene, esto es fácilmente entendible si asumimos la frecuencia como la llegada y salida de trenes de onda, es decir, que la llegada de cada pulso al interfaz origina la salida de otro. Sin embargo, la rapidez de propagación de una onda cambia, ya que está relacionado con la interacción de la perturbación con las propiedades del medio material. A partir de lo anterior podemos deducir fácilmente que la longitud de onda también cambia. Para eso, consideremos que en dos medios 1 y 2, en la transmisión de una onda tenemos que: $v_1 = v_2$ y $v_1 \neq v_2$, entonces:

$$v_1 \neq v_2$$

$$\lambda_1 \nu_1 \neq \lambda_2 \nu_2$$

$\lambda_1 \neq \lambda_2$

Otra propiedad que puede variar cuando se transmite una onda, es su dirección de propagación, esto se da cuando la onda original incide en un ángulo oblicuo a la superficie del nuevo medio, a este fenómeno se le denomina **refracción** de una onda. Además, la onda transmitida disipa parte de su energía al nuevo medio, generalmente como calor, entonces se dice que se ha producido una **absorción** de la onda.

3.2 Difracción de ondas

Una onda también deja de propagarse en forma recta cuando se encuentra con un borde y lo rodea. En la figura que sigue se muestra ondas de agua que pasan a través de una abertura, nótese que la onda solo rodea los bordes de la abertura que tiene un tamaño comparablemente menor que su longitud de onda. Esta propiedad, que poseen todos los tipos de onda, de propagarse rodeando obstáculos para llegar a lugares que, de acuerdo a la propagación rectilínea, no podría, se llama difracción.

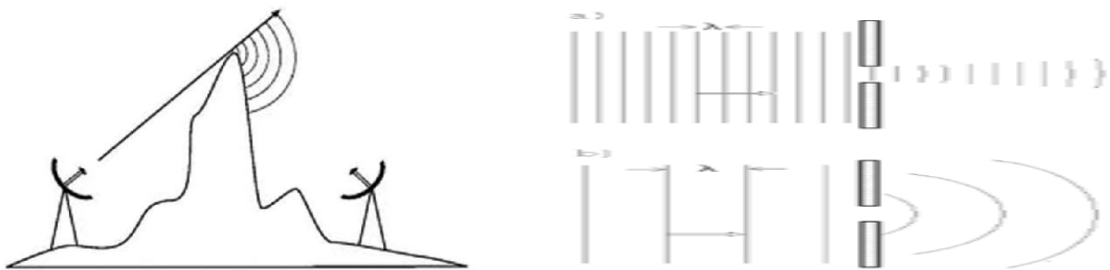


Figura 9: Difracción de una onda

3.3 Superposición de ondas

Cuando dos o más ondas del mismo tipo pasan por el mismo punto y al mismo tiempo se produce una suma algebraica de sus elongaciones, es así como ocurre el fenómeno denominado como **superposición** de ondas, ejemplo de este hecho son las ondas estacionarias.

Si los ciclos de las ondas coinciden, se dice que las ondas están en fase, de modo que su suma generará una onda de mayor amplitud. Esta situación se llama interferencia constructiva.

Si los ciclos no coinciden se dice que están desfasadas, esto se debe a que una onda se genera primero. Si sumamos ambas ondas se producirá el fenómeno de interferencia destructiva, pues la onda generada tendrá una amplitud menor.

Las variaciones son interminables y pueden crearse combinaciones complejas (mezcla de constructiva y destructiva) en la formación de una nueva onda por superposición. Las formas de las ondas resultantes dependen de las amplitudes, las longitudes de onda y los tiempos de las ondas entrantes.

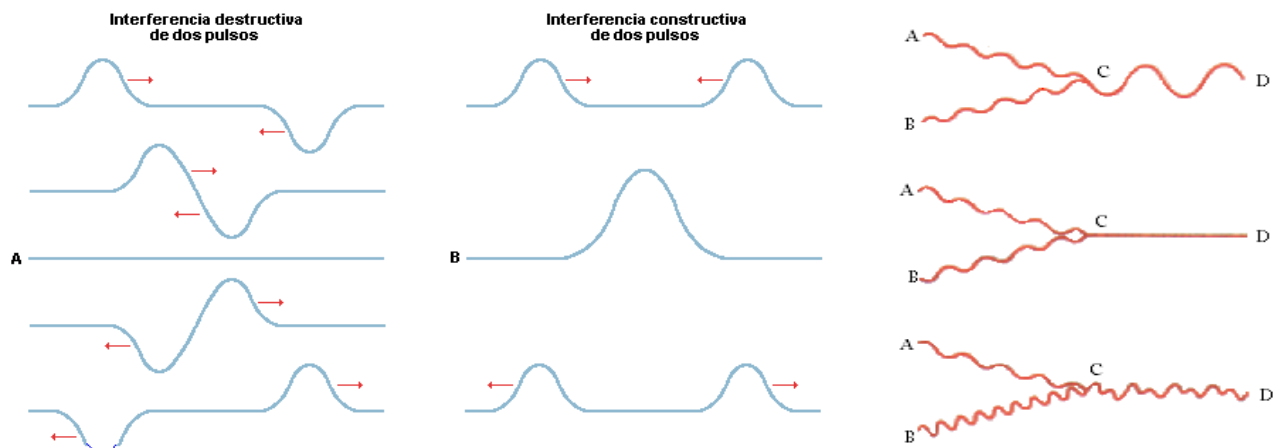


Figura 10: Distintos casos de interferencia en ondas.

