

3.2 ONDAS

GRADO 11º Física.

Docente: Nathaly Triplanis O.

Una onda es una perturbación que se propaga.

Con la palabra "perturbación" se quiere indicar cualquier tipo de alteración del medio: una oscilación en una cuerda, una sobrepresión en el aire (onda sonora), campos electromagnéticos oscilantes (onda electromagnética)... etc

Clasificación:

1. Según el medio de propagación:

- Ondas Mecánicas: son las que necesitan un medio para su propagación, también se les llama "ondas materiales".
- Ondas Electromagnéticas: son aquellas que no necesitan ningún medio para propagarse. Pueden hacerlo en el vacío.

2. Según la dirección de propagación:

- Ondas transversales son aquellas en las que la dirección en que se produce la perturbación y la dirección en que se propaga son perpendiculares. Son ejemplos de ondas transversales las ondas electromagnéticas, la onda que se transmite en una cuerda, las ondas en la superficie de un lago...
- Ondas longitudinales son aquellas en las que la dirección de perturbación y la de propagación es la misma. El sonido es una onda longitudinal.

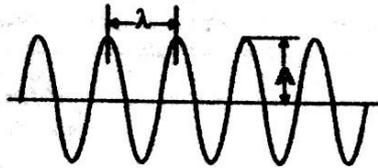
3. Según el número de perturbaciones:

- Pulso: cuando ocurre una sola perturbación
- Onda periódica: cuando ocurren varias perturbaciones de iguales características. En las ondas la energía va transmitiéndose de un punto del medio al siguiente. La energía "viaja" sin que exista un transporte de masa, ya que los puntos del medio permanecen en su sitio.

En las ondas la energía va transmitiéndose de un punto del medio al siguiente. La energía "viaja" sin que exista un transporte de masa, ya que los puntos del medio permanecen en su sitio.

Elementos de una onda:

- Se denomina longitud de onda (λ) la distancia mínima existente entre dos puntos que oscilan en fase.
- Se denomina periodo (T) el tiempo que la onda tarda en recorrer una distancia igual a la longitud de onda.
- Se define la frecuencia (f) como el inverso del periodo. Se mide en s⁻¹ o Hz
- Velocidad de propagación de una onda (v) es la rapidez con la que ésta se traslada en el medio en el que se propague
- Amplitud (A) es el valor máximo que adquiere la perturbación



Los fenómenos ondulatorios.

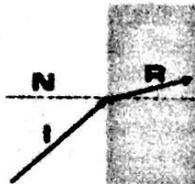
La reflexión de las ondas consiste en el cambio de dirección del frente de ondas cuando encuentra un obstáculo.

La refracción consiste en el cambio en la velocidad de propagación y en la dirección que se produce cuando un movimiento ondulatorio cambia de medio.

Estos fenómenos respetan las siguientes normas:



En la reflexión, la dirección del frente de onda incidente I, forma con la normal N a la superficie del obstáculo un ángulo igual al que forma N con el frente reflejado R.



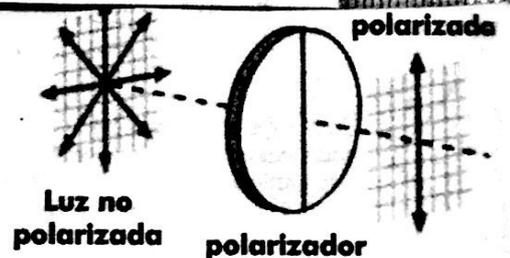
En la refracción, al cambiar de medio, la dirección del frente incidente I se desvía de forma que, si la velocidad de las ondas en el segundo medio es menor que en el primero la dirección del frente refractado R se acerca a la normal N. Si la velocidad de propagación fuera mayor en el segundo medio, R se alejaría de la normal N.

