MOVIMIENTO ONDULATORIO
RESUMEN

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ONDAS

1. Una **onda** es una perturbación que se propaga de un punto a otro del espacio.

2. Una onda propaga **energía** sin que exista desplazamiento de materia.

3. El punto donde se origina la perturbación recibe el nombre de **centro emisor** o **foco**.

4. Un **pulso** es una onda generada por una perturbación que tiene una duración muy breve, prácticamente instantánea.

5. Un **tren de ondas** es la propagación de una perturbación continua. Para producirlo es necesario suministrar energía continuamente al centro emisor.

6. Las **ondas mecánicas** necesitan un medio material a través del cual propagarse. Dicho medio es el que transmite la vibración.

7. Las **ondas electromagnéticas** (luz, radio, microondas,…) pueden propagarse en el vacío.

8. Una **onda transversal** es aquella en la que la dirección de vibración es perpendicular a la de propagación. Ejemplos, ondas en la superficie de un estanque, las producidas al agitar el extremo de una cuerda tensa, la luz…

9. Una **onda longitudinal** es aquella en la que la dirección de vibración coincide con la de propagación. Ejemplo: el sonido.

10. Según el número de dimensiones en las que se propagan, las ondas pueden ser **unidimensionales** (ondas en una cuerda), **bidimensionales** (ondas en la superficie de un estanque) y **tridimensionales** (ondas sonoras).

11. El **periodo (T)** de una onda es el tiempo que invierte el centro emisor en realizar una oscilación completa.

12. La **frecuencia (ν)** es el número de oscilaciones que realiza el centro emisor en una unidad de tiempo.

13. Se dice que dos puntos distintos de una onda están **en fase** cuando se encuentran en el mismo estado de vibración.

14. La **longitud de onda (λ)** es la distancia mínima entre dos puntos que están en fase. También se puede definir como la distancia que recorre la onda durante un periodo. Se mide en metros.

15. El **número de onda** se define como:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \qquad \text{(se mide en m}^{-1}\text{)}$$

16. La velocidad de propagación de una onda es constante. Esta velocidad recibe el nombre de **velocidad de fase**.

17. Es importante observar que la velocidad de fase es la velocidad con la que se propaga la perturbación, no las partículas del medio. De hecho, estas partículas no viajan de un punto a otro, sino que tan sólo vibran en torno a sus puntos de equilibrio mientras se mantiene la onda.

18. Entre las magnitudes características de una onda armónica existen las siguientes relaciones:

$$v = \lambda \ \nu = \frac{\lambda}{T} = \frac{\omega}{k}$$

ONDAS ARMÓNICAS

1. Una **onda armónica** es aquella cuyo centro emisor oscila con movimiento armónico simple.

2. La ecuación general de una **onda armónica unidimensional** es:

$$y(x,t) = A\cos(\omega\ t - k\,x + \varphi)$$

y: Elongación: posición de cada partícula del medio respecto a su punto de equilibrio.
A: Amplitud: distancia máxima de cada partícula del medio respecto a su punto de equilibrio.
ω: Frecuencia angular: indica la rapidez con la que vibra cada partícula. Se mide en rad/s. Se relaciona con la frecuencia mediante la siguiente expresión:

$$\omega = 2\pi\,\nu$$

t: Tiempo
k: Número de onda
x: Posición del punto de la onda que estemos considerando
φ: Fase inicial. Nos informa a cerca de la posición inicial del centro emisor. Se mide en rad.

El signo menos entre la parte temporal y la parte espacial de la fase nos indica que la onda se propaga en el sentido positivo del eje X.

3. La ecuación general de una onda armónica unidimensional que se propaga <u>en el sentido negativo del eje X</u> es:

$$y(x,t) = A\cos(\omega\ t + k\,x + \phi)$$

4. Si consideramos dos puntos de una onda separados una distancia Δx en un instante de tiempo determinado, su **diferencia de fase** o **desfase** es:

$$\delta = k\,\Delta x \qquad \text{(se mide en rad)}$$

5. Si consideramos un punto concreto de una onda en dos momentos diferentes separados por un intervalo de tiempo Δt, su diferencia de fase o **desfase** es:

$$\delta = \omega\ \Delta t \qquad \text{(se mide en rad)}$$

PROPAGACIÓN DE UNA ONDA

1. Un **frente de onda** es el lugar geométrico de todos los puntos que están en fase en un instante dado. Según la forma de los frentes de onda, podemos encontrar ondas planas, esféricas, o circulares.

2. Cada una de las direcciones de propagación de una onda recibe el nombre de **rayo**. Los rayos son perpendiculares a los frentes de onda en cada punto.

3. **Principio de Huygens**: Cuando una onda se propaga, cada punto del frente de onda se comporta como centro emisor de ondas elementales cuya envolvente es el nuevo frente de onda.

FENÓMENOS CARACTERÍSTICOS DE LAS ONDAS

1. **Reflexión**: Es el cambio que experimenta la dirección de propagación de una onda, dentro del mismo medio, al incidir sobre una superficie de separación entre dos medios.