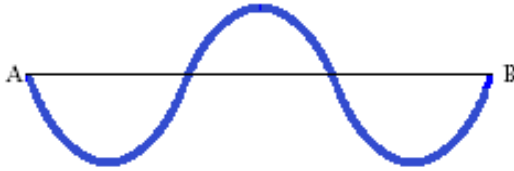
V. PROBLEMAS

1. ¿Qué es una vibración?
2. Defina: a) Posición o punto de equilibrio; b) Amplitud; c) Frecuencia; d) Periodo.
3. ¿Qué son las oscilaciones y cómo las define el modelo oscilatorio?
4. ¿Qué es un modelo científico y en qué consiste?
5. ¿Qué significa que la frecuencia de vibración de un objeto sea de 230 Hz? ¿Cuál es el periodo asociado a esta vibración?
Rpta: $4,35 \times 10^{-3}$ s.
6. En el terminal de buses se escucha por los altoparlantes: “La frecuencia de salida de los buses a Valparaíso es de 10 minutos” ¿Por qué esta afirmación es incorrecta?
7. Si la frecuencia de una vibración es 100 Hz. Calcule el número de ciclos que se producirán en un minuto. Rpta: 6000 ciclos.
8. Uno de los edificios más altos de Santiago se mueve de un lado a otro con una frecuencia de alrededor de 0,1 Hz ¿Cuál es su periodo de vibración? Rpta: 10 s.
8. Calcular el periodo de vibración de un objeto que completa 12 ciclos en 4,5 segundos. Rpta: 0,38 s.
10. Si un motor gira a 3000 rpm. ¿Cuál es su periodo de rotación? Rpta: 0,02 s.
11. Si la frecuencia de oscilación se triplica ¿Qué ocurre con su periodo?
12. ¿Qué son las ondas?

13. Defina:

- | | | |
|----------------------------|---------------------------|----------------------|
| a) Ondas mecánicas | e) Ondas viajeras | i) Forma sinusoidal |
| b) Ondas electromagnéticas | f) Ondas estacionarias | j) Punto equivalente |
| c) Ondas transversales | g) Rapidez de propagación | k) Longitud de onda |
| d) Ondas longitudinales | h) Pulso | l) Ciclo |

14. De acuerdo con siguiente esquema. Si desde A hasta B la onda recorre 15,6 m y demora 7,8 s, determine



- | | |
|----------------------------|------------------|
| a) Número de ciclos | Rpta: 5,2 s. |
| b) Periodo | Rpta: 10,4 m. |
| c) Longitud de onda | Rptas: 0,19 Hz. |
| d) Frecuencia | Rptas: 1,98 m/s. |
| e) Rapidez de propagación. | |

15. Se observa que la distancia entre los montes de una onda en un lago, tienen 5 m de longitud, y que pasan a tiempos de 1,25 s por un bote que está anclado. Determine la rapidez de propagación de la onda. Rpta: 4 m/s.

16. Una onda tarda 10 s en realizar 5 ciclos, recorriendo una distancia lineal de 25 m. Calcule su periodo, frecuencia, longitud de onda y rapidez de propagación. Rptas: 2 s; 0,5 Hz; 5 m; 2,5 m/s respectivamente.

17. Si la onda del problema anterior se transmite a un nuevo medio de modo tal que su nueva longitud de onda es de 8 m. Halle su nueva rapidez de propagación. Rpta: 4 m/s.

18. Una onda que se propaga por un medio A, tiene una longitud de onda de 4,5 m y rapidez de propagación 34,5 m/s, se transmite a un nuevo medio, de modo tal que su nueva rapidez es 38,8 m/s. Halle su nueva longitud de onda. Rpta: 5,6 m.

19. Describa brevemente los fenómenos que puede sufrir una onda cuando se propaga a través del espacio y se encuentra con un nuevo medio material.

20. ¿Qué es el fenómeno de la difracción?, ¿cuándo se produce?

21. ¿Qué es una superposición de onda y cómo se clasifican?

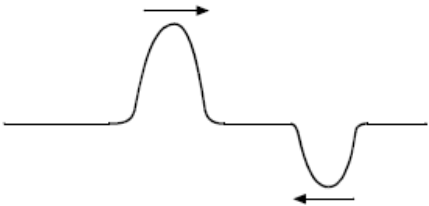
22. Con respecto a las ondas sonoras se afirma que

- I) el período de oscilación de las partículas del medio de propagación es igual al doble del período de la onda.
- II) al pasar de un medio de propagación a otro de mayor densidad la frecuencia de la onda se mantiene.
- III) al pasar de un medio de propagación a otro de mayor densidad la rapidez de propagación de la onda se mantiene.