CIENCIAS NATURALES

ENTORNO

Polarización:

Una onda es polarizada, si solo puede oscilar en una dirección. La polarización de una onda transversal describe la dirección de la oscilación, en el plano perpendicular a la dirección del viaje. Ondas longitudinales tales como ondas sonoras no exhiben polarización, porque para estas ondas la dirección de oscilación es a lo largo de la dirección de viaje. Una onda transversal, como la luz puede ser polarizada usando un filtro polarizador o al ser reflejada por un dieléctrico inclinado, ejm. vidrio de ventana.





1.6 La energía y la potencia que transmiten las ondas

Todo movimiento ondulatorio tiene energía asociada, por ejemplo, la energía recibida del Sol o los efectos destructivos del oleaje. Para producir un movimiento ondulatorio es necesario aplicar una fuerza a un sector del medio, efectuando así un trabajo sobre el sistema. Al propagarse la onda, cada partícula del medio ejerce fuerza sobre las otras y por ende, trabajo en todo el sistema. De esta manera, se puede transportar energía de una región a otra.

En todos los casos en los que se produce una onda armónica nos encontramos con partículas, de mayor o menor tamaño, que están vibrando. Es decir, en ningún caso hay desplazamiento de materia desde el foco hacia los puntos materiales. En esta propagación, punto a punto, la cantidad de movimiento y la energía se propagan. Por ejemplo, considera la espira de un resorte que vibra con movimiento armónico simple; la energía potencial asociada en el punto de su máxima elongación A es:

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot k \cdot A^2$$

Si la espira es el foco, la energía se transmitirá de espira a espira, por lo tanto:

$$E = \frac{1}{2} \cdot k \cdot A^2$$

Como $k = m \cdot \omega^2$, tenemos que:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \omega^2 \cdot A^2$$

Siendo $\omega = \frac{2\pi}{T}$, por tanto:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot A^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \left(\frac{4\pi^2}{T^2}\right) \cdot A^2$$

Es decir:

$$E = 2\pi^2 \cdot m \cdot \left(\frac{1}{T}\right)^2 \cdot A^2$$

$$E = 2\pi^2 \cdot m \cdot f^2 \cdot A^2$$

Al difundirse la energía por el medio, queda almacenada en cada partícula en forma de una combinación de energía cinética de movimiento y energía potencial de deformación. La energía es absorbida por rozamiento interno y efectos viscosos, transformándose en calor.

Para una onda unidimensional y considerando un medio homogéneo, de densidad lineal μ , la ecuación de energía se transforma así:

$$E = 2\pi^2 \cdot \mu \cdot l \cdot f^2 \cdot A^2$$

Si se considera un punto de dimensiones muy pequeñas, Δl , y masa, Δm , la densidad lineal será $\mu = \frac{\Delta m}{\Delta l}$, por tanto:

$$E = 2\pi^2 \cdot \mu \cdot \Delta l \cdot f^2 \cdot A^2$$

Como Δl corresponde a la distancia lineal Δx , podemos escribir $\Delta l = v \cdot \Delta t$, es decir:

$$E = 2\pi^2 \cdot \mu \cdot v \cdot f^2 \cdot A^2 \cdot \Delta t$$

Cuerda tensa y atada en uno de sus extremos a la pared vibra con un movimiento armónico simple de amplitud 2 cm, frecuencia 8 Hz y una velocidad 20 m/s. Determinar:

La frecuencia angular, la amplitud, el período, la longitud y el número de onda.

2. La función de onda para un instante de tiempo $t = 0,05$ s.

Ejemplos

Solución:

a. La amplitud A de la onda es la del movimiento del extremo de la cuerda, es decir, $A = 2$ cm.

La frecuencia angular es:

$$\omega = 2\pi \cdot f = (2\pi \text{ rad/ciclo})(8 \text{ Hz}) = 50,26 \text{ rad/s}$$

El período es

$$T = \frac{1}{f} = 0,125 \text{ s.}$$

La longitud de onda se obtiene así: $v = \lambda \cdot f$

$$\frac{v}{f} = \lambda$$

Al despejar λ

$$\lambda = \frac{2.000 \text{ cm/s}}{8 \text{ Hz}} = 250 \text{ cm}$$

Al reemplazar y calcular

El número de onda se obtiene mediante la expresión:

$$\kappa = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{250 \text{ cm}} = 0,025 \text{ rad/cm}$$