2: **Leyes de Snell para la reflexión**:

   1) El ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión son iguales.
   2) El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal están en el mismo plano.

3. **Refracción**: Es el cambio que experimenta la dirección de propagación de una onda al atravesar una superficie de separación entre dos medios. Este cambio de dirección está asociado a un cambio en la velocidad.

4. **Leyes de Snell para la refracción**:

   1) $$\frac{sen\ \hat{i}}{sen\ \hat{r}} = \frac{v_1}{v_2}$$

   2) El rayo incidente, el rayo refractado y la normal están en el mismo plano.

5. **Difracción**: Es el cambio que experimenta un frente de onda tras superar un obstáculo parcial.

6. **Polarización**: Se dice que una onda está polarizada cuando, al propagarse, su dirección de vibración se mantiene constante.

INTERFERENCIA

1. **Interferencia**: Es la superposición de dos ondas en un mismo punto del espacio.

2. **Ondas coherentes**: son aquellas que tienen las mismas características: A, λ (k), ν (ω).

3. **Interferencia de dos ondas armónicas, unidimensionales y coherentes**:

   Supongamos que en un punto x del espacio interfieren las siguientes ondas:

$$y_1(x,t) = A\cos(\omega\ t - k\,x_1 + \phi)$$

$$y_2(x,t) = A\cos(\omega\ t - k\,x_2 + \phi)$$

x_1 : distancia desde el centro emisor de la primera onda al punto x

x_2 : distancia desde el centro emisor de la segunda onda al punto x

La onda resultante en el punto x viene dada por la expresión siguiente:

$$y\ (x,t) = A_R\ \cos(\omega\ t - k\,x\ + \phi)$$

$$A_R = 2\ A\cos\left[\frac{k\left(x_2 - x_1\right)}{2}\right]$$

4. **Interferencia constructiva**: se produce cuando las dos ondas que interfieren llegan al punto x en fase. Eso sucederá cuando:

$$x_2 - x_1 = n\lambda$$

En ese caso, la amplitud resultante, en valor absoluto, es:

$$|A_R| = 2A$$

5. **Interferencia destructiva**: se produce cuando las dos ondas que interfieren llegan al punto x en oposición de fase. Eso sucederá cuando:

$$x_2 - x_1 = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$$

En ese caso, la amplitud resultante es:

$$A_R = 0$$

ENERGÍA DE UNA ONDA

1. La **energía** que propaga una onda es proporcional al cuadrado de su frecuencia y al cuadrado de su amplitud:

$$E \propto \nu^2 A^2$$

2. **Intensidad** de una onda: es la energía que propaga la onda por unidad de superficie y por unidad de tiempo:

$$I = \frac{E}{St} \qquad \text{(se mide en W/m}^2\text{)}$$

3. Una onda **se amortigua** cuando su amplitud disminuye a medida que se propaga. La amortiguación puede producirse por dos motivos: atenuación y absorción.

4. **Atenuación**: al propagarse la onda, la energía que ésta transporta debe repartirse entre todos los puntos de un frente de onda cada vez mayor, lo que hace que disminuya la amplitud con la que vibra cada punto.

5. **Absorción**: al propagarse la onda a través de un medio disipativo, éste va absorbiendo parte de su energía, lo que hace que disminuya la amplitud con la que vibran los puntos del medio.

ONDAS ESTACIONARIAS

1. Una **onda estacionaria** se produce cuando una onda está confinada en una región del espacio mediante fronteras. Al incidir sobre dichas fronteras, la onda se refleja y el reflejo interfiere con la onda inicial. El resultado de dicha interferencia es una onda estacionaria.

2. Supongamos una onda transversal unidimensional y_1 que interfiere con su reflejo y_2. En este caso, las ondas que interfieren son, respectivamente:

$$y_1(x,t) = A\cos(\omega t - kx) \qquad y_2(x,t) = -A\cos(\omega t + kx)$$

La onda estacionaria resultante es:

$$y(x,t) = 2A\, sen(k\,x)\, sen(\omega\, t)$$

$$A_r = 2A\, sen(k\,x) \qquad \text{amplitud resultante}$$

3. En una onda estacionaria hay puntos que no vibran. Estos reciben el nombre de **nodos**.

4. Los puntos de una onda estacionaria cuya amplitud de vibración es máxima se llaman **vientres**.

5. Los **nodos** están situados en los puntos que verifican lo siguiente:

$$x = n\frac{\lambda}{2} \qquad n = 0, 1, 2, 3, \ldots\ldots$$

6. Los **vientres** están situados en los puntos que verifican lo siguiente:

$$x = (2n + 1)\frac{\lambda}{4} \qquad n = 0, 1, 2, 3, \ldots\ldots$$

7. La distancia entre dos nodos o dos vientres consecutivos es $\lambda/2$.

8. La distancia entre un nodo y un vientre consecutivos es $\lambda/4$.