Es (son) correcta(s)

- A) solo I
- B) solo II
- C) solo III
- D) solo I y II
- E) I, II y III

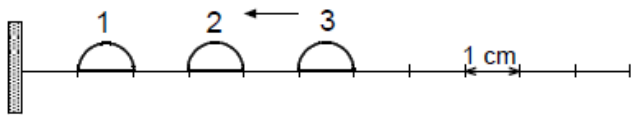
23. Por una cuerda viajan, en sentidos opuestos, dos pulsos de onda de amplitudes 5 cm y 3 cm, respectivamente, como muestra el esquema.



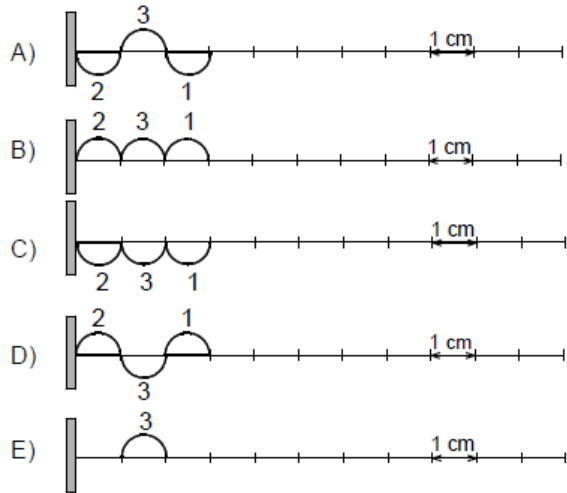
¿Cuál es la amplitud del pulso resultante cuando se superponen los máximos de ambos pulsos?

- A) 0 cm
- B) 2 cm
- C) 4 cm
- D) 8 cm

24. Tres pulsos iguales, se propagan con una rapidez constante e igual a 1 cm/s hacia un obstáculo rígido donde se produce una reflexión total de ellos. La figura muestra la posición de los pulsos en el instante $t_0 = 0\text{ s}$



¿Cuál es el esquema que representa la situación correcta en el instante $t = 4\text{ s}$?



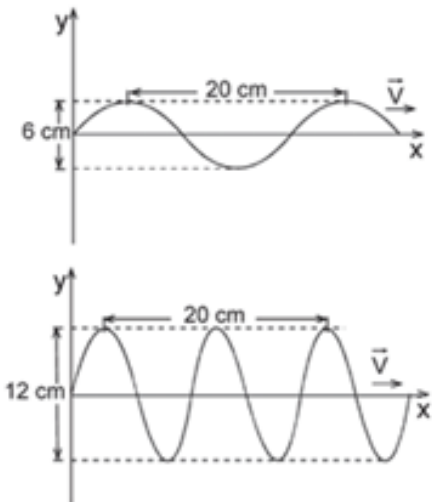
25. La rapidez del sonido depende del medio en el cual se propaga. A una temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, su valor en el aire es $v_1 = 340\text{ m/s}$ y en el agua es $v_2 = 1480\text{ m/s}$. La frecuencia de vibración de la nota Do central del piano es $f = 262\text{ Hz}$. Entonces, la longitud de onda de esta nota en el agua es

- A) v_2/v_1 veces la longitud de onda en el aire.
- B) 2 veces la longitud de onda en el aire.
- C) Igual a la que tiene en el aire.
- D) v_1/v_2 veces la longitud de onda en el aire.
- E) f/v_2 veces la longitud de onda en el aire.

26. En un cierto medio una onda sonora se propaga a 340 m/s . ¿Qué longitud de onda, expresada en metros, debe tener ésta, para que una persona perciba el sonido con una frecuencia de 20 Hz ?

- A) 340×20
- B) $340 / 20$
- C) $20 / 340$
- D) $1/20$
- E) $1/340$

27. Las figuras corresponden al perfil de dos ondas que se propagan en el agua con igual velocidad por canales paralelos (eje X).



De acuerdo con esto, para estas ondas, se puede afirmar correctamente que

- I) presentan la misma longitud de onda.
- II) presentan la misma frecuencia.
- III) las amplitudes son 3 y 6 cm significativamente.

- A) solo I.
- B) solo II.
- C) solo III.
- D) solo I y II.
- E) solo I y III.

28. las ondas que llegan a la antena de un televisor funcionando y las que salen de su pantalla

- I) son de la misma naturaleza.
- II) difieren principalmente en cuanto a frecuencia y longitud de onda.
- III) tienen la misma rapidez.

Es(son) correcta(s)

- A) solo I.
- B) solo II.
- C) solo III.
- D) solo I y III.
- E) I, II y III.

29. Una onda que viaja por una cuerda tiene una longitud de onda R , amplitud Q , periodo U y rapidez de propagación T .
¿Cuál de las siguientes relaciones entre estas magnitudes da directamente la frecuencia de esta onda?

- A) $1 / T$
- B) T / Q
- C) $1 / U$
- D) R / T
- E) $1 / R$

30. La rapidez de propagación de una onda se puede determinar conociendo su

- A) frecuencia y periodo.
- B) frecuencia y longitud de onda.
- C) periodo y amplitud.
- D) amplitud y longitud de onda.
- E) amplitud y frecuencia.