Al reemplazar y calcular

b. Para hallar la función de onda en el $t = 0,05$ s, se utiliza la función de onda:

$$y = A \cdot \sin(\omega \cdot t - \kappa \cdot x) = (2 \text{ cm}) \cdot \sin[(50,26 \text{ rad/s})t - (0,025 \text{ rad/cm}) \cdot x]$$

Al reemplazar $t = 0,05$ s se tiene que:

$$y = (2 \text{ cm}) \cdot \sin[(50,26 \text{ rad/s})(0,05 \text{ s}) - (0,025 \text{ rad/cm}) \cdot x]$$

Así, la función de onda es $y = (2 \text{ cm}) \cdot \sin[(2,513 \text{ rad}) - (0,025 \text{ rad/cm}) \cdot x]$

1. Una cuerda de un arpa sinfónica de 2 m de longitud se somete a una tensión de 500 N. Si su masa es de 60 g, calcular:

a. La densidad lineal de la cuerda.

b. La velocidad de una onda en dicha cuerda.

Solución:

a. La densidad lineal está dada por la expresión:

$$\mu = \frac{m}{l}$$

$$\mu = \frac{0,06 \text{ kg}}{2 \text{ m}} = 0,03 \text{ kg/m}$$

Al reemplazar y calcular

b. Para calcular el valor de la velocidad de propagación en la cuerda se utiliza la ecuación:

$$v = \sqrt{\frac{F_t}{\mu}}$$

$$v = \sqrt{\frac{500 \text{ N}}{0,03 \text{ kg/m}}} = 129,1 \text{ m/s}$$

Al reemplazar y calcular

La velocidad de propagación de la onda en la cuerda es 129,1 m/s

En el extremo de una cuerda tensa muy larga, de masa 0,04 kg y densidad lineal 0,08 kg/m, se produce un MAS, perpendicular a la dirección de la cuerda, de amplitud 0,02 m y frecuencia 8 Hz. Si esta perturbación se propaga a lo largo de la cuerda con velocidad 20 m/s, determinar:

a. La amplitud, la frecuencia y la longitud de onda de las ondas generadas.

b. La energía que transmiten estas ondas.

c. La potencia que transmiten las ondas producidas a lo largo de la cuerda.

Solución:

a. Teniendo en cuenta el enunciado, se pueden determinar los valores de la amplitud y de la frecuencia, así:

$$A = 0,02 \text{ m} \quad f = 8 \text{ Hz}$$

La longitud de onda se calcula por medio de la ecuación de velocidad de propagación así:

$$v = \lambda \cdot f$$

$$\frac{v}{f} = \lambda$$

Al despejar λ

$$\lambda = \frac{20 \text{ m/s}}{8 \text{ Hz}} = 2,5 \text{ m}$$

Al reemplazar y calcular

b. La energía transmitida se calcula por medio de la ecuación de energía:

$$E = 2\pi^2 \cdot m \cdot f^2 \cdot A^2 = 2\pi^2 \cdot (0,04 \text{ kg}) \cdot (8 \text{ Hz})^2 \cdot (0,02 \text{ m})^2 = 0,02 \text{ J}$$

Al calcular

La energía transmitida por las ondas en la cuerda es 0,02 J.

c. La potencia transmitida se calcula por medio de la ecuación:

$$P = 2\pi^2 \cdot \mu \cdot v \cdot f^2 \cdot A^2$$

Al reemplazar tenemos:

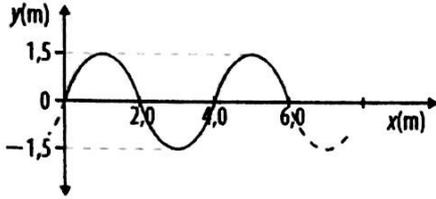
$$P = 2\pi^2 \cdot (0,08 \text{ kg/m}) \cdot (20 \text{ m/s}) \cdot (8 \text{ Hz})^2 \cdot (0,02 \text{ m})^2 = 0,8 \text{ W}$$

La potencia transmitida por las ondas en la cuerda es 0,8 W.



