

Tema 8: La energía de las ondas: luz y sonido

8.1 – Concepto de onda:

Onda: Perturbación que se propaga de un lugar a otro. Las perturbaciones son normalmente vibraciones de las partículas de un medio material: una onda es la propagación en el espacio de un movimiento vibratorio.

Las ondas transfieren energía sin que exista transporte de materia.

8.2 – Tipos de ondas

Ondas mecánicas: Necesitan un medio material para propagarse (ondas sonoras, ondas de la superficie del agua, ondas producidas por resortes y cuerdas)

Ondas electromagnéticas: Propagan su energía por medio de perturbaciones eléctricas y magnéticas, y no precisan necesariamente de un medio material para propagarse ya que también lo hacen en el vacío (ondas de luz o de radio, rayos ultravioletas, rayos X)

Según su dirección de propagación, las ondas pueden ser:

Ondas longitudinales: La dirección de la vibración de las partículas y la dirección de propagación de la onda coinciden: las partículas del medio giran paralelamente a la dirección de la onda (resorte, ondas sonoras)

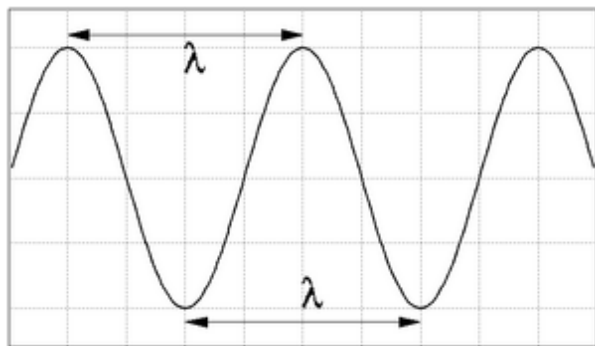
Ondas transversales: La dirección de la vibración de las partículas es perpendicular a la dirección de propagación de la onda (cuerda, la luz, ondas de radio y televisión, rayos X)

Las ondas mecánicas transversales solo se propagan en los sólidos y en las superficies de separación entre líquidos o entre gas y líquido pero nunca en el interior de los gases o de los líquidos. En cambio, las ondas longitudinales pueden hacerlo en cualquier medio.

8.3 – Características de las ondas

A medida que la onda se mueve cara a la derecha, cada punto vibra cara arriba y cara abajo a lo largo de una recta donde los extremos son el punto más alto (cresta) y el punto más bajo (valle) de la curva. En una onda longitudinal, las regiones de compresión corresponden a las crestas y las de expansión o dilatación, a los valles.

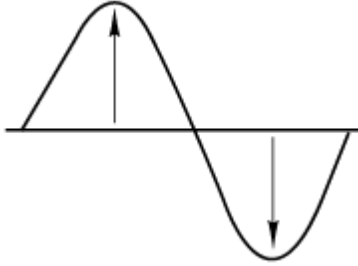
Longitud de onda (λ): Distancia entre dos crestas o dos valles consecutivos.



Período (T): Tiempo necesario para que cualquier partícula vuelva a encontrarse en el mismo estado de vibración.

Frecuencia (f): Es el número de crestas o valles –número de ondas– que pasan por un punto dado cada segundo. La unidad de frecuencia en el SI se denomina hertz (Hz) $f=1/T$

Amplitud (A): Distancia máxima que puede separar a una partícula de su posición de equilibrio.



La energía transportada por una onda es directamente proporcional al cuadrado de su amplitud y al cuadrado de su frecuencia.

Como la velocidad de una onda en un determinado medio (v) es constante, el espacio que recorre es igual al producto de su velocidad por el tiempo: $s=vt$

Ecuación fundamental de las ondas: $\lambda = vT$

$$\lambda = v \cdot 1/f = v/f$$

8.4 – Naturaleza y propagación del sonido

En la mayoría de los casos, las vibraciones del foco sonoro se propagan en el aire y originan zonas de mayor presión (compresiones) y otras de presión más baja (dilataciones) que al incidir sobre el oído producen una sensación sonora.

Onda sonora: Oscilación de presión que se propaga por un medio.

Las ondas sonoras son ondas mecánicas longitudinales; por lo tanto, necesitan un medio material para propagarse, y las compresiones y dilataciones se producen en la misma dirección de propagación de la onda.

