Universidad Autónoma Chapingo
Dpto. de Preparatoria Agrícola
Área de Física

Física II

“Intensidad y Nivel de Intensidad”

Agosto del 2023

El oído humano es un detector de ondas sonoras.

El oído distingue sonidos fuertes de sonidos débiles.

Pero el oído no percibe sonidos de todas las intensidades.

Aquellos sonidos cuyas intensidades sean menores a una cierta intensidad no son registrados.

A esta intensidad mínima se le llama Umbral de Audibilidad.

El Umbral de Audibilidad promedio es de $I_0=10^{-16}$ watt/cm^2.

Los sonidos cuyas intensidades son muy grandes causan daño al oído.

La máxima intensidad que puede soportar el oído humano sin dañarse se llama Umbral de Dolor.

El Umbral de Dolor promedio es de 10^{-4} watt/cm^2= 1 watt/m^2

Entonces el intervalo de intensidades entre el Umbral de Audibilidad y el Umbral de Dolor es: 10^{-16} watt/cm^2 = 10^{-12} watt/m^2 a 10^{-4} watt/cm^2= 1 watt/m^2

Puesto que sonidos con intensidades menores que el Umbral de Audibilidad no son percibidos por el oído humano, conviene medir intensidades con respecto a I_0 y no respecto a cero.

Es decir, no nos interesa tanto el valor de la intensidad I de un sonido, sino cuántas veces es ese sonido más intenso que el Umbral de Audibilidad.

O sea, nos interesa la relación I/I_0.

Esta relación puede, sin embargo, ser muy grande.

Por ejemplo, para un sonido en el Umbral de Dolor, esta relación tiene el valor:

$$\frac{10^{-4}\,\frac{watt}{cm^2}}{10^{-16}\,\frac{watt}{cm^2}} = 10^{12}$$

Para poder manejar fácilmente números tan grandes como éste, nos conviene usar la función logaritmo de la relación I/I_0. En este caso para el Umbral de Dolor se tiene:

$$log\left(\frac{I}{I_0}\right) = log\left(\frac{10^{-4}\,\frac{watt}{cm^2}}{10^{-16}\,\frac{watt}{cm^2}}\right) = log(10^{12}) = 12$$

Llamaremos Nivel de Intensidad I de un sonido al logaritmo de la relación de I/I_0:

$$I_B = log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

Este nivel de intensidad se mide en bels.

El Umbral de Audibilidad se debe al ruido del oído. La circulación de la sangre, los latidos del corazón, etc., hacen vibrar continuamente al oído, dando una sensación de sonido. Este ruido se puede percibir tapándose bien los oídos. Ahora bien, para que un sonido sea percibido por el oído, su intensidad debe ser mayor que la del ruido del oído.

Por ejemplo, yo padezco de presión alta y si me tapo los oídos, voy a percibir un ruido más alto que lo normal. Por eso no puedo escuchar sonidos muy bajos de intensidad.

La escala del nivel de intensidad es utilizada en aparatos electrónicos como radio, televisión.

Ejemplo: ¿Qué nivel de intensidad en bels corresponde al Umbral de Dolor?

Solución:

De la ecuación para calcular el nivel de intensidad, se tiene:

$$\mathrm{I_B} = log\left(\frac{I}{I_0}\right) = log\left(\frac{10^{-4}\,\frac{watt}{cm^2}}{10^{-16}\,\frac{watt}{cm^2}}\right) = log(10^{12}) = 12\ bels$$

Ejemplo: ¿Qué nivel de intensidad en bels corresponde al Umbral de Audibilidad?

Solución:

De la ecuación para calcular el nivel de intensidad, se tiene:

$$\mathrm{I_B} = log\left(\frac{I}{I_0}\right) = log\left(\frac{10^{-16}\,\frac{watt}{cm^2}}{10^{-16}\,\frac{watt}{cm^2}}\right) = \log(1) \; = 0\; bels$$

De este ejemplo vemos que el intervalo de niveles de intensidad entre el Umbral de Audibilidad y el de Dolor es de 12 bels.

Ejemplo: Un sonido tiene un nivel de intensidad de 9 bels. ¿Cuál es su intensidad en watt/cm^2?

