



RESUMEN DE ONDAS SONORAS – FÍSICA 2ºBACH

- El **sonido** es un fenómeno físico asociado a la propagación de una **onda mecánica, longitudinal y tridimensional**. Esto significa que necesita un **medio material** para propagarse, que la **vibración** de las partículas del medio se produce en la **misma dirección que la propagación de la onda** y que, a partir de una fuente sonora puntual, el sonido se transmite en todas las direcciones, formando frentes de onda **esféricos concéntricos**.
- El sonido se produce cuando una fuente sonora vibra y genera **perturbaciones** que **se transmiten** a través del medio **mediante sucesivas compresiones y dilataciones**. A diferencia de las ondas electromagnéticas, las ondas sonoras necesitan un medio material (sólido, líquido o gas) para propagarse y no pueden transmitirse en el vacío. Durante su propagación se alternan regiones de **compresión**, donde la presión y la densidad del medio aumentan, y regiones en las que el medio está **menos comprimido**, donde la presión y la densidad disminuyen.
- A la hora de estudiar la propagación del sonido **en el aire**, se considera el aire como un medio **isótropo** y en equilibrio, con **presión homogénea** antes de la propagación de la onda. Esto significa que **las propiedades del medio son las mismas en todas las direcciones** y que **no existen diferencias previas de presión** que afecten al movimiento de la onda. Bajo estas condiciones, el sonido puede describirse como una pequeña perturbación que se transmite de forma uniforme en el espacio, permitiendo su estudio mediante ondas esféricas y una velocidad de propagación constante.
- La **velocidad de propagación** del sonido depende del medio material y de sus propiedades físicas, pero no de la frecuencia ni de la amplitud de la onda. En el caso del aire, esta velocidad depende de características como la temperatura, la densidad o la presencia de corrientes de aire.





- En condiciones normales y a temperatura ambiente (20 °C), la velocidad del sonido en el aire **se suele considerar constante** y toma un valor aproximado de **340 m/s**. En general, el sonido se propaga más rápido en sólidos, más despacio en líquidos y aún más despacio en gases.
- La **intensidad del sonido** es la **potencia sonora por unidad de superficie** que transporta la onda y se mide en **W/m²**. De forma equivalente, puede definirse como la **energía que la onda sonora transmite por unidad de tiempo y por unidad de superficie** perpendicular a la dirección de propagación. Dado que el sonido se propaga como una onda tridimensional, la potencia emitida por la fuente sonora se reparte, en un medio ideal, sobre la superficie de esferas centradas en la fuente sonora. La expresión matemática de la intensidad es:

$$I = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow I = \frac{E/t}{S} = \frac{E}{S \cdot t} = \frac{E}{4\pi r^2 \cdot t} \quad \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

- En la expresión anterior se observa que **la intensidad del sonido es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a la fuente sonora (radio)**. Considerando también que la intensidad es proporcional al cuadrado de la amplitud de la onda, se llega a la conclusión de que, en ondas esféricas, la amplitud de la onda es inversamente proporcional a la distancia a la fuente sonora. Comparando dos puntos de dos frentes de onda diferentes se tiene:





$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{P}{4\pi r_1^2}}{\frac{P}{4\pi r_2^2}} = \frac{r_2^2}{r_1^2} \quad \text{Considerando } \frac{I_1}{I_2} = \frac{A_1^2}{A_2^2} \text{ se llega a: } \frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2} = \frac{A_1^2}{A_2^2}$$

- Esto significa que **a mayor distancia a la fuente sonora la amplitud de la onda disminuye** (y también su intensidad). Este efecto se conoce como **atenuación** y es algo totalmente lógico atendiendo al principio de conservación de la energía, ya que la energía de la onda debe repartirse en esferas concéntricas (frentes de onda) cada vez más grandes.
- Además, cuando una onda atraviesa un medio concreto parte de su energía queda absorbida por el rozamiento entre las partículas del medio. Este fenómeno se llama **absorción** y depende de las características del medio y del tipo de onda que se propaga por dicho medio. En el aire en condiciones normales suele despreciarse para distancias pequeñas.
- Atendiendo a la percepción del sonido, el **oído humano** puede detectar una **intensidad mínima de 10^{-12} W/m^2** , conocido como umbral de audición de intensidad sonora. Por otro lado, también existe un límite superior, de manera que **para intensidades superiores a 1 W/m^2 se produce un intenso dolor** o incluso la rotura del tímpano. Este límite superior no es tan exacto, y depende de la frecuencia del sonido, pero a grandes rasgos se considera el valor de 1 W/m^2 y suele denominarse “umbral del dolor”.

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \quad I_{\max} = 1 \text{ W/m}^2$$





- **Nivel de intensidad sonora (β):** es una magnitud que permite expresar la intensidad de un sonido de **forma logarítmica**, teniendo en cuenta la gran variedad de intensidades que puede percibir el oído humano, el cual tiene además una respuesta no lineal frente al sonido. Se mide en decibelios (dB) y viene definido por:

$$\beta = 10 \cdot \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \text{ [dB]} \text{ También resulta útil la expresión: } I = I_0 \cdot 10^{\beta/10} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$

- Según **esta escala**, el **umbral de audición** se corresponde con 0 dB y el umbral del dolor se corresponde con 120 dB.
- Es importante tener en cuenta que el nivel de intensidad sonora se define mediante una **escala logarítmica** y que, a diferencia de la intensidad sonora, **los niveles de intensidad no pueden sumarse directamente**. Cuando actúan varias fuentes sonoras, lo que se suma son las **intensidades** de cada una, y a partir de la intensidad total obtenida se calcula el nivel de intensidad sonora percibido en un punto.
- En los problemas suele considerarse que la **potencia** sonora de la fuente **es constante**, lo que implica que la energía emitida por unidad de tiempo no varía y se distribuye uniformemente en el espacio. Esta idealización es una buena aproximación en las condiciones habituales de estudio para distancias no muy grandes y aire en condiciones normales y permite relacionar la intensidad sonora con la distancia a la fuente sonora de manera sencilla.





El sonido se caracteriza por tres **cualidades fundamentales**:

- D **Intensidad o sonoridad**: se relaciona con la **amplitud de la onda**, y coloquialmente se relaciona con el **volumen** de audición. Para medirla suele utilizarse el nivel de intensidad sonora.
 - D **Tono**: se relaciona con la **frecuencia de la onda**. Los sonidos de frecuencia alta son los **agudos** y los sonidos de frecuencia baja son los **graves**. A nivel general el oído humano es capaz de detectar sonidos que se encuentren **entre los 20 y los 20.000 Hz**, de tal forma, que a los sonidos con frecuencias menores a 20 Hz se les llama **infrasonidos**, y a los superiores a 20.000 Hz **ultrasonidos**.
 - D **Timbre**: se relaciona con la **forma de la onda** y los armónicos, según sea la fuente sonora. Esta cualidad permite distinguir sonidos de igual intensidad (amplitud) y tono (frecuencia), producidos por diferentes fuentes sonoras. Es algo muy notable en los instrumentos musicales, ya que cada uno tiene su timbre característico.
- Cuando una onda sonora incide sobre un obstáculo, puede reflejarse. Si el sonido reflejado llega al oído con un retraso apreciable (mayor de 0,1 s), se percibe como un **"eco"**. Si las reflexiones son muy próximas en el tiempo, se produce **reverberación**, que puede dificultar la comprensión del sonido en espacios cerrados.