Velocidad de propagación de las ondas sonoras:

En un medio homogéneo, las ondas sonoras se propagan a velocidad constante. El sonido se propaga a través de todos los estados de agregación de la materia.

$$v_{\text{sólidos}} > v_{\text{líquido}} > v_{\text{gases}}$$

En la velocidad de las ondas sonoras no influye ni su frecuencia, ni su longitud de onda, ni su amplitud. En los sólidos y en los líquidos la velocidad del sonido tampoco depende de la temperatura; en cambio, ésta sí influye en la velocidad del sonido en los gases.

En aeronáutica se usa a veces el **número de Mach**: Es el cociente entre la velocidad del avión y la velocidad del sonido en las mismas condiciones.

Reflexión de las ondas sonoras:

Reflexión: Cambio de dirección que experimentan las ondas cuando inciden sobre un obstáculo y vuelven al medio del que proceden. El eco se produce por la reflexión de las ondas de los sonidos.

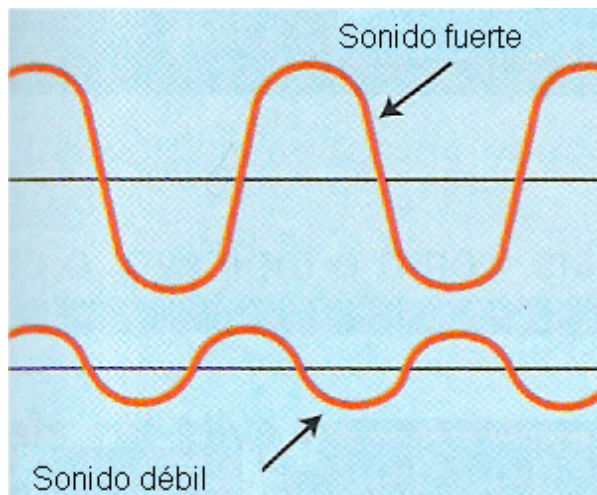
Eco: Audición repetida de un mismo sonido: primero del sonido directo y después reflejado en una superficie que está suficientemente alejada.

El oído humano distingue dos sonidos consecutivos cuando los percibe con una diferencia de una décima de segundo. Suponiendo que la velocidad del sonido en el aire es 340 m/s, en una décima de segundo el sonido recorre 34 m, y como ha de ir y volver, necesitará para percibirse que el obstáculo este, por lo menos, a una distancia de 17 m.

Cuando la distancia es menor, el sonido directo y los reflejados se superponen y la audición se hace confusa, los sonidos no se perciben con nitidez. Éste fenómeno se denomina **reverberación**.

8.5 – Cualidades del sonido

Sonoridad: Es la cualidad que permite identificar los sonidos como fuerte o débiles. Depende de la intensidad de la onda, es decir, de la energía transportada por la onda, que siempre es muy pequeña.

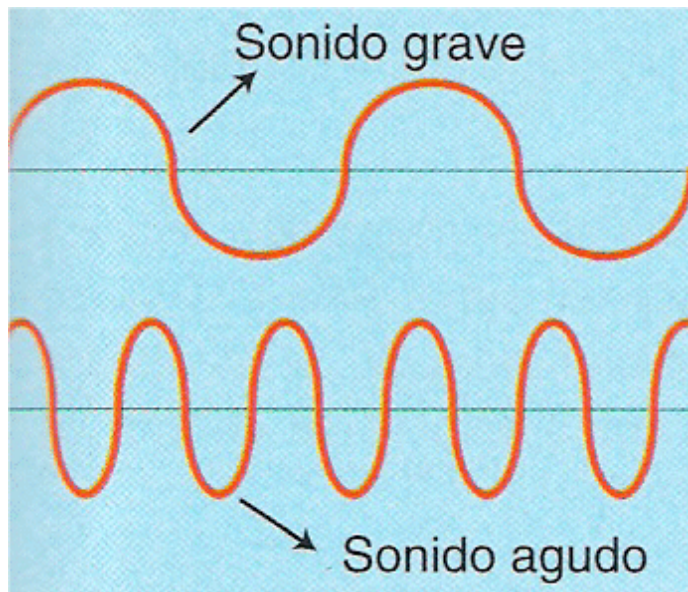


Para una determinada frecuencia, la intensidad de una onda es directamente proporcional al cuadrado de la amplitud e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia al foco sonoro. La intensidad física de la onda se mide en W/m^2 y la sonoridad en dB.

Sin embargo, no existe proporcionalidad directa entre la intensidad física de un sonido y la sensación sonora (sonoridad)

El oído humano no puede percibir todos los sonidos. Para cada frecuencia existe una intensidad física mínima (límite de audición) por debajo de la cual el oído no percibe el sonido. El límite de audición está a 10–12 W/m^2 , que equivalen a 0 dB.