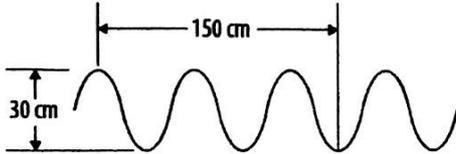
Realiza en tu cuaderno ✓

- 25 Una onda tiene una frecuencia de 40 Hz y se comporta como se observa en la gráfica.

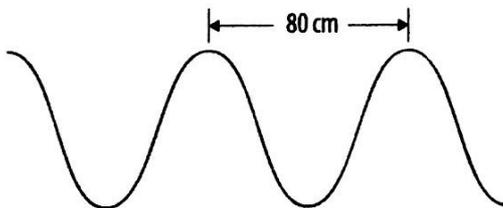


Con las condiciones presentadas, halla el valor de la amplitud y la velocidad de propagación de la onda.

- 26 Una onda mecánica se propaga en cierto medio a 1,5 m/s y presenta las características mostradas en la gráfica. ¿Cuál es la frecuencia de la onda?

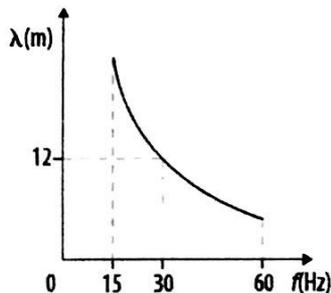


- 27 Una onda periódica se propaga con una velocidad de 20 cm/s como se observa en la figura. ¿Cuál es el periodo de la onda?



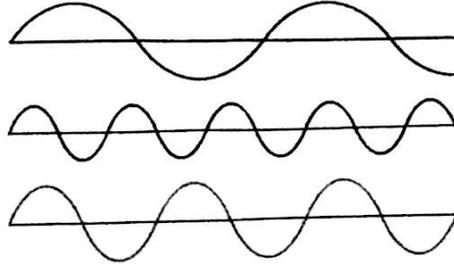
Problemas de profundización

- 28 A través de un dispositivo se producen ondas en un medio elástico, de forma que las frecuencias oscilan entre los 15 y 60 Hz, respectivamente. La gráfica muestra cómo varía la longitud de onda (λ) en función de la frecuencia (f):



- a. Calcula la longitud de onda menor para esta experiencia.
b. Para una longitud de onda de 12 m, ¿cuál es el periodo de una onda?

- 29 Las tres ondas que se representan en esta ilustración se propagan a la misma intensidad.



- a. ¿Cuál de las tres tiene mayor frecuencia? ¿Por qué?
b. ¿Cuál de las tres tiene mayor longitud de onda? ¿Por qué?

- 30 La velocidad de una onda longitudinal en un fluido se expresa mediante la fórmula

$$v = \sqrt{\frac{1}{\rho k}}$$

donde k es el coeficiente de compresibilidad del medio y ρ es la densidad. El módulo de compresibilidad del agua es 13 veces el del mercurio y la densidad del mercurio es 13,6 veces la del agua. ¿Cuál es la razón entre la velocidad de las ondas longitudinales en el mercurio y la velocidad de las ondas longitudinales en el agua?

- 31 Una persona observa en una piscina un flotador que realiza 12 oscilaciones en 20 segundos. Si cada pulso tarda 2,5 segundos en recorrer una distancia de 9 m, ¿cuál será la longitud de onda de las ondas en la piscina?

- 32 La cuerda de una guitarra tiene una densidad lineal de 0,015 kg/m y una masa de 8 g. Si la velocidad de propagación de las ondas en la cuerda es de 150 m/s, halla:

- a. La longitud de la cuerda.
b. La tensión que experimenta la cuerda.

- 33 Una cuerda que realiza seis oscilaciones en 1,5 s, transmite una energía de 0,08 J. Si la velocidad de propagación de la onda es 18 m/s y su masa es de 0,04 kg, ¿cuál es la amplitud de la onda?