Solución:

De la ecuación para calcular el nivel de intensidad, se tiene:

$$9\ bels = log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

O sea, que:

$$\frac{I}{I_0} = 10^9$$

Despejando I se obtiene:

$$I = I_0 10^9 = \left(10^{-16}\ \frac{watt}{cm^2}\right) 10^9 = 10^{-7}\,\frac{watt}{cm^2}$$

Otra unidad de nivel de intensidad que se usa frecuentemente es la décima parte de un bel, o decibel (db). Por lo que el nivel de intensidad I en decibeles es:

$$I_{dB} = 10\ log \frac{I}{I_0}$$

El oído humano apenas distingue entre intensidades que apenas difieren en 1 db. La diferencia en los niveles de intensidad de un sonido que se registra a 1 m y otro a 50 m de la fuente es de 34 db, siendo más intenso a 1 m que a 50 m. El cuadro siguiente nos da la intensidad en decibels del umbral de audibilidad para diferentes frecuencias.

f (Hz)	ldB
20	70
50	52
100	38
200	23
500	10
1 000	0
2 000	-5
5 000	-3
10 000	15

Umbral de Audibilidad en función de la frecuencia

El oído también distingue entre sonidos graves y agudos; es decir, es sensible al tono de un sonido. El tono de un sonido depende de su frecuencia. Un sonido de tono agudo está formado por ondas sonoras de frecuencias altas, mientras que uno de tono grave, por ondas de frecuencias bajas.

Ejemplo: Un sonido tiene un nivel de intensidad de 75 dB mientras que un segundo sonido tiene un nivel de 72 dB. ¿Cuál es el nivel de intensidad cuando los dos sonidos se combinan?

Solución:

Para saber el nivel de intensidad de los dos sonidos combinados, es necesario conocer primero sus intensidades, es decir, se debe calcular las intensidades de cada sonido. En consecuencia, se tiene:

$$10\ log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = 75\ dB$$

$$log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = \frac{75\ dB}{10} = 7.5\ dB$$

$$\frac{I_1}{I_0} = 10^{7.5\ dB}$$

$$I_1 = I_0 10^{7.5\ dB} = \left(10^{-16}\ \frac{watt}{cm^2}\right)\left(10^{7.5\ dB}\right) = 3.1623 * 10^{-9}\ \frac{watt}{cm^2}$$

Para el otro sonido se tiene:

$$10\ log\left(\frac{I_2}{I_0}\right) = 72\ dB$$

$$log\left(\frac{I_2}{I_0}\right) = \frac{72\ dB}{10} = 7.2\ dB$$

$$\frac{I_2}{I_0} = 10^{7.2\ dB}$$

$$I_2 = I_0 10^{7.2\ dB} = \left(10^{-16}\ \frac{watt}{cm^2}\right)\left(10^{7.2\ dB}\right) = 1.5848 * 10^{-9}\ \frac{watt}{cm^2}$$

Sumando ambas intensidades:

$$I_T = I_1 + I_2 = 3.1623 * 10^{-9} \frac{watt}{cm^2} + 1.5848 * 10^{-9} \frac{watt}{cm^2} = 4.7472 * 10^{-9} \frac{watt}{cm^2}$$

Por lo que su nivel de intensidad es:

$$I_{T_{dB}} = 10log\left(\frac{4.7472 * 10^{-9} \frac{watt}{cm^2}}{10^{-16} \frac{watt}{cm^2}}\right) = 10 * 7.676 = 76.76 \text{ dB}$$

Ejercicio: Un sonido tiene un nivel de intensidad de 90 dB mientras que un segundo sonido tiene un nivel de 80 dB. ¿Cuál es el nivel de intensidad cuando los dos sonidos se combinan?

Solución:

Para saber el nivel de intensidad de los dos sonidos combinados, es necesario conocer primero sus intensidades, es decir, se debe calcular las intensidades de cada sonido. En consecuencia, se tiene:

$$10\ log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = 90\ dB$$

$$log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = \frac{90\ dB}{10} = 9.0\ dB$$

$$\frac{I_1}{I_0} = 10^{9.0\ dB}$$

$$I_1 = I_0 10^{9.0\ dB} = \left(10^{-16}\ \frac{watt}{cm^2}\right)\left(10^{9.0\ dB}\right) = 1 * 10^{-7}\frac{watt}{cm^2}$$

Para el otro sonido se tiene:

$$10\ log\left(\frac{I_2}{I_0}\right) = 80\ dB$$

$$log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = \frac{80\ dB}{10} = 8.0\ dB$$

$$\frac{I_2}{I_0} = 10^{8.0\ dB}$$

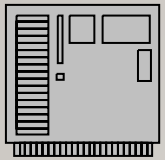
$$I_2 = I_0 10^{8.0\ dB} = \left(10^{-16}\ \frac{watt}{cm^2}\right)\left(10^{8.0\ dB}\right) = 1 * 10^{-8}\frac{watt}{cm^2}$$

Sumando ambas intensidades:

$$I_T = I_1 + I_2 = 1 * 10^{-7} \frac{watt}{cm^2} + 1 * 10^{-8} \frac{watt}{cm^2} = 1.1 * 10^{-7} \frac{watt}{cm^2}$$

Por lo que su nivel de intensidad es:

$$I_{T_{dB}} = 10log\left(\frac{1.1 * 10^{-7} \frac{watt}{cm^2}}{10^{-16} \frac{watt}{cm^2}}\right) = 10 * 9.041 = 90.41 \text{ dB}$$



Atentamente:

Dr. Guillermo Becerra Córdova

Página: http://virtual.chapingo.mx/fis