Tono: Es la cualidad de los sonidos que permite distinguir entre sonidos graves (o bajos) y agudos (o altos)



El tono de un sonido está relacionado con su frecuencia; los sonidos graves son los de baja frecuencia y los agudos los de alta frecuencia.

El oído humano solo percibe los sonidos comprendidos entre 20 y 20 000 Hz, aproximadamente, pero estos valores pueden variar de unas personas a otras.

Los sonidos con frecuencias superiores a 20 000 Hz se denominan ultrasonidos; los que tienen frecuencias inferiores a 20 Hz se llaman infrasonidos.

Los ultrasonidos tienen importantes aplicaciones en medicina y permiten evitar los efectos peligrosos que pueden causar los rayos X: ecografías ginecológicas, de mama, para visualizar tejidos blandos que son poco visibles para los rayos X, para romper piedras renales, etc. En la industria se usan para descubrir posibles efectos en piezas metálicas.

El sonar emite ultrasonidos y recibe la onda sonora reflejada en los obstáculos submarinos. Se utiliza para detectar bancos de peces, submarinos o cualquier otro cuerpo sumergido y para medir la profundidad del mar.

Timbre: Es la calidad por la que se distinguen dos sonidos de la misma sonoridad y del mismo tono.

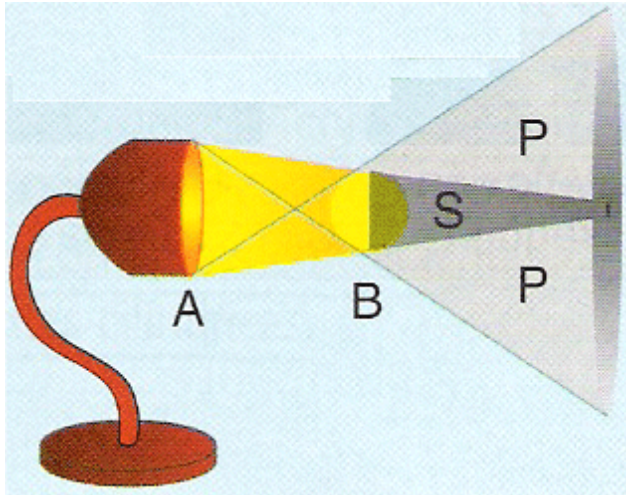
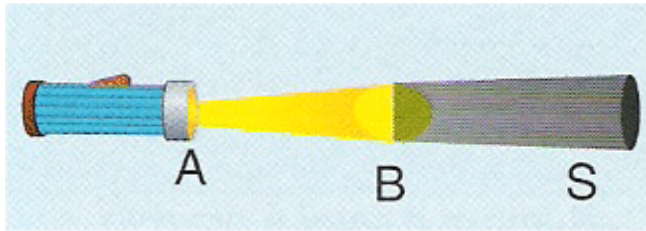
Ningún foco emisor produce una vibración única, sino que al sonido fundamental, de frecuencia definida, se superponen otros más débiles, de frecuencias múltiplos de la onda fundamental ($2f$, $3f$, etc.), que se denominan armónicos o sobretonos.

Las sonoridades y las frecuencias de los armónicos que acompañan al sonidos fundamental varían de unos focos sonoros a otros y determinan el timbre de cada sonido.

8.6 – Naturaleza y propagación de la luz

Luz: Onda transversal electromagnética que no necesita un medio material para propagarse: se propaga en el vacío, como todas las ondas electromagnéticas, con una velocidad aproximada de 3.108 m/s . La luz viaja en línea recta. A estas líneas las llamamos rayos.

Rayo: Línea imaginaria dibujada en la dirección según la cual se propagan las ondas.



Reflexión de la luz:

Cuando la luz incide sobre la superficie de un medio no transparente, opaco, vuelve al mismo medio en el que se propagaba. Éste fenómeno se denomina **reflexión**. En cambio, si incide sobre la superficie de separación de dos medios transparentes distintos, una parte vuelve al mismo medio en el que se propagaba (se refleja) y otra parte al segundo medio (se **refracta**)

La luz que se refleja cambia de dirección pero conserva la misma velocidad. La luz que se refracta cambia de dirección y de velocidad.

El ángulo formado por el rayo incidente y la normal N es el ángulo de incidencia (i). El ángulo de reflexión (r) es el formado por la normal y el rayo reflejado. Experimentalmente se comprueban las **leyes de Snell** de la reflexión:

- El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.
- El rayo incidente, la normal, y el rayo reflejado se encuentran en el mismo punto.

Cuando colocamos un objeto delante de un espejo plano, creemos ver su imagen situada detrás del espejo. La imagen es igual al objeto y simétrica respecto del espejo.

Cuando la luz incide sobre una superficie no pulida, los rayos reflejados salen en todas las direcciones, es lo que se conoce con el nombre de **reflexión difusa**.

Refracción de la luz:

La luz se propaga en línea recta y con velocidad constante en un medio uniforme, pero cuando la luz pasa oblicuamente de un medio transparente a otro, por ejemplo, aire y agua, experimenta un cambio de dirección de propagación y de velocidad que se denomina **refracción**.

La refracción se produce cuando la luz pasa de un medio a otro donde su velocidad es diferente.

La velocidad de propagación de la luz en el vacío (c) es siempre mayor que en cualquier otro medio transparente (v).

Índice de refracción (n): Es el cociente entre estas dos velocidades ($n=c/v$)

Lentes:

Lente: Medio material transparente limitado por dos superficies que acostumbran a ser planas o esféricas.

Lente convergente: Son las lentes que son más gruesas por el centro que por los bordes. Concentran en un punto los rayos que llegan paralelos a la lente.

Lente divergente: Son las lentes que son más gruesas por los lados que por los bordes. Separan los rayos que llegan paralelos a la lente.

El ojo humano funciona como un instrumento óptico. En ocasiones presenta defectos que pueden corregirse con lentes. El ojo miope no ve bien de lejos. Éste efecto se corrige con lentes divergentes. El ojo hipermetrópe es el caso opuesto al anterior, no ve bien de cerca. Se corrige con lentes convergentes. El ojo astigmático se corrige con lentes cilíndricas.

8.7 – Dispersión de la luz. Espectro lumínico

La luz blanca es realmente una mezcla de luces de diferentes colores: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, añil y violeta.

Dispersión: Descomposición de la luz más compleja en otras luces más simples, la separación de la luz en las longitudes de onda que la componen.

Se puede conseguir usando un prisma de vidrio. Al pasar la luz blanca, las distintas luces se separan por presentar diferentes velocidades en el vidrio del prisma: la luz roja se propaga con mayor velocidad, por lo que es menos desviada; la luz violeta es la más desviada porque tiene la menor velocidad.

Las luces de distintos colores se propagan en los medio materiales con velocidades distintas, solo en el vacío se propagan con la misma velocidad.

Al conjunto de luces que aparecen dispersadas se le llama **espectro lumínico** o **espectro visible**.

8.8 – La división del color

Cuando se proyectan sobre una pantalla rayos luminosos de color rojo, verde y azul, se obtiene, junto con otros colores, luz blanca. Con estos tres colores (rojo, verde y azul), llamados colores primarios, se puede reproducir una gran gama de colores.

Con la mezcla de dos colores primarios se obtiene un tercer color llamado color secundario. Hay tres colores secundarios: turquesa, amarillo o púrpura.

La obtención de color por medio de luces de colores se denomina mezcla aditiva o síntesis aditiva.

Los colores de los cuerpos dependen del tipo de luz que los ilumina y de la naturaleza de su superficie. Si son opacos, su color se debe a la luz reflectada, si son transparentes a la luz que transmiten. Por ejemplo, un vidrio es verde porque absorbe total o parcialmente las luces que no son verdes y transmite solo la verde. Un traje es rojo porque absorbe total o parcialmente las luces que no son rojas y refleja solo la roja.

Una superficie que absorbe toda la luz que le llega se verá de color negro. Si refleja toda la luz que incide sobre ella, su color será la misma que la de la luz utilizada.

Cuando se mezclan pinturas el resultado es diferente al de la mezcla de las luces. La mezcla de pintura siempre resta luz, por lo que se denomina mezcla substractiva o síntesis substractiva.

Al mezclar pinturas roja, azul y verde se obtiene color negro, no blanco. Este comportamiento se debe a que el color rojo absorbe al azul y al verde; el verde al azul y al rojo; y el azul absorbe al rojo y al verde. El resultado final tiene que ser el color negro.

En este caso, los colores primarios son púrpura, turquesa y amarillo. Cuando se mezclan se obtienen los colores secundarios, que son más oscuras: rojo, azul y verde.

Un foco luminoso puntual A y un cuerpo opaco B que origina una zona de sombra S, no iluminada.

Si un foco luminoso es extenso, da lugar a una región de sombra S y a otra de penumbra P